

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



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Дослідження методів осушення повітря в центральних системах
кондиціонування військового шпиталю Одеського округу**

Здобувача (ки) Шварц І. О.

2 курсу ХМ161МН групи

Керівник .доц., к.т.н Когут В.О.

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

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ протокол № 12

Завідувач кафедри ХУКП _____ Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>Низькотемпературної техніки та інженерної механіки</u>
Кафедра	<u>Холодильних установок і кондиціонування повітря</u>
Ступінь вищої освіти	<u>Магістр</u>
Спеціальність	<u>142 «Енергетичне машинобудування»</u>
Освітньої програма	<u>Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

« 01 » березня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шварца Ігоря Олеговича

1. Тема роботи «Дослідження методів осушення повітря в центральних системах кондиціонування військового шпиталю Одеського округу»

Затверджена наказом ОНТУ від 31.10.2023 р. наказ № 784-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 31.05.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

Параметри повітря в приміщенні влітку $t = 23 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi = 62\%$,

Параметри повітря взимку $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\varphi = 50\%$,

Параметри зовнішнього повітря $t = 28.6 \text{ }^\circ\text{C}$., $h = 62 \text{ кДж/кг}$

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, повітророзподілення, методи, принцип роботи системи. кондиціонування

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

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

7. Дата видачі завдання 01.09.2023 р.

Керівник _____ Когут В.О.

Завдання прийняв до виконання _____ Шварц І. О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз літературних джерел.	27.03-03.04	Виконано
2.	Техніко-економічне обґрунтування.	04.04-10.04	Виконано
3.	Розрахунок процесів кондиціонування повітря. Дослідження ізоляційних конструкцій	11.04-18.04	Виконано
4.	Обґрунтування вибору і підбір обладнання.	18.04-27.04	Виконано
5.	Аналіз впливу економічно-доцільної товщини ізоляції на теплопрививи	29.04-07.05	Виконано
6.	Вибір і розрахунок системи повітророзподілення.	08.05-16.05	Виконано
7.	Економічні розрахунки	17.05-23.05	Виконано

Здобувач-дипломник _____ Шварц І. 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 _____ Шварц Ігор Олегович _____

АНОТАЦІЯ

У даній науковій роботі йде мова про Дослідження методів осушення повітря в центральних системах кондиціонування військового шпиталю Одеського округу. Це основна задача, яка полягла в основу написання цієї роботи.

Були розглянуті системи промислового кондиціонування з осушенням для військового шпиталю. Розглянути особливості технології кондиціонування військового шпиталю та способи осушення повітря.

Дана науково-дослідницька робота спрямована більше на фахівців у холодильній сфері. Її головною метою було дослідити системи кондиціонування повітря. Основний акцент був зроблений на розробку системи кондиціонування з осушенням для військового шпиталю.

Дипломний проект містить пояснювальну записку обсягом 117 сторінок включаючи список літератури з 59 найменувань.

Ключові слова: теплове навантаження, осушення повітря, комфортні параметри, охорона праці, механічний осушувач, адсорбція, абсорбція, сольовий осушувач, ефективність осушення.

ANNOTATION

To this advanced study speech goes about Research of methods of drainage of air in the central systems systems of кондиціонування of combat hospital of the Odesa district. It is a basic task that underlay writing of this work.. There were the considered systems of industrial кондиціонування with drainage for a combat hospital. To consider the features of technology of кондиціонування of combat hospital and methods of drainage of air.. This scientifically-research work is sent anymore to the specialists in the field of refrigeration. her a primary objective was to investigate the systems of кондиціонування of air . A basic accent was done for development of the system of кондиціонування with drainage for a combat hospital .. A diploma project contains an explanatory message a volume including 117 pages list of literature from 59 names.

Keywords: thermal loading, drainage of air, comfort parameters, labour protection, mechanical осушувач, adsorption, absorption, salt осушувач, efficiency

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	4
1. Актуальність теми	4
1.1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
1.2 Мета роботи та задачі дослідження.	4
1.3 Методи дослідження.	5
1.4 Теоретична цінність	5
1.5 Фактологічна база.	5
1.6 Структура роботи.	5
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	7
2.1 Задачі дослідження	7
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТИПУ СКП	7
3.2. Мета і завдання дослідження	8
3.3.Об'єктом дослідження	8
3.4.Предметом дослідження	9
3.5.Методологічну основу	9
4. АНАЛІЗ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.	12
5 ОСНОВНІ ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЕКТУ	27
6. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ	29
6.1 Вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря	29
6.2 Визначення теплоприпливів через огорожуючі конструкції	30
6 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ	40
7 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ	44
7.1 Підбір центрального кондиціонера	44
8 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ОСНОВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ	57
8.1 Тепловий розрахунок компресора	57
8.4 Розрахунок повітряного конденсатора	61
8.5.Результати досліджень	65
9 ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА	79

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.ОХОРОНА ПРАЦІ

84

11.ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

97

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						2
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вступ

1.1 Актуальність теми.

Системи промислового кондиціонування з осушенням для військового шпиталю. призначені для створення і автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам. В даний час всі системи промислового кондиціонування зі змінною витратою повітря насичені безліччю тепловиділяючого устаткування, мають щільні склопакети, що не пропускають свіже повітря в приміщення, а поверхні зовнішнього скління пропускають великі кількості сонячної енергії. Ці фактори можуть негативно відбитися на, самопочуття і навіть здоров'я людини при тривалому знаходженні в таких приміщеннях. Тому сучасні будівлі потребують системах штучного клімату, які створюють сприятливі умови для людини. У добу людина споживає близько 15 кг повітря. Якість цього повітря, його параметри, багато в чому залежать від системи промислового кондиціонування зі змінною витратою повітря для поліграфічного виробництва. На основі вище сказаного, дослідження та розробка системи кондиціонування зі змінною витратою повітря з осушенням для військового шпиталю. є актуальною задачею на сьогоднішній день.

1.2 Мета роботи та задачі дослідження.

Метою даної роботи є дослідження системи промислового кондиціонування з осушенням для військового шпиталю..

1.3 Методи дослідження.

Ескізна та графічна розробка принципової схеми та експерименти з визначенням показників економічної ефективності холодильної установки, чисельні методи та методи оптимізації.

1.4 Теоретична цінність.

Полягає в дослідженні та розробці комплексної системи промислового кондиціонування з осушенням для військового шпиталю..

1.5 Фактологічна база.

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

1.6 Структура роботи.

Включає 10 розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел інформації та додатків.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Розділ 1.1 Параметри повітря як важливий виробничий фактор

Більшість технологічних процесів відбуваються в повітряному середовищі. З одного боку повітря може бути сировиною, з іншого боку він визначає параметри довкілля, для військового шпиталю, якому знаходяться хворі. Повітря так само грає важливу роль. Так само в повітряному середовищі відбувається життєдіяльність людини. Нарешті повітря є поширеною робочою речовиною багатьох машин і установок.

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

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

Для холодильної техніки особливу актуальність отримала підтримка високого значення вологості в камерах схову неупакованих продуктів. Для складів з нехарчовими товарами щоб уникнути корозії необхідно підтримувати низьку відносну вологість. Виробничі процеси можуть відбуватися при самих різних рекомендованих параметрах повітряного середовища.

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

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

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зимовий період. Саме в цей час перепад вологості найбільш суттєвий. Повітря, потрапляючи в приміщення, висушується із-за загального опалювання в кімнатах.

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

Особливо небезпечне сухе повітря для хворих бронхіальною астмою, у них спостерігається загальне погіршення самопочуття, можливі напади. Досить довге перебування в сухому повітрі загрожує зниженням імунітету і частими респіраторними захворюваннями. Це трапляється через те, що пересушена слизова оболонка перешкоджає нормальному диханню, внаслідок чого організм не отримує достатньої кількості кисню.

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

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

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

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

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

Розділ 1.3 Вплив вологого повітря при зберіганні різних матеріалів

Переважна 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 % - вий вологості повітря.

Небажане підвищення гігроскопічної вологості матеріалів привести до:

- збільшенню ваги і(чи) об'єму(зміні щільності);
- зміні електричної провідності;
- зміні теплопередачі і тепловіддачі;

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 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: прискороного бактеріологічного зростання, зміни хімічного складу при реакціях з водяною парю, злежування і грудкує порошкоподібних і сипких продуктів та ін.

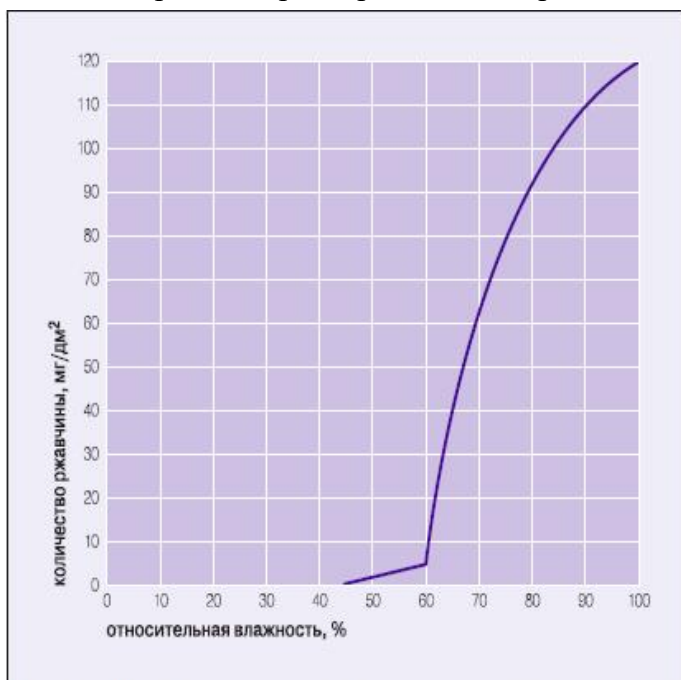


Рис. 1. Влияние относительной влажности чистого воздуха на скорость коррозии железа (кривая Арренюса)

реакціях з водяною парю, злежування і грудкує порошкоподібних і сипких продуктів та ін.

Вище за це значення швидкість корозії заліза різко збільшується (по логарифмічній залежності), і відбувається швидке руйнування металу. Ці явища графічно проілюстровані на Рис. 1. Значення "критичної" вологості залежать від природи металу і від наявності домішок в атмосфері, наприклад, за наявності навіть малих кількостей газоподібних реагентів (в

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

першу чергу, SO₂, а також SO₃, NO_x та ін.) "критична" вологість повітря для заліза і багатьох інших металів істотно знижується.

5. 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 кожену добу тільки накопичується.

Дія вологості на матеріали і устаткування також різноманітно, скільки різноманітні вони самі. Нижче в таблиці. 1 виключно для прикладу приведені деякі орієнтовні

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рекомендаційні дані по відносній вологості, які в конкретних реальних випадках можуть дещо відрізнятися від приведених даних.

Табл. 1 Нормативна вологість для зберігання продуктів і приміщень.

Предмет	RH, %	Предмет	RH, %
Зберігання цукру	20-35	Забарвлення розпилювачем	30-50
Пивоварне виробництво	35-45	Лабораторна електроніка	45-60
Зберігання меленої кави	30-40	Виробництво пластмас	5-30
Зберігання сухого молока	20-35	Сушка деревини	25-35
Зберігання насіння	35-45	Хімічні лабораторії	30-45
Архіви	40-55	Музичні інструменти	45-55
Зберігання паперу	35-45	Фото і кіно оптика	40-55
Бібліотеки	50-55	Виробництво напівпровідників	30-50
Шкіряні вироби	40-55	Вибухові речовини*	35-50
Неупаковані ліки	20-35	Літєві акумулятори	до 2
Медичні сиропи	30-40	Відвертання іржі**	до 55; до 40
Зберігання капсул	30-45	Комп'ютерна периферія	50-60
Зберігання порошків	30-45	Виробництво жорстких дисків	40-50

Існує декілька методів осушення повітря. Основні методи - асиміляція, адсорбція і конденсація вологи - багаторазово описувалися і порівнювалися в, наприклад [3]. Там же дані загальні рекомендації по вибору методу осушення залежно від поставленого завдання(додатки), зовнішніх умов, енергетичної ефективності, перераховані достоїнства і недоліки кожного методу і тому подібне. Температура, вологість і швидкість(міра рухливості) повітря є його найважливішими параметрами як в комфортному, так і в технологічному кондиціонуванні.

Тому регулювання цих параметрів є найголовнішим завданням кондиціонування. Для правильного вибору устаткування мають бути враховані усі чинники, що впливають на зміну стану повітряного середовища приміщення.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порядок розрахунків можна знайти в класичній літературі по цій темі, наприклад [4, 5].

Склади медичних препаратів.

При зберіганні товарів важливу роль грають кліматичні параметри повітря в складському приміщенні. Лише мала частина матеріалів може тривало протистояти дії атмосферної вологи. Надмірна волога є найбільш важливим чинником довкілля при зберіганні продукції і сировини і називається "Пусковим механізмом руйнувань".

Зі збільшенням вологості повітря посилюються біогенна і хімічна корозія, і більшість матеріалів піддаються руйнуванню: метал корродує, сипкі матеріали злежуються, деревина і тканини покриваються пліснявою і гниють, картонні коробки намокають і деформуються, а в електронному устаткуванні виникають функціональні неполадки.

Значне збільшення інтенсивності руйнівних процесів і прискорення розвитку різних видів плісневих грибів і мікроорганізмів, багато з яких є активними біодеструкціями, спостерігається при конденсації вологи. Конденсат може утворюватися як на поверхні, так і усередині паропроникних матеріалів (цеглина, цемент, картон і так далі). У паропроникних частинах стіни водяні пари завжди прагнуть переміститися із зони високого в зону зниженого парціального тиску водяної пари.

Це переміщення тим інтенсивніше, чим більше температурний перепад і чим більше вологості повітря. Якщо температура паропроникної поверхні опускається нижче точки роси, то пара конденсується не лише на поверхні стіни, але і усередині неї.

При низькій відносній вологості значно сповільнюється або зупиняється активність біодеструкцій, що руйнують матеріали і конструкції. Відносна вологість 50% остаточна для зберігання більшості матеріалів, включаючи чавунні і сталеві вироби, вироби з деревини, електричні деталі, велику частину

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хіміко-технічних виробів і так далі. Якщо відносна вологість є порівняно низькою, то температура грає лише другорядну роль. Ось чому склад з відносною вологістю повітря менше 50% перевершує склад, що обігрівается, з точки зору умов зберігання. Вологість повітря може підтримуватися на постійному рівні незалежно від коливань температури. В результаті відпадає необхідність в захисті матеріалів від корозії яким-небудь іншим способом. Додатковою перевагою є те, що якість матеріалів, що зберігаються, краще в порівнянні з якістю матеріалів, що зберігаються в складі, що обігрівается.

З точки зору витрати енергії експлуатація складу з осушеним повітрям на 60-75% дешевше герметичного складу, що обігрівается. Капіталовкладення в осушувач для негерметичного холодного складу складають не більше 50% витрат на теплоізоляцію і нагрівальну установку для звичайного складу, що обігрівается. Це означає, що економії можна добитися як з самого початку будівництва за рахунок зниження капіталовкладень, так і внаслідок зниження експлуатаційних витрат і вибраковування продукції.

В результаті склад з осушеним повітрям представляє економічно привабливішу альтернативу звичайному складу, що обігрівается.

Адсорбційне осушення дозволяє створювати оптимальні умови зберігання при мінімальних витратах на капітальне будівництво і енергію.

Аналогічні проблеми зі своїми специфічними особливостями вирішуються у бункерах для зберігання(силосах), в танках, трюмах і резервуарах для зберігання на судах і тому подібне Сушка і зберігання зерна і інших з/х- продуктів.

Слід зазначити необхідність осушення і контролю вологості при зберіганні зерна, що є основним продуктом сільського господарства. За даними FAO(Food and Agricultural Organization при ООН), щорічні втрати зернових складають більше 10 т загального виробництва, а в деяких менш розвинених країнах 30-50% [6]. До сказаного раніше слід додати, що найчастіше ці втрати відбуваються при великій вологості і підвищеній температурі зерна.

Зерно відносяться до сировини, стійкої при зберіганні в належних умовах, якщо його заздалегідь очистити від домішок і своєчасно видалити надмірну вологу.

Оптимальні результати дає сушка зерна теплим і, що дуже важливо, сухим повітрям. Перегрівши зерна при сушці(для різних культур - різні граничні температури близько 45 °С) призводить до погіршення якості клейковини аж до повної денатурації, а також до зниження активності ферментів. При сушці гігроскопічна вологість зерна має бути понижена з 18% більше до не більше 14% .

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сушка повинна проводитися в декілька прийомів, щоб в перервах волога перерозподілялася з внутрішніх частин зерен до зовнішньої поверхні, інакше поверхневі шари зерна розтріскуються, що призводить до погіршення сохрності, зниження виходу і якості готової продукції. Найбільш ефективним рішенням для сушки є використання заздалегідь підготовленого повітря з відносною вологістю не більше 2 з його підігріванням до 45 °С.

Оптимальною є вологість повітря до 50-60% при температурі 10-20 °С), якій
Якщо гігроскопічна вологість повітря перевищує критичні значення

Морозильні і холодильні склади.

Всередину морозильної або холодильної камери зовнішнє повітря потрапляє через двері або ворота. Водяна пара, що міститься в теплом повітрі, конденсується на холодних поверхнях, перетворюючись на шар інею на випарнику, в лід і сніг на стінах і дверях холодильної камери. Оскільки повністю не можна запобігти проникненню зовнішнього повітря в камеру, то повітря слід осушувати або безпосередньо в камері, або в тамбурі. Безпосереднє осушення в камері прийнятніше, тому що при цьому:

- зменшується утворення інею на випарниках, що призводить до збільшення ефективності охолодження;
- збільшується тривалість роботи без відтавання випарників, що призводить до зменшення навантаження на холодильне устаткування;
- покращується гігієнічна ситуація, оскільки відсутність вологи на випарниках і стінах камери перешкоджає розмноженню мікроорганізмів і плісняві;
- створюються сприятливі умови для роботи персоналу і техніки через відсутність туману, слизких підлог, льоду на стрічковій завісі і тому подібне

У цих умовах при таких рівнях підтримуваної температури і вологості перевагу слід віддати адсорбційному методу осушення.

Харчова промисловість.

При виробництві і зберіганні багатьох харчових продуктів потрібно підтримку певної температури і вологості повітря. Необхідність регулювання вологості повітря обумовлена наступними умовами:

- необхідністю сушки продуктів;
- грудкує або злипанням гігроскопічних порошкоподібних продуктів;
- санітарно-гігієнічними вимогами у зв'язку з ризиком зростання плісняви і бактерій як на самому продукті, так і у виробничому цеху;

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ризиком утворення конденсату на продукті, а також на різних поверхнях виробничого приміщення;
- небажаністю утворення інею/льоду/снігової шуби;
- ризиком корозії;
- ризиком збоїв електричних і електронних систем.

Перехід від режиму холодного копчення(при температурі 20-24 °С і 90-95 Н) до дозрівання і сушки(до 10-15 °С і 70-75% RH), повинен відбуватися поступово і поетапно, щоб запобігти утворенню конденсату на поверхні(що абсолютно неприпустимо щоб уникнути вбирання вологи і псування продукту). Волога зсередини ковбаси повинна постійно виходити в довкілля.

При цьому сушка не має бути інтенсивною, інакше відбувається висушування крайових зон, і під оболонкою утворюється щільний водонепроникний шар, який перешкоджає виходу вологи зсередини. Це створює умови для зростання небажаних мікробів і зменшує термін зберігання; серцевина при цьому може залишатися м'якою із зеленуватим або сіруватим відтінком.

Свої особливі властивості сир придбаває після тривалого процесу дозрівання в спеціальних приміщеннях, із створеними в них умовами для накопичення в сирних голівках смакових і ароматичних речовин. Дозрівання сиру - це сукупність складних мікробіологічних змін складових частин сирної голівки, результатом якої стає формування органолептичних властивостей і підвищення фізіологічних і товарних цінностей продукту. За технологією сири дозрівають на стелажах.

Тривалість дозрівання коливається від декількох днів(м'які сири) до двох-шести місяців(тверді сири) за певних умов(конкретні для кожного виду продукції) температурної вологості. А саме: температура 12-16 °С(10-12 °С), відносна вологість повітря 80-85% трьох-п'ятикратний добовий повітрообмін, рівномірний за усім обсягом приміщення.

Попри те, що оптимальні значення відносної вологості повітря здаються досить високими, навіть незначне перевищення вологості повітря призводить до серйозніших наслідків, ніж її зниження.

При зниженій вологості повітря зменшується вологовміст сиру, загальмовується ферментативна активність і збільшується тривалість дозрівання. Дозрівання сиру при температурі вище 16 °С і відносній вологості більше 90% призводить до появи аміачного смаку і запаху, сир розм'якшується і набуває форми, що розпливлася.

Виготовлення дріжджів.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виготовлення дріжджів є вирощуванням і ферментацією організму в певних умовах. Але, як відомо, свіжі дріжджі залишаються життєздатними не більше декількох тижнів при температурі близько 4 °С. Зате сухі активні дріжджі можуть зберігатися впродовж двох-трьох років в досить широкому температурному діапазоні без яких-небудь втрат їх властивостей. Сушка дріжджів є складним процесом, що вимагає сухого холодного повітря, бо високотемпературна сушка знищує організм.

Вологовміст повітря для сушки дріжджів повинне підтримуватися на рівні 1,4-2,0 г/кг, що відповідає точці роси - 13...- 8 °С. Ці тяжкі умови в зоні сушки дріжджів можуть забезпечити адсорбційні осушувачі.

Виробництво і зберігання цукру.

При виробництві і зберіганні цукру його гігроскопічні властивості можуть призводити до таких небажаних результатів як спікання, утворення грудочок, твердіння і карамелізація.

Рафінований цукор при температурі приблизно 48 °С і зі змістом вологи приблизно 0,035 про масу подається стрічковим конвеєром в цукрові бункери або накопичувачі. До початку упаковки цукор повинен остигнути приблизно до 38-40 °С. При природному охолодженні велика вірогідність утворення конденсату на стелі бункери, що призводить до утворення грудочок у верхньому шарі і погіршення якості.

Подання у бункер повітря з температурою 26 °С і відносною вологістю 30% тільки виключає конденсацію, але і в два-шість разів скорочує час охолодження(до шести годин), що призводить до значного прискорення виробничого процесу, фінансової економії і скорочення трудовитрат.

Відносна вологість в зонах зберігання цукру повинна підтримуватися на рівні 20% при температурі

24

°С.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробництво бісквітів і печива.

Особливість виробництва бісквітів і печива полягає в тому, що їх вихід з печі є короткочасним періодичним процесом, а упаковка - тривалим і практично безперервним. У таких випадках неминуче тимчасове зберігання продуктів в очікуванні своєї черги на упаковку. І тут важливо, щоб після їх охолодження на довгому конвеєрі вкрай гігроскопічні бісквіти і печиво не набрали вологу до моменту упаковки.

Інакше вироби стають сирими, втрачають хрустину, а також істотно скорочується їх термін зберігання. Тому вкрай важливо в приміщенні тимчасового зберігання (так званій гарячій кімнаті) підтримувати відносну вологість повітря на рівні 30% при температурі 28 °С.

Виробництво і зберігання желатину.

Украй важливо забезпечити тяжкі мікрокліматичні умови при виробництві і зберіганні желатину, який є сировиною не лише в харчовій промисловості, але також для виготовлення косметичних засобів, фотоплівок, капсул (у фармацевтиці) та ін.

При порушенні технології виробництва желатин, який за своєю природою чутливий і до вологи і до температури, може стати ламким або, навпаки, розплавитися.

Крім того, висока вологість повітря також призводить до мікробного забруднення, що вкрай небажано, зважаючи на застосування желатину в харчовій і фармацевтичній промисловості. Для отримання кінцевого продукту вищого сорту якість желатину має бути теж вищого сорту. На завершальній стадії виробництва желатин в консистенції гелю з масовою вологістю 70% при видавлюванні через перфоровану насадку з холодильної установки у вигляді спагетти на безупинний стрічковий осушувач з нержавіючої сталі.

Тут желатинове спагетти зневоднюється стерилізованим осушеним повітрям з поступовим збільшенням температури до тих пір, поки масова вологість продукту не знизиться до 10-12%. В процесі осушення желатин повільно проходить відстань в декілька десятків метрів через декілька окремих температурних зон, в яких підтримується температура в межах ± 1 °С і відносна вологість не більше 20.

Подальше зберігання желатину, а також продуктів на його основі здійснюється в строгому діапазоні параметрів вологості і температури повітря. Використання адсорбційного осушувача з фільтром тонкого очищення є найбільш економічним і надійним методом сушки продукту, а також беззастережною умовою отримання продукції необхідної якості.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Насосні станції, очисні установки стічних вод, приміщення підприємств централізованого водопостачання та ін.

Специфічними особливостями цих приміщень є наявність відкритих поверхонь води, з яких відбувається сильний випар небажаної вологи, а також наявність труб подання води з температурою поверхні нижча, ніж температура зовнішнього повітря(особливо в перехідні періоди року і влітку). Проблеми, які виникають на станціях очищення води і насосних станціях і підстанціях пов'язанні, передусім, з конденсацією водяної пари на механізмах, трубах, контрольно-вимірювальних приладах і елементах конструкцій будівлі.

Для припинення процесів корозії і біологічного руйнування конструкцій необхідно підтримувати відносну вологість 45-50% що при середній температурі перехідних періодів 5 °С відповідає вологовмісту повітря приблизно 2,5 г/кг найефективнішим рішенням для такого завдання являється використання адсорбційних осушувачів повітря, що є стандартною процедурою на об'єктах типу водоканалів в європейських країнах.

Будівництво, експлуатація і ремонт будівель.

Схожі проблеми корозійного і біологічного руйнування можуть спостерігатися у будь-яких будівлях, в т.ч. житлових, з різних причин: затоплення при стихійних лихах, заливка при гасінні пожеж, протікання устаткування інженерних систем, порушення гідроізоляції або покрівлі, намокання будівельних матеріалів при будівництві і усі інші причини, що призводять до підвищеної вологості повітря в приміщенні.

Незалежно від причин, що привели до перезволоження, вимагається організувати ефективне видалення вологи з приміщення і осушення будівельних конструкцій. До теперішнього часу ці проблеми найчастіше намагаються вирішити методом асиміляції(вентиляція з попереднім підігріванням припливного повітря) або значним підвищенням температури внутрішнього повітря і конструкцій, що захищають, з використанням мобільних нагрівачів(теплових гармат).

Слід зазначити, що цей спосіб, незважаючи на його популярність, не лише має великі енерговитрати і малу ефективність, але і призводить до негативних результатів. При незначному підвищенні температури повітря його здатність до поглинання водяної пари майже не збільшується, зате значно активізується життєдіяльність і розвиток плісняви, бактерій і мікроорганізмів. При значнішому нагріві повітря і осушуваних поверхонь різко знижується якість їх обробки.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Причиною цьому являється порушення адгезії обробних матеріалів з поверхнями, що покриваються, внаслідок різниці коефіцієнтів їх температурного розширення. Ці наслідки відсутні при осушенні приміщень сухим повітрям без підвищення його температури.

Конденсаційний або адсорбційний методи мають безперечні переваги і є ефективнішими і вигіднішими [7].

Фармацевтична промисловість.

Фармацевтична промисловість, як будь-яка галузь, пов'язана з охороною здоров'я, пред'являє найвищі вимоги до кліматичних систем і якості повітря. Різноманітність вимог зумовлюється різноманіттям технологічних процесів.

Осушення повітря у край актуальне в таких процесах, як: подрібнення, змішування, гранулювання, висушування, таблетування, нанесення покриттів, виробництво "шипучих" пігулок, желатинових капсул, супозиторіїв, очних лікарських форм, а також зберігання готових лікарських засобів. Кожен з цих процесів не допускає неконтрольовану вологість навколишнього повітря і заслуговує окремого розгляду, результати якого опубліковані нами раніше в роботі [9].

Зокрема, при зберіганні деяких лікарських засобів максимально допустимі межі параметрів повітря обмежені межами 12 °C і 20% RH.

Одно з основних вимог до вентиляційних систем у фармацевтичній промисловості - попередження поширення небажаного бактеріологічного зростання.

З цієї точки зору випарники і їх піддони в конденсаційних системах осушення повітря є точками підвищеної небезпеки, оскільки вологість в них наближається до 100% вони є місцями розмноження плісняви і грибків.

Цей ризик повністю виключається при використанні адсорбційних осушувачів систем, у яких відсутні конденсація і вогнища високої вологості повітря.

Зазвичай у багатьох джерелах [1,3,13] розглянуто три основні методи осушення повітря:

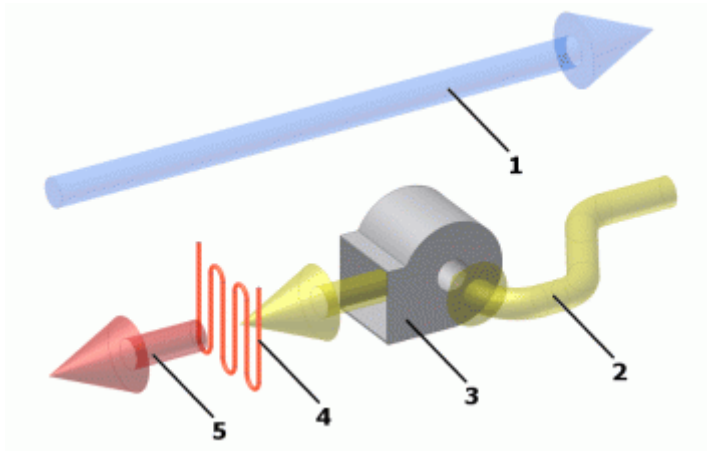
1. Асиміляція
2. Адсорбція та абсорбція
3. Конденсаційний метод

Асиміляція

Метод ґрунтований на фізичній здатності теплого повітря утримувати більшу кількість водяної пари в порівнянні з холодною.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рис.2 Принципова схема асиміляційного осушення повітря



Він реалізується засобами вентиляції з попереднім підігріванням свіжого повітря.

Осушення шляхом вентиляції з підігріванням зовнішнього повітря :

1 - витяжне повітря, що виходить назовні;

2 - припливне повітря, що засмоктується зовні;

3 - вентилятор;

4 - нагрівач(водяний, газовий, електричний);

5 - нагріте повітря за системою повітропроводів

Цей метод у ряді випадків (басейни, льохи, складські приміщення, гальванічні цехи і тому подібне) є недостатньо ефективним в силу двох причин:

1. Здатність поглинання повітрям водяної пари обмежена і непостійна, будучи залежна від пори року, температури і абсолютної вологості атмосферного повітря. Саме тому найкращих результатів можна добитися взимку, гірше - навесні або осінню, а найгірших або взагалі нульових - влітку.

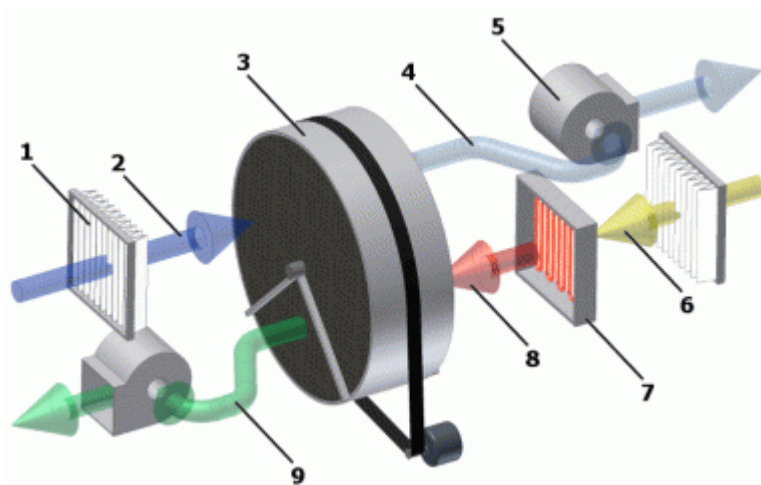
2. Даний метод характеризується підвищеним енергоспоживанням у зв'язку з наявністю безповоротних втрат явного(припливного повітря, що витрачається на підігрівання) і прихованого тепла(що міститься в парах води, що видаляються з повітрям). При цьому прихована частина тепла(ентальпії), визначувана теплою випару води, складає значну долю загальних втрат. З кожним кілограмом вологи втрачається 580 ккал(2,4 мДж).

Адсорбція та абсорбція

Метод ґрунтований на витяганні вологи з повітря за рахунок вбирання її гігроскопічними матеріалами.

Для осушення цим методом застосовуються адсорбційні осушувачі, головним елементом яких є оборотний барабан (ротор) разом з приводним вузлом, вентилятором, нагрівальним елементом і фільтром.

Рис.3 Принципова схема адсорбційного методу осушення з використанням роторного барабану.



- 1 - фільтр;
- 2 - вологе повітря;
- 3 - ротор(барабан);
- 4 - осушене повітря;
- 5 - вентилятор;
- 6 - регенеруюче повітря після фільтрації;
- 7 - нагрівач(калорифер);
- 8 - нагріте регенеруюче повітря;
- 9 - вологе регенеруюче повітря

Технічно метод абсорбції осушення полягає у використанні вологопоглинаючого ротора припливно-витяжної установки, що має високі сорбційні властивості. Внутрішня сорбційна поверхня ротора конструктивно виконана у вигляді сотів, що сприяє ламинарному руху осушуваного і регенеративного повітря і, тим самим, скорочує втрати на тертя.

Ротор наводиться в рух електродвигуном за допомогою передачі(частіше за стрічкову). Він підрозділяється на осушуючий і регенеруючий сектор.

Барабан виконаний найчастіше з відповідно профільованого алюмінію(що утворює осьові капіляри), поверхня яких покрита гігроскопічною речовиною. Така конструкція дозволяє значно підвищити поверхню вбирання вологи. Обертаючись, барабан забезпечує попадання зволоженого гігроскопічного матеріалу в регенеруючий сектор, де через ротор проходить гаряче повітря, збираючи вологу, яка потім виводиться назовні.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позитивною властивістю ротора є його міцність, можливість самоочищення.

Регулюючи температуру повітря регенерації(потужністю нагрівача), цілком реальною стає можливість підтримки заданої відносної вологості робочого повітря. Величезним плюсом осушення цього типу є можливість осушення повітря без його охолодження, а також осушення повітря при температурі нижче 0°C.

Унаслідок великого числа достоїнств цього методу, він знаходить своє застосування у фармацевтичній, харчовій промисловості, кондиційних системах і ін.

Цей тип осушення застосовується в тих областях промисловості, де пред'являються підвищені вимоги до якості повітря(фармацевтика, харчова і електронна промисловість). Установки цього типу можуть робити повітря з температурою точки роси до -70°C. Основним принципом, по якому працюють установки цього типу, є пропускання потоку повітря через адсорбент. В процесі адсорбції відбувається зниження температури точки роси.

Волога, що виділилася в процесі осушення, залишається в адсорбенті, тому час від часу його необхідно осушувати. Процес осушення адсорбенту називається регенерацією. На практиці отримали поширення два схемні рішення з використанням адсорбенту в якості поглинача вологи. На малюнку 4 показана схема осушувача повітря з двома адсорберами, що перемикаються. Основний потік, охолоджується в повітроохолоджувачі 1, що підвищує ефективність адсорбції, і спрямовується в адсорбер 2, де відбувається його осушення.

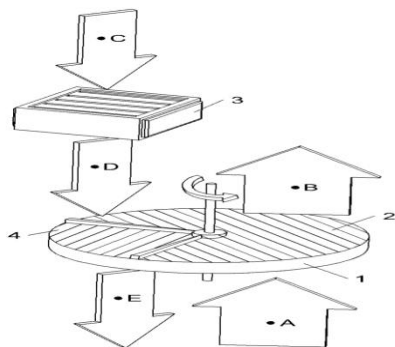
Після чого повітря можна використати для різних технологічних потреб. Поки йде основний процес адсорбції в другому адсорбері відбувається регенерація адсорбенту. Розрізняють холодну і гарячу регенерацію. Гаряча регенерація є пропусканням через адсорбент гарячого повітря, внаслідок чого відбувається випарювання вологи з сорбенту. Холодна регенерація, застосовується, як правило, при обробці стислого повітря і застосовується в схемі з двома адсорберами, що перемикаються. Частина вже осушеного повітря дроселює до невеликого надмірного тиску 1,05 - 1,1 бар.

Після чого спрямовується в апарат для регенерації. Оскільки, тиск пари води в цьому газі нижчий, ніж рівноважна пружність пари під адсорбентом, в апараті відбувається десорбція. У даній схемі застосована гаряча регенерація. Допоміжний потік повітря заздалегідь підігрівається у повітренагрівач 5 і спрямовується в адсорбер 6 для регенерації адсорбенту.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітря, яке необхідно осушити, пропускається через ротор 1, наповнений абсорбентом. При цьому відбувається процес осушення повітря до необхідного стану. Цей процес протікає тільки в області ротора 2. Допоміжний потік повітря підігривається у нагрівачі повітря 3, і пропускається через область 4. При цьому відбувається відновлення поглинявальної здатності. В процесі осушення відбувається обертання ротора, при цьому процеси абсорбції і регенерації відбуваються безперервно в часі.

Усередині корпусу ротора розташовується регулярна насадка. Конструктивно вона може бути послідовно розташованими шарами прямої і гофрованої фольги, на які наноситься абсорбент. Укладена таким чином фольга дозволяє отримати досить розвинену поверхню до 6000 м²/м³. Слід зазначити, що окрім абсорбенту, на поверхню фольги може бути так само нанесений антибактеріальний шар для знезараження повітря.



У випадках, коли потрібно глибоке осушення, може використовуватися комбінація різних адсорбентів, наприклад цеоліт і силікагель. Ці апарати працюють у великому діапазоні продуктивності, від 500 до 35000 м³/ч, при цьому діаметр ротора може досягати та 4м. З точки зору процесів тих, що відбуваються при осушенні повітря, розглянута схема мало відрізняється від схеми з адсорберами, що перемикаються, основна відмінність цих установок є конструктивною.

Основними чинниками, що знижують ефективність процесу адсорбції, являються окислення зерен адсорбенту, а так само забруднення адсорбенту олією і різними домішками, які можуть міститися в повітрі.

В якості сорбенту, як правило, використовують деликвісцентні солі хлорид кальцію, літій, натрію, магнію і ін... у гранульованому виді. Ефективність роботи досягається при вологості від 0 до 100% температурі від - 30 до 40 °С. Адсорбційні осушувачі можуть працювати як автономно, так і в комплексі з вентиляційною системою, або з кондиціонером. В процесі осушення відбувається поступовий знос поверхні адсорбенту, що так само знижує його ефективність.

Основною перевагою адсорбційного осушення є його компактність і відносна простота технології, так само слід зазначити відсутність пристосування для дренажу вологи, що виділилася.

Адсорбційне осушення повітря

Цей метод ґрунтований на тому, що парціальний тиск водяного паранад поверхнею розчину в змозі насичення P'' , менше, ніж парціальний тиск водяної пари в змозі насичення над чистою водою P_p'' . Рушійною силою процесу влагообмена є різниця упругостей водяної пари, що поглинається, в повітрі і над розчином. Пружність водяної пари над розчином визначається рівноважний стан вологого повітря, іншими словами - теоретична межа осушення вологого повітря цим розчином.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Частина абсорбенту після камери зрошування, зазвичай 10-15% переходить у регенератор, де надмірна волога випаровується в допоміжний потік повітря. При цьому до розчину необхідно підводити тепло регенерації. Підігрівання може бути здійснене різними способами. Це може бути як тепло конденсації холодильної машини, так і тепло отримане в сонячному колекторі.

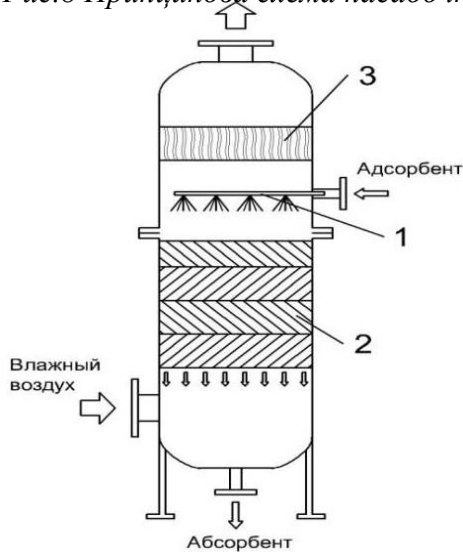
Слід врахувати, що ефективність процесу абсорбції залежить не лише від початкової концентрації сорбенту, але і від його температури, тому абсорбент, що нагрівається в процесі абсорбції, охолоджується в теплообміннику 3. При цьому теплий потік абсорбенту після регенерації спрямовується в рекуперативний теплообмінник 4, де так само знижує свою температуру підігріваючи потік що спрямовується на регенерацію. Слід зазначити, що процес регенерації може бути здійснений не лише підігріванням з подальшим випаром.

Існують і інші способи, наприклад виморожування або додавання солі, проте широкого застосування вони не отримали.

Іншим апаратом, вживаним замість камери зрошування, є насадний абсорбер малюнок 8. Потік розпорошеного через форсунки 1 абсорбенту контактує із зустрічним потоком повітря. При цьому відбувається його сушка. Для підвищення масообмена між абсорбентом і повітрям, встановлюється насадка 2. Щоб уникнути попадання абсорбенту в пневмосистему встановлюється сепаратор 3. Конкурентною перевагою установок цього типу є висока вологоємкість рідких сорбентів в порівнянні з твердими десикантами.

Молекулярні сита абсорбують вологу на рівні 0,22 кг H₂O на кілограм власної ваги, тоді як гідрат хлориду літію здатний поглинути до 2 кг води.

Рис.8 Принципова схема насадочного абсорбера.



					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Осушення за допомогою мембранних волокон.

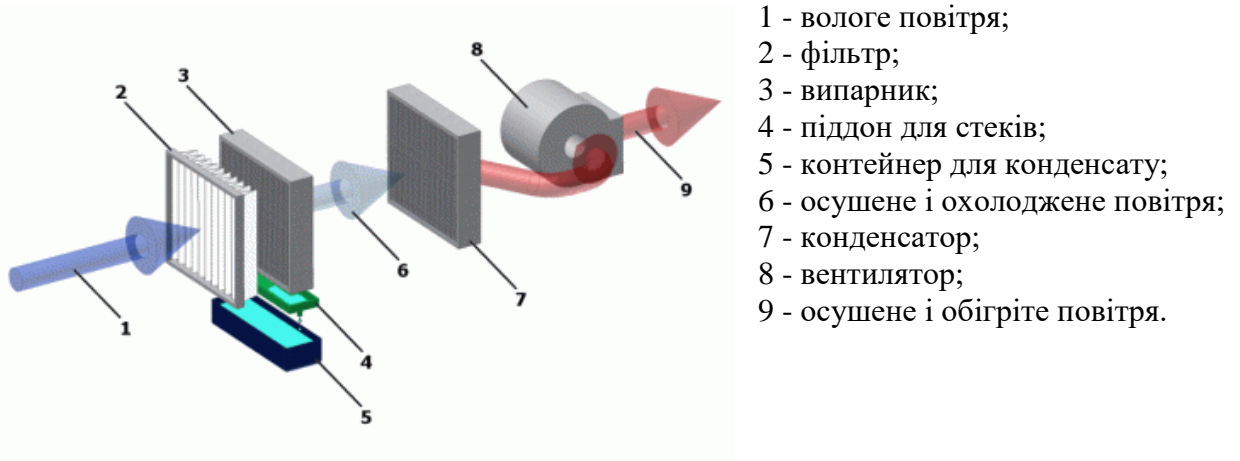
Основним елементом в даному випадку виступають волокна, які виготовлені у вигляді капілярів з радіально розташованими порами. Волокна компонуються в щільний пучок. При проходженні повітря через капіляр, під дією різниці парціальних тисків, відбувається проникнення (дифундинування) води через пори. Вода під дією сили тяжіння коагулює в краплі і стікає. Осушувачі цього типу, здатні знижувати точку роси оброблюваного повітря - 40 °С. Це конструктивне рішення, обов'язково укомплектовується фільтром на вході.

Мембранні осушувачі не здатні осушувати значну кількість повітря і випускаються промислово з продуктивністю до 2-3 м³/хв. Основною перевагою цих установок є мобільність і компактність.

Конденсаційний метод

Метод ґрунтований на принципі конденсації водяної пари, що міститься в повітрі, при охолодженні його нижче точки роси. Метод реалізується з використанням принципу теплового удару, що створюється при роботі холодильного контура, з розташованими безпосередньо один за одним випарником і конденсатором.

Рис.9 Принципова схема конденсаційного методу осушення повітря.



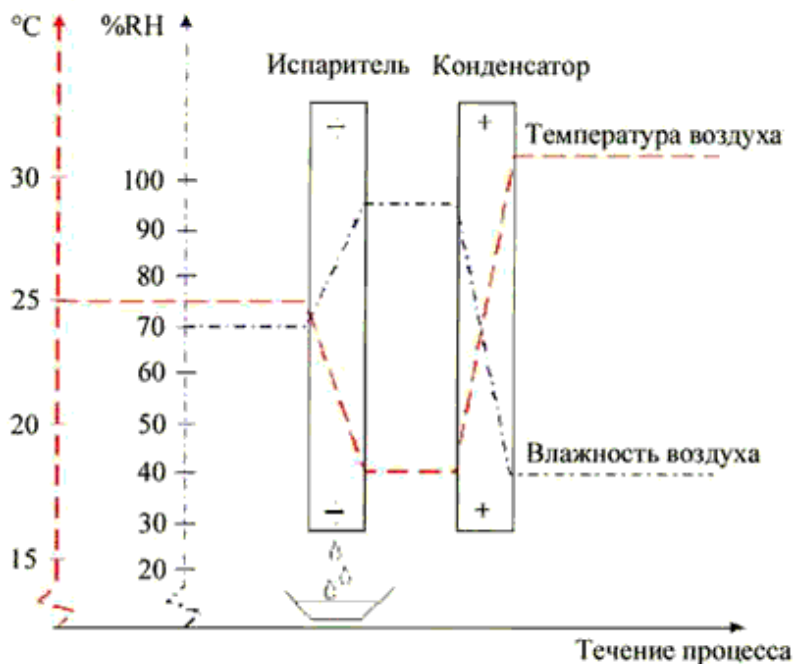
Конденсаційний осушувач складається з холодильно-компресорної установки, використовуваної для створення охолодженої поверхні, і вентилятора, що подає повітря на цю поверхню. При проходженні через випарник повітря охолоджується до температури нижче точки роси, а волога, що міститься в ній, конденсується і дренується. Осушене повітря далі проходить через конденсатор, де він підігрівається. Температура повітря при цьому на виході зволожувача приблизно на 5°C вище за температуру повітря на вході.

Завдяки багатократному проходженню повітря через осушувач рівень вологості в приміщенні знижується, забезпечуючи швидке осушення. Таким чином, абсолютна і відносна вологість повітря в приміщенні поступово знижуються.

Конденсаційний осушувач є досить простою конструкцією: це холодильна машина із замкнутим циклом: випарником і конденсатором повітряного охолодження.

Холодагент з холодильної машини поступає у випарник, де він віднімає тепло, що призводить до зниження температури випарника і, далі проходячи через конденсатор, віддає йому тепло, за рахунок чого температура конденсатора підвищується.

Таким чином, холодильна машина перекачує тепло з випарника в конденсатор. Через обидва ці апарати вентилятором продувається повітря басейну. Спочатку повітря проходить через випарник. Температура випарника підібрана таким чином, що в ній активно конденсується волога з повітря. Повітря стає осушений і холодний. Далі це холодне повітря продувається через гарячий конденсатор, де він нагрівається, але оскільки з нього видалена частина вологи, він вже виходить в приміщення після конденсатора сухий і теплий.



Енергія, яку виділила волога при її конденсації у випарнику (680 Вт на 1 кг йде на нагрів повітря в конденсаторі, а також додається електрична потужність холодильної машини.
Рис.10 Зміна температури при використанні конденсаційного методу осушення повітря.

Як відомо, повітря може утримувати певну кількість вологи. Ця кількість тим більше, чим вище температура повітря і навпаки. Якщо охолоджувати повітря, то досягнувши певної температури, що називається температурою точки роси, повітря більше не зможе утримувати вологу і почнеться її конденсація. Волога з повітря може виділятися як в об'ємі у вигляді туману так і на поверхні, температура якої нижче температури точки роси. З іншого боку, чим вище тиск, тим вище і температура точки роси.

Наприклад, якщо при тиску 0,1 МПа температура точки роси складає -20°C , то при стискуванні цього повітря до тиску 0,7 МПа його точка роси складе вже 3°C . Використання цих явищ отримало широке поширення при осушенні повітря, як при комфортному і технологічному кондиціонуванні, так і в техніці обробки стислого повітря. Для осушення повітря в промислових і громадських будівлях, а так само при обробці стислого повітря отримали поширення механічні осушувачі.

По суті, це звичайна пароконденсійна холодильна машина мал 5. Повітря поступає у випарник, в якому відбувається охолодження і осушення повітря. Потім повітря спрямовується в конденсатор, в якому відбувається підігрівання повітря при постійному вологовмісті. Після конденсатора, як правило, додатково встановлюється повітрянагрівач. Продуктивність таких установок коливається в межах від 5 до 5000 кг вологи/добу. Вище розглянутий спосіб осушення повітря добре себе зарекомендував не лише в кондиціонуванні повітря, але і при осушенні стислого повітря. Стисле повітря бере участь у багатьох технологічних процесах, і перед використанням має бути належним чином підготовлений. При стискуванні повітря в компресорі значно змінюється його питомий об'єм. Забруднення, які навіть незважаючи на встановлені фільтри, все одно є присутніми в повітрі, значно збільшують свою концентрацію.

Якщо із стислого повітря випадає волога, то відбувається абсорбція забруднень конденсатом. Агресивна суміш, що утворилася, роз'їдає труби і деталі устаткування. Крім того, волога, випадна у вигляді інею, створює в трубах додатковий опір і, як правило, призводить до закупорок труб. При осушенні стислого повітря отримали поширення як осушення повітря за допомогою механічного осушувача, так і використання рекуперативних теплообмінників "вода-повітря" і "повітря-повітря". Ці теплообмінники дістали назву кінцеві.

Вони встановлюються після компресора і служать для відділення вологи і олії.

Для поліпшення теплообміну в теплообмінниках типу "повітря-повітря" використовується рекуперация, повітря після компресора охолоджується як атмосферним повітрям, так і повітрям який вже осушився і спрямовується в мережу. Конструктивно це реалізується за допомогою труб Фільда (труба в трубі).

При використанні кінцевого охолоджувача біля 80-90т виділеної вологи залишається у волого-масло-віддільнику, який, як правило, вбудований в апарат, інша волога у вигляді пари і туману поступає в мережу. Порівнюючи теплообмінник "вода-повітря" з теплообмінником "повітря-повітря" слід зазначити, що використання води в літній період має певні переваги, оскільки температура мокрого термометра завжди нижча температури довкілля.

Ця різниця особливо відчутна в літній період, коли повітря насичене значною кількістю вологи. Проте а зимовий період переваги на стороні повітряних теплообмінників, оскільки в цей період року ці апарати забезпечують температуру точки роси на рівні 3.5°C , що не може забезпечити градирня із-за загрози обмерзання. Мінімальна температура води в градирні знаходиться на рівні $8\div 10^{\circ}\text{C}$.

При необхідності стабільної підтримки температури точки роси стислого повітря, використовується механічний осушувач в комбінації з кінцевим повітроохолоджувачем.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кінцевий повітроохолоджувач знижує навантаження на випарник. Цей апарат в середньому відбирає біля 60% рідини.

З розвитком серійного виробництва термоелектричних модулів, отримали поширення осушувачі, що використовують для охолодження повітря ефект Пельтьє. При поданні електрики одна сторона модуля нагрівається, а інша охолоджується. При цьому, досягається різниця температур до 30 С. Цей метод осушення має свої переваги. В перших, ці установки легко регулюються, що досягається простим отключением паралельно встановлених термоелектричних блоків. У других немає необхідності в регулярному обслуговуванні.

У таких установка немає фреону, олії і частин, що рухаються. Проте варто пам'ятати, що термоелектричні елементи мають у край низьку ефективність, тому цей тип установок слід встановлювати лише у випадках, коли є значна кількість дешевої електрики, а так само в умовах радіоактивного і токсичного виробництв.

Слід зазначити, що метод охолодження з подальшим виділенням і видаленням конденсату має свої обмеження на застосування. При пониженні температури поверхні нижче температури замерзання води, волога утворюватиме кристали на поверхні, що утруднить її видалення. Тому, цей метод застосовується при осушенні повітря до температури точки роси не нижче 2-3 С.

Проте такий спосіб осушення повітря не можна вважати раціональним, оскільки потрібно додаткову витрату енергії на охолодження повітря нижче точки роси і подальше його підігрівання до необхідної температури, що призводить до зростання вартості експлуатації осушувача і особливо відчутно при низькій відносній вологості повітря.

Крім того, у випадках, коли точка роси наближається до 0°C і температура охолоджувальної поверхні має бути негативною, робота осушувача набуває циклічного характеру, що пов'язано з необхідністю періодичного відтавання інею.

У багатьох виробничих і складських приміщеннях(склади гігроскопічних матеріалів і чорних металів, інструментальні комори, електророзподільні пристрої, майстерні точної механіки, архіви, бібліотеки, сирі підвали і знову побудовані будівлі, що ще не просохли) виникає необхідність в осушенні повітря без його охолодження.

Проводячи порівняльний аналіз способів осушення, необхідно відмітити, що кожен метод осушення зарекомендував себе в окремій сфері застосування. Основними критеріями вибору осушувача є значення точки роси, до якої необхідно осушити повітря, а так само об'єм повітря, яке необхідно обробити. При підвищенні температури оброблюваного повітря, ефективність конденсаційного методу зростає, тоді як процес сорбції втрачає ефективність, що викликано екзотермічністю останнього.

Проте, застосування конденсаційного способу обмежене температурою точки роси в 2-3 °С. Механічні осушувачі компактні, легкі, прості і зручні в експлуатації. У механічних осушувачах вибір робочої температури, поверхні повітроохолоджувача $t_n \geq 1^\circ\text{C}$ обмежує область найбільш економічного використання механічних осушувачів.

При значних об'ємах оброблюваного повітря, яке при цьому значно насичене вологою, перевага однозначна на стороні методу абсорбції, що пов'язано зі значною вологоємністю рідких абсорбентів.

Проте корозійна активність останніх, створює деякі технологічні труднощі. Термоелектричний спосіб явно не підходить для великих об'ємів повітря, проте простота таких осушувачів підходить для випадків коли присутність людини обмежена, наприклад, в космічних станціях або на токсичних виробництвах.

Осушення мембранного типу так само розраховано на невеликі витрати повітря, слід враховувати, що ці апарати у край чутливі до забруднень. Цей метод осушення застосовується у випадках коли необхідно забезпечити компактність. Адсорбційне

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

осушення повітря застосовується при різних температурах повітря і значних об'ємах оброблюваного повітря, і отримало значно поширення в області кондиціонування.

Слід приділити увагу і комбінації різних методів осушення в одному апараті, наприклад, широке застосування отримала комбінація роторного осушувача з холодильною машиною. Вказані рекомендації є дуже орієнтовними.

Рішення про застосування тієї або іншої осушувальної системи потрібно приймати на підставі конкретних умов відносно вартості тепла, електроенергії і води і з урахуванням можливостей цих систем.

Висновок до розділу 1

1. З огляду наукової літератури видно що, осушення повітря є невідмінною частиною технологічних процесів поліграфічного виробництва. Розглянуті методи осушення повітря: адсорбційний метод осушення повітря, осушення повітря сольовими розчинами, асиміляційний метод осушення повітря, комбінований метод (асиміляція-адсорбція).

2. Для досягнення оптимальних параметрів на об'єкті який досліджується необхідно врахувати надходження тепла та вологи які динамічно змінюються у продовж різних періодів року для досягнення балансу між повітрям що видаляється та повітрям що надходить у приміщення. Також необхідно досягти технологічно задану вологість повітря для правильного виконання усіх технологічних процесів на поліграфічному виробництві

5 ОСНОВНІ ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЕКТУ

Місце розташування об'єкта: місто Одеса.

Найменування об'єкта військовий шпиталь..

Географічна широта 48° .

Стіни виготовлені з цегли ($\delta_{кр} = 250\text{мм}$), вкритого з двох сторін цементною штукатуркою ($\delta_{шт} = 25\text{ мм}$), утеплювача піноізол ($\delta_{ут} = 50\text{ мм}$).

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів:

штукатурка $\lambda = 0,7\text{ Вт}/(\text{мК})$;

цегла $\lambda = 0,47\text{ Вт}/(\text{мК})$;

утеплювач піноізол $\lambda = 0,028\text{ Вт}/(\text{мК})$;

Тоді для стін коефіцієнт теплопередачі розраховуємо за формулою:

$$\kappa_{ст} = \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right)^{-1}, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \quad (2.1)$$

$$\kappa_{ст} = \left(\frac{1}{8} + \frac{0.25}{0.41} + \frac{0.05}{0.028} + \frac{0.025}{0.7} + \frac{1}{23} \right)^{-1} = 0.38, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

де $\alpha_{вн} = 8\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стіни до повітря в приміщенні;

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

δ_i та λ_i - товщина та теплопровідність і-го шару огороження;

$\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стіни.

Перекриття зроблено з наступних матеріалів:

залізобетонна плита: $\delta = 160 \text{ мм}$; $\lambda = 2,04 \text{ Вт}/(\text{мК})$;

пінополістерол : $\delta = 150 \text{ мм}$; $\lambda = 0,031 \text{ Вт}/(\text{мК})$;

цементно-пісчана стяжка: $\delta = 20 \text{ мм}$; $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{мК})$;

полімерний руберойд: $\delta = 15 \text{ мм}$; $\lambda = 0,17 \text{ Вт}/(\text{мК})$;

Тоді, для перекриття коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$k_{пер} = \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right)^{-1}, \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \quad (2.2)$$

$$k_{пер} = \left(\frac{1}{8} + \frac{0.16}{2.04} + \frac{0.15}{0.031} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{0.015}{0.17} + \frac{1}{23} \right)^{-1} = 0,192, \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Вибираємо коефіцієнт теплосвоєння матеріалу S шару на границі розділення. Потім розраховуємо опір R, теплову інерцію шару огороження D, теплову інерцію огороження ΣD за формулами наведеними нижче:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (2.3)$$

де δ - товщина шару огороження;

λ - теплопровідність шару огороження.

$$D = R \cdot S \quad (2.4)$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.

Таблиця 2.1. - Характеристика огорожуючих конструкцій приміщення

№	Конструкція і матеріал	Щільність ρ , кг/м ³	Товщина δ , м	Коефіцієнти			
				Питома теплопровідність λ , (Вт/(мК))	Теплосвоєння, S, (Вт/(м ² К))	Термічний опір, R, ((м ² К)/Вт)	Теплова інерція D
1	Вікна – подвійне скління в металевих розділених рамах					0.34	
2	Зовнішня стіна						
	штукатурка	1800	0.025	0.8	11.1	0.031	0.34
	цегла	1600	0.25	0.41	12.2	0.6	7.32
	утеплювач	35	0.050	0.028	1.1	1.79	2.17
3	Перекриття						

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9			Арк.
								30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

	з/б плита	2500	0.16	2.04	18.7	0.07	1.3
	Пінополістеро л	125	0.15	0.031	0,99	4.83	4.78
	цем.пісч. шар	1800	0.02	0.93	19.1	0.21	4
	полімерний руберойд	600	0.015	0.17	6.7	0.088	0.59
4	Внутрішні перегородки						
	утеплювач	125	0.10	0.031	0,99	3,22	3.2
	цегла	1600	0.12	0.41	12.2	0.29	3.54
	утеплювач	125	0.10	0.031	0,99	3,22	3.2

6 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

1.1 Вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря

Нами розглянутий кондиціонування військового шпиталю. Розрахункові літні параметри зовнішнього повітря категорії Б:

барометричний тиск $P=1010$ гПа;

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

температура зовнішнього повітря $t=31$ °С;

розрахункова швидкість вітру $3,2$ м/с;

амплітуда добових коливань температури $\Delta t = 12,5$ °С;

Розрахункові зимові параметри зовнішнього повітря категорії Б:

барометричний тиск $P=1010$ гПа;

ентальпія зовнішнього повітря $h=-18,6$ кДж/кг;

температура зовнішнього повітря $t=-20$ °С;

розрахункова швидкість вітру 10 м/с;

Об'єкт представляє собою двох поверхову будівлю сучасної споруди, яка складається на першому поверсі: з відділення друку, складу з краскою, електрощитової. Система кондиціонування даного об'єкту носить комфортний характер.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи кондиціонування повітря комфортного призначення розраховуються на підтримку параметрів повітря, оптимальних для самопочуття людей. Параметри визначаються умовами тепло- та волого обміну, які в свою чергу залежать від конструкції людини, стану її здоров'я, характеру роботи, яку він виконує, нервового напруження, одягу, а також від температури, вологості та швидкості руху навколишнього повітря.

Керуючись нормами проектування, приймаємо наступні значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в приміщенні.

Внутрішні параметри повітря в відділенні друку :

температура повітря в приміщенні влітку $t_{в} = 25$ °С;

температура повітря в приміщенні взимку $t_{в} = 20$ °С;

відносна вологість повітря в приміщенні влітку $\phi_{в} = 47$ %;

відносна вологість повітря в приміщенні взимку $\phi_{в} = 40$ %.

6.2 Визначення теплоприпливів через огорожуючі конструкції

Теплий період року.

В приміщенні підтримується постійна температура повітря 25°С. Характеристика огорожуючих конструкцій приміщення приведена в таблиці 1.

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

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

Де q_n, q_p - поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м², через осклений світловий отвір в липні в дану годину доби відповідно прямої та розсіяної сонячної радіації, яка приймається для вертикального та горизонтального скління за ДБН-3-79; $K_1 = K_{n,z} \cdot K_{n,e}$ - коефіцієнт опромінення сонячною радіацією для врахунку площі світлового отвору, незатіненого горизонтальною та вертикальною площинами в будівельному виконанні.

Параметри за сторонами світу.

На південно-західній стороні:

площа 12 м²;

максимальна щільність потоку прямої радіації 106 Вт/м²;

максимальна щільність потоку розсіяної радіації 78Вт/м².

На північно-західній стороні:

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

площа 12 м^2 ;

максимальна щільність потоку прямої радіації 385 Вт/м^2 ;

максимальна щільність потоку розсіяної радіації 98 Вт/м^2 .

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

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

на північно-західній стороні:

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

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

Для вікон:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Показник сумарного тепло засвоєння приміщення:

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

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

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

Показник інтенсивності конвективного теплообміну:

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Показник поглинання приміщенням теплового потоку сонячної радіації:

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

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

6.3 Визначаємо величину теплового потоку теплопередачею через вікна .

$$Q_{\Delta t} = (t_{\text{н}} + 0.5\theta_1 A_{\text{м.с.}} - t_{\text{н}}) F_{oc} / R_{oc}, \text{ Вт} \quad (3.7)$$

Для південно-західної стіни:

$$Q_{\Delta t} = (31 + 0.5 \cdot 1 \cdot 16.1 - 25) 12 / 0,34 = 496 \text{ Вт}$$

Для північно-західної стіни:

$$Q_{\Delta t} = (31 + 0.5 \cdot 1 \cdot 16.1 - 25) 12 / 0,34 = 496 \text{ Вт}$$

Де $t_{\text{нар}}$ – середня за добу температура зовнішнього повітря, °С, яка приймається рівною температурі липня в графі 3 «Температура зовнішнього повітря» ДБН 2.01.01-82(Будівельна кліматологія).

$A_{\text{мс}}$ – максимальна добова амплітуда температури зовнішнього повітря в липні, яка приймається за ДБН 2.01.01-82.

θ_1 – коефіцієнт який виражає гармонічне змінення температури зовнішнього повітря, який приймається по таблиці 6 посібника до ДБН 2.04.05-91.

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

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

Знаходимо величину теплового потоку через зовнішню стіну

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

$$Q_M = \left[\frac{1}{0,34} \cdot \left(31 + 0.7 \cdot \frac{177}{23} - 25 \right) + \frac{1 \cdot 8}{1228} \left(0,5 \cdot 1 \cdot 16.1 + \frac{0.7}{23} \cdot 1 \cdot 320 \right) \right] 63,62 = 2138 \text{ Вт}$$

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

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

ρ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею захисних конструкцій, який приймається за додатком 7 ДБН-3-79;

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

J_{cp} – середньодобове значення поверхневої щільності теплового потоку сумарної сонячної радіації (прямої та розсіяної), Вт/м², яка поступає в липні, приймаємо по табл.7 для горизонтальної та по табл.8 для вертикальної поверхні за посібником до ДБН 2.04.05-91.

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

V – величина затухань амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в захисній конструкції, яка визначається за п. 3.4 ДБН-3-79 або за формулою:

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

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

Де ΣR – термічний опір огороження, Вт/(м²°C)

ΣD – теплова інерція огороження.

Для багат шарових конструкцій:

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

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

Де S_1 і S_2 – коефіцієнти тепло засвоєння матеріалів першого та другого шару по ходу теплової хвилі, Вт/(м²°C), за ДБН-3-79;

$V_a = 1$, оскільки немає повітряного прошарку;

θ_1 θ_2 – коефіцієнти, які приймаються за табл.6 за посібником до ДБН 2.04.05-91, відповідно при $\varepsilon_1 = \varepsilon + 10$, $\varepsilon_1 = \varepsilon + z$.

ε – запізнювання температурних коливань в огороженні;

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

A_M – площа масивної захисної конструкції(зовнішньої стіни, перекрыття), м².

α_n , $\alpha_{вн}$ – коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої та внутрішньої поверхні огороження, Вт/(м²°C), яке визначається за ДБН-3-79.

$\rho = 0.3$ для штукатурки (зовнішній шар стіни)

$J_{cp} = 177$ Вт/м² для південно-західної та північно-західної орієнтації,

$A_j = 497 - 177 = 320$ Вт/м²

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

Тоді:

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

6.4 Розрахунок теплових виділень від різних джерел

Тепловиділення від людей

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

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

Приймаємо роботу легкої важкості, тоді

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

6.4.1 Визначаємо явні й сховані теплоприпливи від людей:

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

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

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

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

6.4.2 Тепловиділення від штучного освітлення

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

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

$F_{пола}$ – площа підлоги;

Z – освітленість.

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

6.4.3 Надходження теплоти від обладнання

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

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

6.4.4 Повний теплоприплив приміщення

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

6.5 Розрахунок вологовиділень

6.5.1 Вологовиділення від людей

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

де n - число людей у приміщенні;

$W_{л} = 0.000041$ кг/с - вологовиділення від однієї людини;

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

6.5.2 Вологовиділення від вологого прибирання

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

де σ - коефіцієнт вологообміну, кг/(м²·с)

$$\sigma = \frac{\alpha}{c_p^e} = \frac{\alpha}{c_p^{c.в.} + c_p^n \cdot d_{cp}}, \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)} \quad (3.20)$$

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

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

d_e, d_e'' - вологовміст повітря при заданій відносній вологості і на лінії насичення.

$$W_{вол.пр.} = 7,7 \cdot 10^{-3} \cdot 71.15 \cdot (20.5 - 9.3) \cdot 10^{-3} \cdot 0.1 = 0.00061 \text{ кг/с}$$

6.5.3 Сумарні вологовиділення в приміщенні

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

$$W_{нов} = 0.00032 + 0.00061 = 0.00094, \text{ кг/с}$$

6.6 Визначаємо загальні сховану і явну теплоту

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

$$Q_{вол.пр}^{cx} = r \cdot W_{вол.пр} = 2461 \cdot 0.00094 = 2313, \text{ Вт} \quad (3.23)$$

$$Q_{л}^{cx} = r \cdot W_{л} = 2461 \cdot 0.000328 = 807, \text{ Вт} \quad (3.24)$$

$$\sum Q_{cx} = 3120, \text{ Вт}$$

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

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

6.7 Визначаємо тепловологісну характеристику

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\varepsilon = \frac{19,694}{0.00094} = 20951, \text{кДж/кг}$$

6.8 Массова витрата повітря

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

6.8.1 По балансу загальної теплоти

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

де $h_e = 49 \text{кДж/кг}$ - ентальпія повітря приміщенні;

$h_n = 42,9 \text{кДж/кг}$ - ентальпія припливного повітря;

$$G_1 = \frac{19,694}{49 - 42,9} = 3.22, \text{кг/с}$$

6.8.2 По балансу явної теплоти

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

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

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

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

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

6.8.3 По балансу вологи

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

де d_e - вологовміст повітря в приміщенні, $\text{кг/кг}_{\text{св.}}$;

d_n - вологовміст припливного повітря, $\text{кг/кг}_{\text{св.}}$;

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

6.8.4 За газовими шкідливостями

$$G_4 = \frac{G_{вр} \cdot \rho_{вр}}{(C_{нок} - C_n) \cdot 3600} \quad (3.31)$$

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де G_{ep} - розрахункова кількість шкідливостей, кг/год;

ρ_{ep} - щільність шкідливих речовин, кг/м³;

$C_{ндк}$ - припустима концентрація шкідливостей у робочій зоні, кг/м³;

C_n - концентрація шкідливостей в зовнішньому повітрі, кг/м³;

Приймаємо $G_T = 3,23$ кг/с.

$$L = \frac{3600 \cdot G_{\max}}{\rho_B}; \text{кг} / \text{с} \quad (3.32) \quad L = \frac{3600 \cdot 3,23}{1,19} \cdot 1,1 = 10748 \text{ кг/с}$$

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

$$G_{кд} = \frac{10748 \cdot 1,19}{3600} = 3,23 \text{ кг/с}$$

$$L_{кд} = 10748 \cdot 1,05 = 11285 \text{ кг/с} \quad (3.34)$$

Таблиця 3.1 - Сумарна таблиця розрахунку теплопритоків

Приміщення	Q _{пол} , кВт	W _{пол} , кг/с	ε, кДж/кг·К	G, кг/с
Перший поверх	19,694	0.00094	17951	3,23

6.9 Побудова процесу в h-d діаграмі (літній процес)

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

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

де Q – надходження тепла в приміщення, кВт;

W - надходження вологи в приміщеннях, кг/с.

Будуємо на діаграмі ε процесу.

Зовнішнє повітря в кількості $G_n = 11628$ м³/год. з параметрами $t_n = 31$ °С и $h_n = 62$ кДж/кг надходить у центральний кондиціонер, де прохолоджується по прямій НК (точка К середня температура холодної рідини) до параметрів повітря, що перебуває у середині приміщення.

Повітря, що перебуває у середині приміщення, попадає у фанкойл, де прохолоджується по прямій ВК на діаграмі h-d (точка В має параметри внутрішнього повітря). Витрата повітря через фанкойл становить $L = 11628$ м³/ч.

Знаючи витрату повітря через центральний кондиціонер, а також їх холодопродуктивність знаходимо різницю ентальпій Δh і відкладаємо їх на діаграмі

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ.ХУіКП 784-03.1.9				

З'єднавши точки, що вийшли, одержимо точки суміші на ε процесу. Точка суміші має параметри $t_c = 27^\circ\text{C}$, $h_{cm} = 52\text{кДж/кг}$.

Будуємо у діаграмі ε процесу для всіх приміщень. Переносимо їх у точки В, що відповідає нашим заданим параметрам. Вибираємо $\varepsilon_{порівн}$ - це буде тепловологісна характеристика процесу в теплий період року. Відкладаємо точки В' відповідному підігріву повітря на усмоктувальному повітроводі й рівного 1°C . Від точки В по $\varepsilon_{ін}$ відкладаємо $\Delta t_{раб} = 5^\circ\text{C}$ і ставимо точку П. Відкладаємо точку П' відповідному підігріву повітря на нагнітаючому повітроводі й рівного 1°C .

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

Таблиця 3.2 - Параметри повітря літнього режиму кондиціонування

	т.Н _л	т.П _л '	т.П _л	т.В _л	т.В _л '
$t_i, (^\circ\text{C})$	31	22	20	25	26
$h_i, (\text{кДж/кг})$	62	44	43	49	50
$d_i, (\text{г/кг})$	12,2	9,1	9,1	9,5	9,5

6.10 Розрахунок тепловиділень у поліграфічному видавництві взимку

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

Ентальпія зовнішнього повітря $h_n = -18,6\text{кДж/кг}$

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

6.11 Розрахунок тепловиділень від конструкцій , що обгороджують

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

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

$$Q_{cm} = 0,35 \cdot 63,62(-20 - 20) = -891, \text{ Вт}$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $F_{ст}$ – площа стін, m^2 ;

$k_{ст}$ – коефіцієнт теплопередачі через стіни, $Вт/(m^2K)$;

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

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

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

де $F_{ок}$ – площа вікон, m^2 ;

$k_{ок}$ – коефіцієнт теплопередачі через вікна, $Вт/(m^2K)$;

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

3.12 Розрахунок тепловиділень від різних джерел

3.12.1 Тепловиділення від людей

$$Q_l^3 = Q_l^l = 1160, \text{ Вт}, \quad (3.40)$$

6.12.2 Тепловиділення від освітлення

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

6.12.3 Повне тепло надходження

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

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

6.12.4 Повне волого виділення

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

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

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

6.13 Визначаємо тепло-вологісну характеристику

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

$$\varepsilon = \frac{6,58}{0.00094} = 7300, \text{ кДж/кг}$$

6.14 Побудова процесу в h-d діаграмі (зимовий процес)

Будуємо в діаграмі точку В, що відповідає нашим заданим параметрам, потім будуємо ε процес для всіх приміщень. Вибираємо $\varepsilon_{порівн}$ - це буде тепловолога характеристика процесу в холодний період року. Відкладаємо точку В' відповідному підігріву повітря на усмоктувальному повітроводі й рівного $1^{\circ}C$. Від точки В по $\varepsilon_{ін}$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Таблиця 3.3 - Параметри повітря зимового режиму кондиціонування

	т.Н _з	т.Н _з ^I	т. В,	т.В _л '	т.П	т.П _л '
$t_i, (^{\circ}C)$	-20	12	20	21	14	15
$h_i, \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}\right)$	-18,6	13	35	36	28	28,8
$d_i, \left(\frac{\text{г}}{\text{кг}}\right)$	0,4	0,4	5,9	5,9	5,5	5,5

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

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

Ціль аеродинамічного розрахунку системи повітророзподілення:

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

При розрахунку систем повітророзподілення потрібне виконання наступних умов:

- діаметри повітроводу (розміри перетинів) 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;

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 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.

Корисний об'єм повітря для систем визначається по формулі

$$L = \frac{3600 \cdot G_v}{\rho}, \quad (4.1)$$

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

Для системи корисна об'ємна витрата повітря буде дорівнює:

$$L = \frac{3600 \cdot G_v}{\rho} = \frac{3600 \cdot 3,23}{1,2} = 9690, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

З урахуванням втрат через нещільності у системі повітророзподілення встаткування підбираємо по наступних об'ємних витратах:

$$L_1 = 1,05 \cdot L_1, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (4.2)$$

$$L_1 = 1,05 \cdot 9690 = 10175, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

6.1 Розрахунок повітроводу

Сутність аеродинамічного розрахунку повітроводів складається у визначенні розмірів його перетинів, а також втрат тисків на тертя й місцеві опори. При цьому необхідно виконати наступні умови:

- розміри перетинів повинні бути стандартними;
- втрати напору в будь-якій галузі системи повинні бути нижче розташовуваного;

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидкість повітря у повітроводів повинна бути рекомендується межах, що (для адміністративних і суспільних будинків швидкість руху повітря на магістральних ділянках повітровода в межах 5-9 м/с, у відгалуженнях до 5 м/с);
- швидкість повітря на магістральних ділянках у напрямку руху повітря повинна зменшуватися.

Для виконання розрахунку розробляємо розведення повітроводів по приміщеннях, представляємо її схему в ізометрії, розбиваючи її на ділянки. Для кожної ділянки визначаємо витрату повітря й задаємося швидкістю руху повітря.

Для ділянки №1 повітропроводу магістрального знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{УЧАСТОК}\#1} = \frac{L_1}{6} = 10175/6 = 1696 \text{ м}^3/\text{с} \quad (4.3)$$

Задаємося швидкістю повітря $v=5$ м/с

Знаходимо діаметр повітропроводу

$$d = (L / (3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (4.4)$$

$$d = (1696 / (3600 \cdot 0,785 \cdot 5))^{0,5} = 0,346 \text{ м}$$

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

Знайдемо площу перетину:

$$F = (\pi d^2) / 4 \quad (4.5)$$

$$F = (3,14 \cdot 0,4^2) / 4 = 0,13 \text{ м}^2$$

Уточнимо швидкість у повітропроводі:

$$V_{\text{в. факт.}} = L / (F \cdot 3600) \quad (4.6)$$

$$V_{\text{в. факт.}} = 1696 / (0,13 \cdot 3600) = 3,62 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса визначаємо по формулі:

$$Re = \frac{v_{\text{в. факт.}} \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} = (3,62 \cdot 0,4) / 0,0000156 = 92820, \quad (4.7)$$

Де $d_{\text{екв}} = d$

ν - кінематичний коефіцієнт в'язкості, приймаємо рівним

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

Коефіцієнт опору для розвинуеного турбулентного руху визначається як:

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25} = 0,3164 / 92820^{0,25} = 0,018 \quad (4.8)$$

Динамічний натиск розрахуємо по формулі:

$$\Delta p_{\text{дин.}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в. факт.}}^2}{2} = (1,2 \cdot 3,62^2) / 2 = 7,86 \quad (4.9)$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину параметра R визначимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{екв.}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.}} = (0,018/0,4) \cdot 7,86 = 0,354 \quad (4.10)$$

Втрати тиску по довжині повітропроводу визначаються

$$\Delta p_l = R \cdot l = 0,354 \cdot 3 = 1,062 \quad (4.11)$$

Втрати тиску на ділянках в місцях місцевих опорів визначаються:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,25 \cdot 7,86 + 15 = 16,97 \quad (4.12)$$

Коефіцієнти місцевих опорів:

- коліно $\xi = 0,24$;

- конфузор $\xi = 0,25$.

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

$$\Delta P_{\text{уч.}} = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_{\xi} = 1,062 + 16,97 = 18,032 \quad (4.13)$$

Використовуючи вказівки за розрахунком і практичним вживанням розподільників повітря компанії "Єврокліма Україна,,,

З врахуванням початкових даних визначимо типорозмір і вид розподільника повітря для системи П1. Приймаємо розподільник повітря марки ВМС – вентиляційні решітки з вертикальними подвижними пластинами ,розміром 400*225 ,у якого площа живого січення дорівнює $f=0,06 \text{ м}^2$. 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: $\Delta p=17 \text{ Па}$.

Розрахунки інших ділянок мережі повітроводів зведені в таблиці в додатку А

7 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ

7.1 Підбір центрального кондиціонера

За максимальним значенням витрати приточного повітря визначаємо корисну продуктивність кондиціонера:

Знаходимо сумарну масову витрату повітря для всіх приміщень :

$G_{\text{max}} = 10,1 \text{ кг/с}$. а для приміщення військового шпиталю.

$$G_{\text{max}} = 3,55 \text{ кг/с}$$

Повна корисна продуктивність кондиціонера:

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_{\text{кд}} = \frac{3600 \cdot G_{\text{MAX}}}{\rho} = \frac{3600 \cdot 10,1}{1,2} = 30000 \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (7.1)$$

для всіх приміщень

Повна корисна продуктивність кондиціонера з врахуванням протічок в мережі воздуховодів :

$$L_{\text{кд}}^{\text{повне}} = L_{\text{кд}} \cdot 1,05 = 9690 \cdot 1,05 = 10175 \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (7.2)$$

За повною продуктивністю підбираємо кондиціонер.

Из каталогов фирмы ВЕЗА выбираем КЦКП -30 .

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів.

РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖУВАЧА

Повітроохолоджувач загальний для приміщень військового шпиталю..

Процес охолодження й осушення повітря в повітроохолоджувачі протікає в наступній послідовності: у перших рядах по ходу повітря охолоджується при постійному вологовмісті; найбільш інтенсивне охолодження повітря відбувається в нижній частині ребреніє в місцях, де ребра примикають К поверхні трубок, по яких проходить холодна вода; у тих рядах повітроохолоджувача, де охолоджений повітря зустрічається з поверхнею ребрення, що має температуру нижче крапки роси потоку повітря, починається процес конденсації вологи з повітря; найбільша конденсація вологи буде мати місце в останніх рядах повітроохолоджувача, де проходить найбільш холодна вода. По висоті ребра інтенсивність впадення при осушенні повітря буде різною. Найбільша інтенсивність впадення вологи має місце в підстави ребра й знижується по його висоті.

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

Продуктивність повітроохолоджувача визначається рівнянням теплового балансу:

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

де G - витрата зовнішнього повітря, кг/з;

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

$$Q_x = 10,4 \cdot (52 - 37) = 156,75 \text{ кВт};$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

де $c_w = 4,2$ - кДж/кг $^{\circ}$ С- теплоємність води;

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

$$G_w = \frac{10,4 \cdot (52 - 37)}{4,19 \cdot (17 - 12,5)} = 12,28, \text{кг/с.}$$

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

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

Визначаємо показник відносин теплоємностей потоків:

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

$$W = \frac{3,23 \cdot 1.006}{4,19 \cdot 4.28} = 0.18$$

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

Знаходимо необхідну поверхню теплообмінника:

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

$$F = \frac{2.25 \cdot 10.4 \cdot 1.006 \cdot 10^3}{39.2} = 558.5 \text{ м}^2$$

де K – коефіцієнт теплопередачі для оребреної стінки, Вт/(м 2 · $^{\circ}$ С).

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо для конкретного конструктивного виконання теплообмінника:

$$K = A \cdot (\gamma \rho)^{0.37} \cdot \varpi^{0.18}$$

$$K = 20.94 \cdot (4 \cdot 1.2)^{0.37} \cdot 1.3^{0.18} = 39.2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^{\circ}\text{С)}$$

Величина аеродинамічного опору обчислюється по формулі:

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{\text{в03}} = B(v\rho)^m$$

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

v - швидкість повітря;

m - показник ступеня, вибирається по таблиці.

$$\Delta P_{\text{в03}} = 7,962 \cdot (4 \cdot 1,3)^{1,59} = 109,5 \text{ Па}$$

Визначаємо гідравлічний опір у трубках теплообмінника:

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

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

7.2.1 Розрахунок поверхневого повітрянагрівача 1-го підігріву

Вихідні данні для розрахунку повітрянагрівача :початкові та кінцеві параметри загальний для 4-х приміщень повітря $t_n = -18^\circ\text{C}$, $t_k = 12^\circ\text{C}$, витрати повітря $G_B = 30175 \text{ м}^3/\text{час}$, початкова та кінцева температура теплоносія $t_1 = 101,7^\circ\text{C}$, $t_2 = 59,1^\circ\text{C}$.

. Масова швидкість повітря у фронтальному перетині кондиціонера КЦКП-30 $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$. Керуючись

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

F_f – площа фронтального перетину кондиціонера, м^2 ;

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

$$v\rho = 30175 / (3600 \cdot 0,93) = 9,04 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти для нагріву повітря, Вт:

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

c_B – теплоємність повітря;

$$Q = 0,278 \cdot 1,006 \cdot 30175 \cdot (12 - (-18)) = 71141 \text{ Вт}$$

Витрата теплоносія, $\text{кг}/\text{год}$

$$G_w = \frac{3,6 \cdot Q}{c_w \cdot (t_1 - t_2)} \quad (7.6)$$

c_w – теплоємність води;

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_w = 3.6 \cdot 71141 / (4.187(101,7-59,1)) = 1439 \text{ кг/год.}$$

Задаючись швидкістю руху теплоносія в трубах w от 1.2 до 1.5 м/с, визначаємо число ходів та площу живого перетину для проходу води. Попередньо також маємо задатися числом рядів трубок по ходу руху повітря, p .

Загальна кількість трубок:

$$N = \frac{p \cdot H_{mp}}{h} \quad (7.7)$$

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

h – крок труб по висоті, м, для КЦКП $10 h = 0.05$ м.

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

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

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

$$m = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot w} \quad (7.8)$$

де f_w – площа живого перетину мідної трубки m^2 ;

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

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

Приймаємо $m = 2$ та визначаємо число ходів

$$n = \frac{N}{m} \quad (7.9)$$

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

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

$$w = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot m} \quad (7.10)$$

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

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

$$k = A \cdot (v\rho)^{0,37} \cdot w^{0,18} \quad (7.11)$$

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

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

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \quad (7.12)$$

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

Знаходимо потрібну площу поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} \quad (7.13)$$

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

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

Знаходимо коефіцієнт запасу:

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

Аеродинамічний опір повітрянагрівача:

$$\Delta P_a = B \cdot (v\rho)^m \quad (7.14)$$

B, m –емпіричні коефіцієнти;

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

Гідравлічний опір повітрянагрівача:

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot W^{1,69} \quad (7.15)$$

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

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

7.2.2 Розрахунок поверхневого повітрянагрівача 2-го підігріву

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

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

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

$$v\rho = 10186 / (3600 \cdot 0,93) = 3,16 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$$

Кількість теплоти для нагріву повітря, Вт:

$$Q = 0,278 \cdot 1,006 \cdot 10175 \cdot (15 - 5) = 29356 \text{ Вт}$$

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

$$G_w = 3,6 \cdot 29356 / (4,187(101,7 - 59,1)) = 586 \text{ кг}/\text{час}.$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна кількість трубок:

$$N = 1 \cdot 0,85 / 0,05 = 17$$

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

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

Приймаємо $m = 3$ та визначаємо число ходів

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

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

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

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

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

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

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

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

Знаходимо потрібну площу поверхні теплообміну:

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

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

Знаходимо коефіцієнт запасу:

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

Аеродинамічний опір повітрянагрівача:

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

Гідравлічний опір повітрянагрівача:

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

7.3 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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 вентилі, 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:

$$L_{тр}^{заг} = 4м.$$

Витрата рідини:

$$V = 1,7 л/с$$

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

Визначимо внутрішній діаметр труби:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{V \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{1,7 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,85}} = 0,05 (м) \quad (7.16)$$

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

$V=1,7 л/с$ – витрата рідини

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

$$d_{вн} = D - 2t = 75 - (2 \cdot 12,6) = 49,8 мм \quad (7.17)$$

Уточнимо швидкість руху рідини в трубопроводі:

$$\omega = \frac{V \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot d_{вн}^2} = \frac{1,7 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,0498^2} = 0,87 м/с \quad (7.18)$$

Визначаємо динамічний тиск:

$$\frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{974,8 \cdot 0,87^2}{2} = 369 Па \quad (7.19)$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ρ – щільність води при $t = 75^\circ\text{C}$

Розраховуємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{ен}}}{\nu} = \frac{0,87 \cdot 0,0498}{0,389 \cdot 10^{-6}} = 111378 \quad (7.20)$$

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

Коефіцієнт опору по довжині:

$$\lambda = 0,1 \cdot \left(\frac{1,46 \cdot k_s}{d_{\text{ен}}} + \frac{100}{Re} \right) = 0,1 \cdot \left(\frac{1,46 \cdot 0,004}{0,0498} + \frac{100}{111378} \right) = 0,012 \quad (7.21)$$

k_s – коефіцієнт абсолютної еквівалентної шорсткості поліпропіленових труб.

Втрати тиску від тертя на довжині 1м:

$$\Delta p_{\text{тр}} = R = \frac{\lambda}{d_{\text{ен}}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{0,012}{0,0498} \cdot 369 = 89 (\text{Па/м}) \quad (7.22)$$

Втрати тиску по усій довжині труби:

$$R \cdot L_{\text{тр}}^{\text{заг}} = 89 \cdot 4 = 356 (\text{Па}) \quad (7.23)$$

Втрати тиску в місцевих опорах:

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} + \Delta p_{\text{нн}}, (\text{Па}) \quad (7.24)$$

$$Z = ((2 \cdot 1,2) + (2 \cdot 5,7) + 1,2) \cdot 369 + 1259 = 6794 (\text{Па})$$

де, ξ – коефіцієнти місцевих опорів:

- угольник 90° $\xi = 1,2$

- вентиль $\xi = 5,7$

- тройник $\xi = 1,2$

$\Delta p_{\text{нн}}$ – гідравлічний опір повітрянагрівача, Па.

Сумарні втрати:

$$\Delta P = R \cdot L_{\text{тр}}^{\text{заг}} + Z = 356 + 6794 = 7150 \text{ Па} \quad (8.25)$$

Визначимо необхідний натиск насоса:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{7150}{974,8 \cdot 9,8} = 0,75 \text{ м} \quad (5.26)$$

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Wilо - 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

№ Ділянки	1	2
Витрата води V, л/с	1,63	0,54
Довжина ділянки l, м	4	4
Внутр. діаметр труби (розр) , м	0,049	0,028
Внутр. діаметр труби (Прийнят.), м	0,0498	0,0332
Швидкість води (уточнена) v, м/с	0,84	0,62
Динамічний тиск $(\rho v^2)/2$, Па	344	187
Критерій Рейнольдса, Re	107500	52920
Коефіцієнт опору по довжині , λ	0,012	0,018
Втрати тиску від тертя R, Па/м	83	101
Втрати тиску по усій довжині $R \cdot l$, Па	332	404
Втрати тиску в місцевих опорах, Па	7460	15000
Сумарні втрати, ΔP , Па	7792	15404
Необхідний натиск насоса, м	0,816	1,61

5.4 Розрахунок адіабатної камери зрошування

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри початкового і кінцевого стану повітря $h_{в.н}=52$ кДж/кг , $t_{в.н}=15^{\circ}$ С, $t_{в.к}=7^{\circ}$ С.
Витрата повітря через камеру зрошування $G_{ок}=10175$ м³/ч. Температура «мокрого» термометра $t_{мт}=12,5$ °С. Керуючись [5].

Знайдемо необхідний коефіцієнт адіабатної ефективності:

$$E = 0,89$$

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

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

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

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

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

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

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

Далі знайдемо необхідну витрату води:

$$G_w = B \cdot L_n \cdot \rho_n = 0,36 \cdot 30175 \cdot 1,2 = 10996 \text{ кг/ч.} \quad (5.37)$$

7.4.1 Гідравлічний розрахунок трубопроводів та підбір насосу для камери зрошення

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

Загальна довжина труб дорівнює:

$$L_{тр}^{заг} = 31 \text{ м.}$$

Витрата рідини:

$$V = 2,41 \text{ л/с}$$

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

Визначимо внутрішній діаметр труби:

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де $v=0,85$ м/с – заздалегідь задана швидкість води в трубопроводі (не більш 1,5м/с)
 $V=2,41$ л/с – витрата рідини

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

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

Уточнимо швидкість руху рідини в трубопроводі:

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

Визначаємо динамічний тиск:

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

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

Розраховуємо число Рейнольдса:

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

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини, м²/с

Коефіцієнт опору по довжині:

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

k_s – коефіцієнт абсолютної еквівалентної шорсткості поліпропіленових труб.

Втрати тиску від тертя на довжині 1м:

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

Втрати тиску по усій довжині труби:

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

Втрати тиску в місцевих опорах:

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

де, ξ – коефіцієнти місцевих опорів:

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- угольник 90° $\xi = 1,2$

- вентиль $\xi = 5,7$

- тройник $\xi = 1,2$

Δp_{ϕ} – гідравлічний опір форсунок, Па.

Сумарні втрати:

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

Визначимо необхідний натиск насоса:

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

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

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

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

7.5 Розрахунок повітряного кишенькового фільтру

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

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

Таблиця 5.2 - Класифікація фільтрів

Клас фільтру EN 779	Ефективність очищення (%)	Клас фільтру EN 1822-1	Ефективність очищення (%)
G3	89	H10	85
G4	92	H11	95
F5	40-50	H12	99,5
F6	60-65	H13	99,95
F7	80-85	H14	99,995

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F8	90-95	U15	99,9995
F9	≥ 95	U16	99,99995
		U17	99,999995

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

Робота повітряних фільтрів характеризується наступними показниками: ефективністю очищення, пилесемністю, 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

$$A_M = ((C_{ВХ} - C_{ВЫХ})/C_{ВХ}) \cdot 100\% \quad (7.38)$$

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

Обчислимо запилену припливного повітря на виході з кишенькового фільтру при $A_M = 90\%$, керуючись [5]:

$$C_{ВЫХ} = C_{ВХ} - (A_M \cdot C_{ВХ})/100, \text{ мг/м}^3, \quad (7.39)$$

$$C_{ВЫХ} = 0,5 - (90 \cdot 0,5)/100 = 0,05 \text{ мг/м}^3$$

Для оцінки пропускної спроможності фільтрів застосовується показник питомого навантаження

$$УФ = L/F_\phi, \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2 \quad (7.40)$$

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

$$УФ = 10175/9,4 = 1082 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$$

Обчислюємо час роботи фільтру

$$\tau_\phi = ПФ \cdot 1000 \cdot \frac{F_\phi}{[(C_{ВХ} - C_{ВЫХ}) \cdot L]}, \text{ ч}, \quad (7.41)$$

де L – витрата очищається повітря, що проходить через фільтр , м³/ч;

F_ϕ – фронтальна поверхня матеріалу, що фільтрує , м²;

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\tau_{\phi} = 1082 \cdot 1000 \cdot \frac{9,4}{[[0,15 - 0,05] \cdot 10175]} = 9995 \text{ ч.}$$

Тривалість в робочих днях експлуатації кишенькових фільтрів

$$\tau = \frac{\tau_{\phi}}{\tau_{сут}}, \text{ днів,} \quad (7,21)$$

$$\tau = \frac{9995}{12} = 832 \text{ днів}$$

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

8 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ОСНОВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

8.1 Тепловий розрахунок компресора

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

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

R-407C є гідрофторуглеродним холодоагентом, що не руйнує озоновий шар.

Розроблено для заміни R-22 в багатьох системах кондиціювання повітря. Являє собою зеотропну суміш гідрофторвуглеців R-32 / R-125 / R-134a (масові частки відповідно 23/25/52%). За своїми експлуатаційними характеристиками R-407C дуже близький до R-22, що дозволяє здійснювати ретрофіт багатьох агрегатів, що працюють на R-22. R-407C - це трьохкомпонентна суміш з температурним дрейфом близько 6°C

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

Температура кипіння залежить від робочої температури води, яка виходить з чиллера: $t_{\text{води}} = 12,5^{\circ}\text{C}$

$$t_0 = t_{\text{пов}} - \Delta t_0, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (8.1)$$

$$t_0 = 12,5 - 2 = 10,5^{\circ}\text{C}$$

Приймаємо $\Delta t_0 = 2^{\circ}\text{C}$ – розрахункова різниця температур для пластинчатих випарників, які використовуються в чиллерах.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура конденсації визначається за емпіричною залежністю:

$$t_k = t_H + (8...15) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8.2)$$

$t_H = 31^\circ\text{C}$ – температура зовнішнього повітря.

$$t_k = 29 + 15 = 44 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Задаємось переохолодженням рідкого холодильного агента в конденсаторі:

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

Визначаємо температуру в точці 3:

$$t_3 = t_k - \Delta t_k, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (8.3)$$

$$t_3 = 44 - 5 = 39, \text{ } ^\circ\text{C}$$

Задаємось перегрівом парів холодильного агента в обмотках ел.двигуна компресора:

$$\Delta t_{bc} = 5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

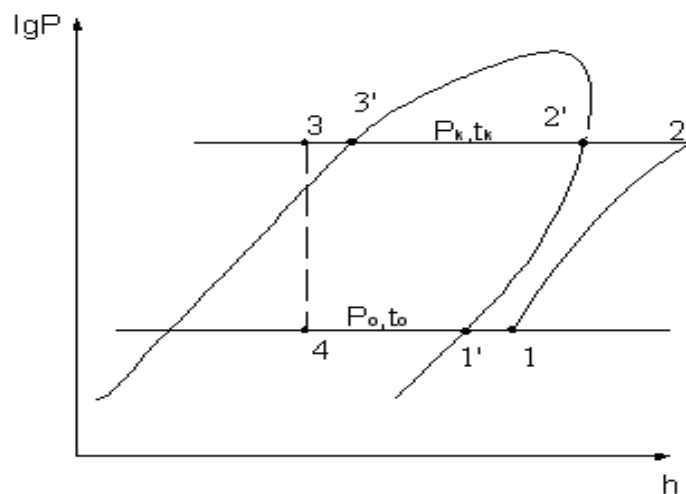
Перегрів в випарнику- $\Delta t_0 = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Визначаємо температуру в точці 1:

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{bc}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (5.4)$$

$$t_1 = 10,5 + 5 = 15,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Побудуємо цикл в $\lg p$ - h діаграмі та визначимо параметри точок процесів.



8.2 Підбираємо чиллер зі спіральним компресором.

Робочий хол. агент: R-407C;

Холодовидатність:

$$Q = 89 \text{ кВт}; \quad (8.5)$$

Температура кипіння фреону: $t_0 = 10,5^\circ\text{C}$;

Температура конденсації фреону: $t_k = 44 \text{ } ^\circ\text{C}$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Будуємо холодильний цикл у lgP-h діаграмі та знімаємо дані з точок циклу, які заносимо в таблицю 8.1

Таблиця 8.1 – Параметри холодильного циклу

	1	2	3	4
P, бар	6,5	18	18	6,5
t, °C	17	56	39	6
h, кДж/кг	430	468	260	260
v, м ³ /кг	0,066	-	-	-

Питома масова холодовидатність:

$$q_0 = 170 \text{ кДж/кг} \quad (8.6)$$

Питома робота компресора:

У даному розрахунку застосовується конденсатор з повітряним охолодженням. Завдання теплового розрахунку полягає у визначенні площі теплопередаючі поверхні апарату і його основних геометричних розмірів.

Теплове навантаження

$$Q_k = Q_0 + N_e, \text{ кВт}, \quad (5.33)$$

де Q_0 - холодопродуктивність, кВт;

N_e - ефективна потужність, кВт.

$$Q_k = 89 + 1,6 = 90,6 \text{ кВт}.$$

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

$$t_{n2} = t_{n1} + \Delta t, \text{ }^\circ\text{C}, \quad (5.34)$$

де t_{n1} – зовнішня температура повітря, °C.

$$t_{n2} = 31 + 6 = 37 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура конденсації

$$t_k = \frac{t_{n1} + t_{n2}}{2} + 10, \text{ }^\circ\text{C}, \quad (5.35)$$

$$t_k = \frac{31 + 37}{2} + 10 = 44 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня логарифмічна різниця температур

$$\theta = \frac{\Delta T_B}{\ln \frac{T_K - T_{B1}}{T_K - T_{B2}}}, K, \quad (5.36)$$

$$\theta = \frac{6}{\ln \frac{317-304}{317-310}} = 9,7 K.$$

Різниця повітря через конденсатор

$$G_B = \frac{Q_K}{c_p \cdot \Delta T_B}, \text{ кг/с}, \quad (5.37)$$

$$G_B = \frac{90,6}{1,006 \cdot 6} = 15 \text{ кг/с},$$

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_B}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.38)$$

де $\rho_B = 1,17 \text{ кг/м}^3$ - щільність повітря при $T_{п1} = 304 \text{ К}$.

$$V_n = \frac{3,23}{1,17} = 2,76 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Живий розріз апарата

$$F_{жс} = \frac{V_n}{\omega}, \text{ м}^2, \quad (5.39)$$

де $\omega = 5 \text{ м/с}$ – принята швидкість повітря

$$F_{жс} = \frac{2,76}{5} = 0,55 \text{ м}^2.$$

Основні розміри, що характеризують поверхню теплообміну:

Зовнішній діаметр труби d_n , м -0,012

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

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

Товщина ребер δ_p , м 0,00015

Крок ребер u , м -0,004

Матеріал труб Мідь

Матеріал ребер -алюміній

Ребра Пластинчасті – суцільні

Розташування труб в пучку – Коридорне

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{ж} = L_1 \cdot (s - d_H) \cdot \left(1 - \frac{\delta_p}{u}\right), \text{ м}^2 \quad (5.40)$$

Звідси загальна довжина труби в одній секції конденсатора

$$L_1 = \frac{F_{ж}}{(s - d_H) \cdot \left(1 - \frac{\delta_p}{u}\right)}, \text{ м}, \quad (5.41)$$

$$L_1 = \frac{0,55}{(0,024 - 0,012) \cdot \left(1 - \frac{0,00015}{0,004}\right)} = 47,62 \text{ м.}$$

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

$$Nu_{ж} = c \cdot Re_{ж}^n \cdot \left(\frac{L}{d_{экв}}\right)^m. \quad (5.42)$$

Тут

$$d_{экв} = \frac{2(s - d_H) \cdot (u - \delta_p)}{(s - d_H) + (u - \delta_p)}, \text{ м}, \quad (5.43)$$

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

Число Рейнольдса

$$Re_{жс} = \frac{\omega \cdot d_{экв}}{\nu}, \quad (5.44)$$

де $\nu = 15,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, при $t=31$

$$Re_{жс} = \frac{5 \cdot 0,00583}{15,9 \cdot 10^{-6}} = 1840,$$

$$\frac{u}{d_H} = \frac{0,004}{0,012} \approx 0,333; \quad (6.42)$$

$$\frac{s}{d_H} = \frac{0,024}{0,012} = 2 \quad (6.43)$$

$$\frac{L}{d_{экв}} \geq 5.$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$L = a \cdot s. \quad (6.44)$$

Коефіцієнти

$$n = 0,45 + 0,0066 \cdot \frac{L}{d_{\text{екв}}}, \quad (6.45)$$

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

$$m = -0,28 + 0,08 \cdot \frac{Re_{\text{ж}}}{1000}, \quad (6.46)$$

$$m = -0,28 + 0,08 \cdot \frac{1840}{1000} = -0,133$$

$$c = A \cdot B, \quad (6.47)$$

$$B = 1,36 - 0,24 \cdot \frac{Re_{\text{ж}}}{1000}, \quad (6.48)$$

$$B = 1,36 - 0,24 \cdot \frac{1840}{1000} = 0,92$$

$$A = f\left(\frac{L}{d_{\text{екв}}}\right), \quad (6.49)$$

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

$$c = 0,201 \cdot 0,92 = 0,18,$$

$$Nu_{\text{жс}} = 0,15 \cdot 1840^{0,582} \cdot (20)^{-0,133} = 8$$

$$\alpha_{\text{вФвн}} = \frac{Nu_{\text{ж}} \cdot \lambda_{\text{в}}}{d_{\text{екв}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (6.50)$$

$$\alpha_{\text{вФвн}} = \frac{8 \cdot 2,63 \cdot 10^{-2}}{0,00583} = 36,09 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

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

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря, приведений до внутрішньої поверхні труби

$$\alpha_{\text{в.пр}} = \alpha_{\text{в}} \cdot \left(\frac{F_{\text{н}}}{F_0} \cdot E + \frac{F'_{\text{тр}}}{F_0} \right) \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{вн}}}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}, \quad (6.51)$$

де $F'_{\text{тр}}$ – поверхня труби між ребрами,

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F'_{\text{тр}} = \pi \cdot d_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\text{п}}}{u}\right), \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (6.52)$$

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

де $F_{\text{п}}$ – поверхня ребер,

$$F_{\text{п}} = 2 \cdot \left(s^2 - \frac{\pi \cdot d_{\text{н}}^2}{4}\right) \frac{1}{u}, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (6.53)$$

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

$F_{\text{н}}$ – зовнішня поверхня орбеної труби,

$$F_{\text{н}} = F'_{\text{тр}} + F_{\text{п}}, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (6.54)$$

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

F_0 – основна поверхня труби,

$$F_0 = \pi \cdot d_{\text{н}}, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (6.55)$$

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

E – ступінь ефективності ребра,

$$E = \frac{\text{th}(m \cdot h')}{m \cdot h'}, \quad (6.56)$$

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha_{\text{в}}}{\delta_{\text{п}} \cdot \lambda_{\text{п}}}}, \text{ 1/м}, \quad (6.57)$$

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

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot 36,09}{0,00015 \cdot 218}} = 47 \text{ м}$$

$$h' = \frac{d_{\text{н}}}{2} (\rho' - 1)(1 + 0,805 \lg \rho'), \text{ м}, \quad (6.58)$$

$$\rho' = 1,28 \frac{s}{d_{\text{н}}} \sqrt{\frac{s_1}{s_2}} - 0,2, \quad (6.59)$$

$$\rho' = 1,28 \frac{0,024}{0,012} \sqrt{1 - 0,2} = 2,29,$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h' = \frac{0,012}{2} (2,29 - 1) (1 + 0,805 \cdot \lg 2,29) = 0,013 \text{ м,}$$

$$E = \frac{\text{th}(47 \cdot 0,013)}{47 \cdot 0,013} = \frac{0,54}{0,61} = 0,89$$

$$\alpha_{в.пр} = 36,09 \left(\frac{0,267}{0,038} \cdot 0,89 + \frac{0,036}{0,038} \right) \cdot \frac{0,012}{0,010} = 312 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К).}$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку робочого тіла

$$\alpha_a = 0,72 \cdot \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g}{\mu \cdot d_{вн} (T_{\kappa} - T_{cm})}} =$$

$$0,72 \cdot \sqrt[4]{\frac{170 \cdot 10^3 \cdot 1064^2 \cdot 0,01769^3 \cdot 9,81}{2,479 \cdot 10^{-4} \cdot 0,012 \cdot (T - T_{cm})}} = \frac{985}{\sqrt[4]{T_{\kappa} - T_{cm}}}$$

, Вт/(м² · К), (6.60)

де r – теплота конденсації, кДж/кг;

ρ – щільність рідини, кг/м³;

μ – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини Па · с.

Питомий тепловий потік в апараті:

з боку робочого тіла

$$q_{aF_{вн}} = 985 \cdot (T_{\kappa} - T_{cm})^{0,75}, \text{ Вт/ м}^2. \quad (6.61)$$

з боку повітря

$$q_{вF_{вн}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{в.пр}} + \frac{F_{вн}}{F_{вн} + F_{н}} \sum \frac{\delta}{\lambda}} (T_{ст} - T_{в}), \text{ Вт/ м}^2, \quad (6.62)$$

де $F_{вн} = \pi \cdot d_{вн} = 3,14 \cdot 0,010 = 0,0314 \text{ м}^2/\text{м}$ – внутрішня поверхня труби;

$\lambda = 385 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопровідності стінки труби (мідь).

$$q_{вF_{вн}} = \frac{1}{\frac{1}{312} + \frac{0,031}{0,031 + 0,267} \cdot \frac{0,001}{385}} (T_{cm} - T_{г}) = 312 (T_{cm} - T_{г}) \text{ Вт/ м}^2$$

$$T_{\kappa} - T_{ст} = (273 + 44) - 310 = 7$$

$$T_{ст} - T_{в} = 310 - (273 + 31) = 6$$

Будуємо графік: $q_{aF_{вн}} = 985 \cdot (T_{\kappa} - T_{cm})^{0,75}, \text{ Вт/ м}^2$

Будуємо графік: $q_{вF_{вн}} = 434 (T_{cm} - T_{г}) \text{ Вт/ м}^2$

Поверхня теплообміну (внутрішня)

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{вн}} = \frac{Q}{q_{F_{\text{вн}}}}, \text{ м}^2, \quad (6.63)$$

$$F_{\text{вн}} = \frac{89 \cdot 10^3}{1872} = 47,54 \text{ м}^2$$

Загальна довжина оребрених труб

$$L = \frac{F_{\text{вн}}}{\pi \cdot d_{\text{вн}}}, \text{ м}, \quad (6.64)$$

$$L_{\text{общ}} = \frac{47,54}{3,14 \cdot 0,01} = 1514 \text{ м}$$

Число секцій

$$a = \frac{L_{\text{общ}}}{L_1}, \quad (6.65)$$

$$a = \frac{1514}{47,62} = 31,8 \approx 32$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$\kappa_{\text{ФВВ}} = \frac{q_{F_{\text{вн}}}}{\theta_{\text{м}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (6.66)$$

$$\kappa_{\text{ФВВ}} = \frac{2604}{9,7} = 268 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

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

$$L_1^1 = \frac{L_{\text{общ}}}{a}, \text{ м}, \quad (6.67)$$

$$L_1^1 = \frac{1514}{32} = 47,3 \text{ м}$$

Живий перетин

$$F_{\text{жс}} = L_1^1 \cdot (s - d_{\text{н}}) \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\text{р}}}{u}\right) \quad (6.68)$$

$$F_{\text{жс}} = 47,3 \cdot (0,024 - 0,012) \cdot \left(1 - \frac{0,00015}{0,004}\right) = 0,546 \text{ м}^2$$

При висоті апарату рівній його ширині число рядів труб по висоті

$$n = \sqrt{\frac{L_1^1}{s}}, \quad (6.69)$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \sqrt{\frac{47,62}{0,024}} = 44,54$$

Тоді висота апарату :

$$H = n \cdot s_1 = 44,54 \cdot 0,024 = 1,069 \text{ м} \quad (6.70)$$

$$l = \frac{L_1}{n} = \frac{47,62}{44,54} = 1,069 \text{ м} \quad (6.71)$$

Температура повітря після конденсатора

$$\Delta T_{\text{в}} = T_{\text{в}2} - T_{\text{в}1} = \frac{Q}{c_p \cdot F_{\text{ж}} \cdot \omega \cdot \rho}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6.72)$$

$$\Delta T_{\text{в}} = \frac{89000}{1,06 \cdot 10^3 \cdot 0,887 \cdot 5 \cdot 1,169} = 16,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

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

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

$$\Delta \rho = A \left(\frac{L}{d_{\text{екв}}} \right) (\omega \cdot \rho)^{1,7}, \text{ Па}, \quad (6.73)$$

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

$$\Delta \rho = 0,007 \cdot (20) \cdot (5 \cdot 1,169)^{1,7} = 2,8 \text{ мм вод.ст} \approx 28 \text{ Па}$$

где $\nu = 16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря.

$$Re_{\text{ж}} = \frac{6 \cdot 0,0056}{16 \cdot 10^{-6}} = 2100.$$

$$\frac{u}{d_{\text{н}}} = \frac{0,004}{0,014} \approx 0,285; \quad \frac{s}{d_{\text{н}}} = \frac{0,028}{0,014} = 2;$$

$$\frac{L}{d_{\text{екв}}} \geq 20.$$

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

$$L = a \cdot s. \quad (6.45)$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнти

$$n = 0,45 + 0,0066 \cdot \frac{L}{d_{\text{ЭКВ}}}, \quad (6.46)$$

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

$$m = -0,28 + 0,08 \cdot \frac{Re_{\text{ж}}}{1000}, \quad (6.47)$$

$$m = -0,28 + 0,08 \cdot \frac{1840}{1000} = -0,133,$$

$$c = A \cdot B, \quad (6.48)$$

$$B = 1,36 - 0,24 \cdot \frac{Re_{\text{ж}}}{1000}, \quad (6.49)$$

$$B = 1,36 - 0,24 \cdot \frac{1840}{1000} = 0,92,$$

$$A = f\left(\frac{L}{d_{\text{ЭКВ}}}\right), \quad (6.50)$$

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

$$c = 0,201 \cdot 0,92 = 0,2,$$

$$Nu_{\text{жс}} = 0,2 \cdot 1840^{0,582} \cdot (20)^{-0,133} = 10,67,$$

$$\alpha_{\text{вФВН}} = \frac{Nu_{\text{ж}} \cdot \lambda_{\text{в}}}{d_{\text{ЭКВ}}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (6.51)$$

$$\alpha_{\text{вФвн}} = \frac{10,67 \cdot 2,67 \cdot 10^{-2}}{0,0056} = 50,87 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Тут $\lambda_{\text{в}} = 2,67 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопровідності повітря.

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря, приведений до внутрішньої поверхні труби

$$\alpha_{\text{в.пр}} = \alpha_{\text{в}} \cdot \left(\frac{F_{\text{н}}}{F_0} \cdot E + \frac{F'_{\text{тр}}}{F_0} \right) \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{вн}}}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}, \quad (6.52)$$

де $F'_{\text{тр}}$ - поверхність труби між ребрами,

$$F'_{\text{тр}} = \pi \cdot d_{\text{н}} \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\text{р}}}{u} \right), \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (6.53)$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F'_{\text{р}} = 3,14 \cdot 0,014 \cdot \left(1 - \frac{0,0005}{0,004}\right) = 0,038465 \text{ м}^2 / \text{м}.$$

$F_{\text{р}}$ – поверхність ребер,

$$F_{\text{р}} = 2 \cdot \left(s^2 - \frac{\pi \cdot d_{\text{н}}^2}{4} \right) \frac{1}{u}, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (6.54)$$

$$F_{\text{р}} = 2 \cdot \left(0,028^2 - \frac{3,14 \cdot 0,014^2}{4} \right) \frac{1}{0,004} = 0,31507 \text{ м}^2 / \text{м}.$$

$F_{\text{н}}$ – Зовнішня поверхність оребреної труби,

$$F_{\text{н}} = F'_{\text{р}} + F_{\text{р}}, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (6.55)$$

$$F_{\text{н}} = 0,038465 + 0,31507 = 0,353535 \text{ м}^2 / \text{м}.$$

F_0 – основна поверхність труби,

$$F_0 = \pi \cdot d_{\text{н}}, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (6.56)$$

$$F_0 = 3,14 \cdot 0,014 = 0,04396 \text{ м}^2 / \text{м}$$

E – степінь ефективності ребра,

$$E = \frac{\text{th}(m \cdot h')}{m \cdot h'}, \quad (6.57)$$

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha_{\text{в}}}{\delta_{\text{р}} \cdot \lambda_{\text{р}}}}, 1 / \text{м}, \quad (6.58)$$

$\lambda_{\text{р}} = 45,4 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопровідності сталі; h' - умовна висота ребра.

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot 50,87}{0,0005 \cdot 45,4}} = 66,951 / \text{м},$$

$$h' = \frac{d_{\text{н}}}{2} (\rho' - 1)(1 + 0,805 \lg \rho'), \text{ м}, \quad (6.59)$$

$$\rho' = 1,28 \frac{s}{d_{\text{н}}} \sqrt{\frac{s_1}{s_2} - 0,2}, \quad (6.60)$$

$$\rho' = 1,28 \frac{0,028}{0,014} \sqrt{1 - 0,2} = 2,29,$$

$$h' = \frac{0,014}{2} (2,29 - 1)(1 + 0,805 \cdot \lg 2,29) = 0,0116 \text{ м},$$

$$E = \frac{\text{th}(0,77662)}{0,77662} = 0,84,$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_{e.пp} = 50.87 \cdot \left(\frac{0,353535}{0,04396} \cdot 0,84 + \frac{0,038465}{0,04396} \right) \cdot \frac{0,014}{0,012} = 453 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку робочого тіла

$$\alpha_a = 0,72 \cdot \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g}{\mu \cdot d_{вн} (T_k - T_{ст})}} = \frac{3952}{\sqrt[4]{T_k - T_{ст}}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}), \quad (6.62)$$

де r - теплота конденсації, кДж / кг;

ρ - щільність рідини, кг / м³;

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості рідини Па · с.

Питомий тепловий потік в апараті
з боку робочого тіла

$$q_{aF_{вF}} = 3952(T_k - T_{ст})^{0,75}, \text{ Вт}/\text{м}^2. \quad (6.63)$$

Зі сторони повітря

$$q_{вF_{вн}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{в.пp}} + \frac{F_{вн}}{F_{вн} + F_n} \sum \frac{\delta}{\lambda}} (T_{ст} - T_b), \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (6.64)$$

де $F_{вн} = \pi \cdot d_{вн} = 3,14 \cdot 0,012 = 0,03768 \text{ м}^2/\text{м}$ – внутрішня поверхність труби;

$\lambda = 385 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – коефіцієнт теплопровідності стінки труби (міді)

$$q_{aF_{вн}} = \frac{1}{\frac{1}{453} + \frac{0,03768}{0,03768 + 0,353535} \cdot \frac{0,001}{385}} (T_{ст} - T_e) = 453(T_{ст} - T_e) \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Знаходимо значення $q_{F_{вн}} = 2718 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Поверхня теплообміну (внутрішня)

$$F_{вн} = \frac{Q}{q_{F_{вн}}}, \text{ м}^2, \quad (6.65)$$

$$F_{вн} = \frac{89 \cdot 10^3}{2718} = 32,74 \text{ м}^2.$$

Загальна довжина оребрених труб

$$L = \frac{F_{вн}}{\pi \cdot d_{вн}}, \text{ м}, \quad (6.66)$$

$$L = \frac{32,74}{0,03768} = 869 \text{ м}.$$

Число секцій

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a = \frac{L_{\text{общ}}}{L_1}, \quad (6.67)$$

$$a = \frac{869}{217,25} \approx 4.$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$\kappa_{\text{ФВВ}} = \frac{Q_{\text{ФВВ}}}{\theta_m}, \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}, \quad (6.68)$$

$$\kappa_{\text{ФВВ}} = \frac{2718}{9,7} = 280 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Основні конструктивні розміри апарата. При числі секцій $a = 4$ довжина труб в одній секції:

$$L_1 = \frac{L_{\text{общ}}}{a}, \text{ м}, \quad (6.69)$$

$$L_1 = \frac{869}{4} = 217,25 \text{ м}.$$

Живий розріз

$$F_{\text{ж}} = 217,25 \cdot (0,028 - 0,014) \cdot \left(1 - \frac{0,0005}{0,004}\right) = 2,66 \text{ м}^2.$$

При висоті апарату рівною його ширині число рядів труб по висоті

$$n = \sqrt{\frac{L_1}{s}}, \quad (6.70)$$

$$n = \sqrt{\frac{217,25}{0,028}} = 88.$$

Температура повітря після конденсатора

$$\Delta T_{\text{в}} = T_{\text{в}2} - T_{\text{в}1} = \frac{Q}{c_p \cdot F_{\text{ж}} \cdot \omega \cdot \rho}, \text{ }^\circ\text{С}, \quad (6.71)$$

$$\Delta T_{\text{в}} = \frac{89000}{1,06 \cdot 10^3 \cdot 2,66 \cdot 5 \cdot 1,169} = 5,4 \text{ }^\circ\text{С}.$$

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

Збільшення живого перерізу апарата має зменшити швидкість повітря або змінити ступінь його нагрівання. Зменшення перепаду температур на $0,16 \text{ }^\circ\text{С}$ в порівнянні з

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

прийнятим практичного значення не має.

Аеродинамічний опір. Опір коридорного пучка труб з пластинчастим орбренням за формулою Гоголін:

$$\Delta P = A \left(\frac{L}{d_{\text{екв}}} \right) (\omega \cdot \rho)^{1,7}, \text{ Па}, \quad (6.72)$$

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

$$\Delta P = 0,007(20)(5 \cdot 1,169)^{1,7} = 2,82 \text{ мм вод. ст.} \approx 28,2 \text{ Па}.$$

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.5.Результати досліджень

ВИСНОВОК

Розглянуті засоби багатозональних систем кондиціонування повітря;
Виявлені особливості багатозональних систем кондиціонування повітря;
Показано переваги двоканальних багатозональних СКП

- можливість індивідуального регулювання температури в окремих приміщеннях;
 - регулювання кількості надходження зовнішнього повітря та незмінність витрати припливного повітря в приміщення;
 - використання стандартних повітророзподільних пристроїв;
 - забезпечення достатнього змішування повітря в приміщенні та створення рівномірного поля температур;
 - відсутність в обслуговуючих приміщеннях теплообмінників, трубопроводів, тепло- та хладоносіїв;
 - можливість вводу системи в експлуатацію частинами по мірі побудови будівлі;

На прикладі показана ефективність двоканальної СКП вища в 1,2 рази

Основною перевагою двоканальної СКВ є широкий діапазон індивідуального регулювання параметрів повітря в кондиціонуємих приміщеннях. У той же час система має більш високу будівельну вартість через необхідність прокладки двох повітропроводів і велику вартість центрального кондиціонера.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ УСТАНОВОК ДЛЯ ОСУШЕННЯ ПОВІТРЯ

Умови що визначають вибір способу осушення повітря

Область можливих початкових параметрів вологого повітря в d, h - діаграмі для проведення процесу осушення на основі сорбції значно ширші, ніж для традиційного механічного способу Рис 2.1. Вона не має обмеження по температурі, як для механічного осушувача ($t_f > 0$ °С, в того, що склався практиці, конденсаційний спосіб осушення використовується до значень температури повітря $8 \div 10$ °С).

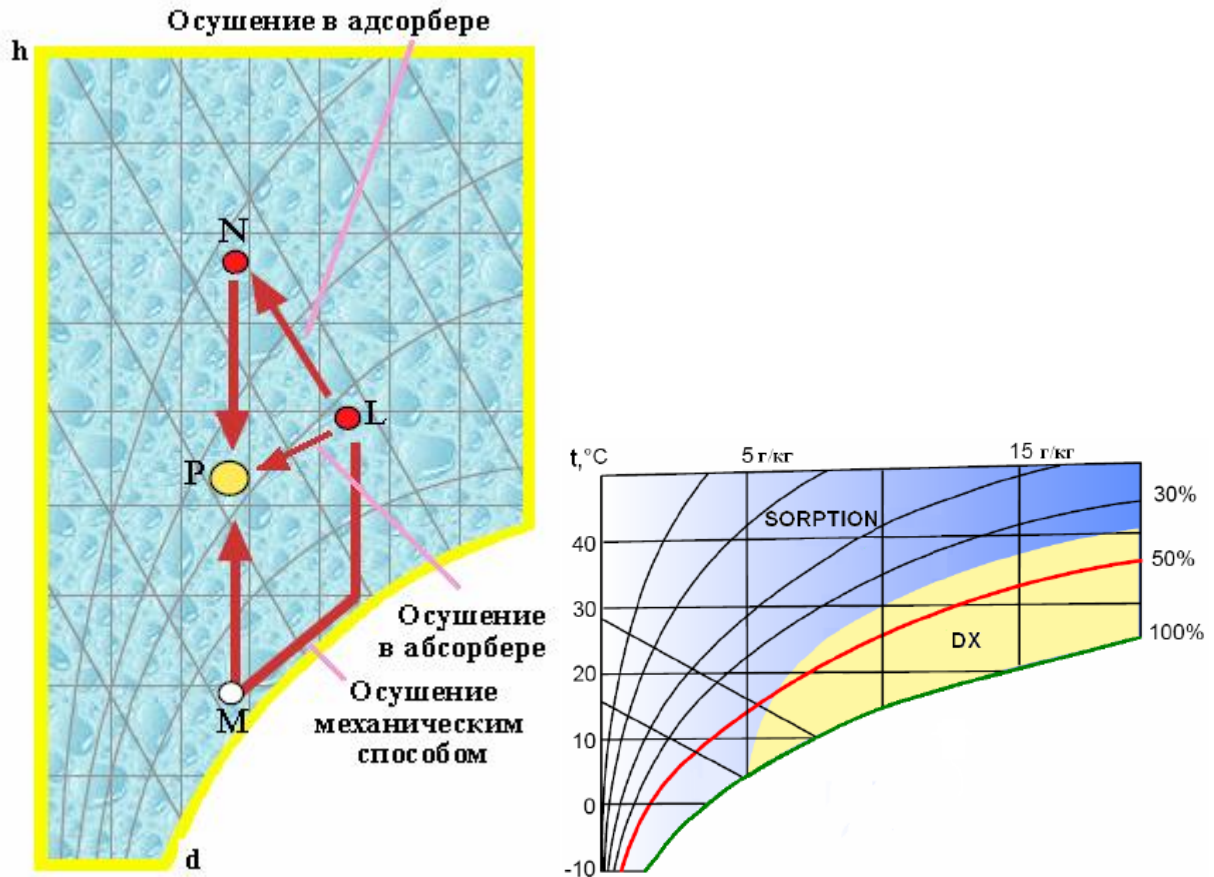


Рис. 2.1 d, h – діаграма: процес осушення повітря (а) і область параметрів, можливих для їх проведення (б). (DX – область роботи конденсаційного методу, SORPTION – область роботи сорбційного методу)

Області переважного використання двох даних принципово різних способів осушення показані на Рис 2.2. При підвищенні температури осушуваного повітря ефективність конденсаційного способу збільшується, а сорбційного зменшується. Кожному значенню відносної вологості ϕ повітря відповідає певне значення температури t^* , при якій дані способи осушення рівно ефективні, наприклад, при $\phi = 30$ $t^* = 28$ 0С.

Точки рівної питомої продуктивності для осушувачів обох типів для однакових значень $\varphi = \text{idem}$ зміщуються із зростанням φ в ділянку нижчих температур : $\varphi = 40 \ t^* = 25 \text{ }^\circ\text{З}$; $\varphi = 50 \rightarrow t^* = 22 \text{ }^\circ\text{З}$; $\varphi = 60 \ t^* = 18 \text{ }^\circ\text{С}$.



Рис. 2.2 Залежність робочих характеристик осушувальних установок від температури при різних значеннях відносній вологості повітря.

На рис.2.2 вісь ординат не має у зв'язку з тим, що в чисельному вираженні ці дані істотно відрізняються для установок різних виробників, проте якісна картина зберігається.

Таким чином, конденсаційний спосіб осушення(DX) переважний при високих значеннях відносної вологості і температури(при $t > t^*$). Слід зауважити, що розмежування областей використання способів осушення на рис.2.2. виконано за даними силікагелієвих роторів, і не може бути поширено на інші сучасні адсорбційні матеріали. Корисність рис.2.2 у виявленні якісних закономірностей. Кількісні оцінки повинні бути схильні корекції в кожному окремому випадку.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

З позицій економічного аналізу що враховує витрати енергії, сорбційні методи осушення повинні застосовуватися(рис.2.3) :

- для досягнення низької вологості повітря($\tau < 10 \text{ }^\circ\text{C}$);
- коли приховане навантаження перевищує 20% загального теплового навантаження приміщення($\text{SHR} < 0.8$);
- при обробці великої витрати повітря, а також у вологому кліматі, коли доля зовнішнього повітря більше 15%.

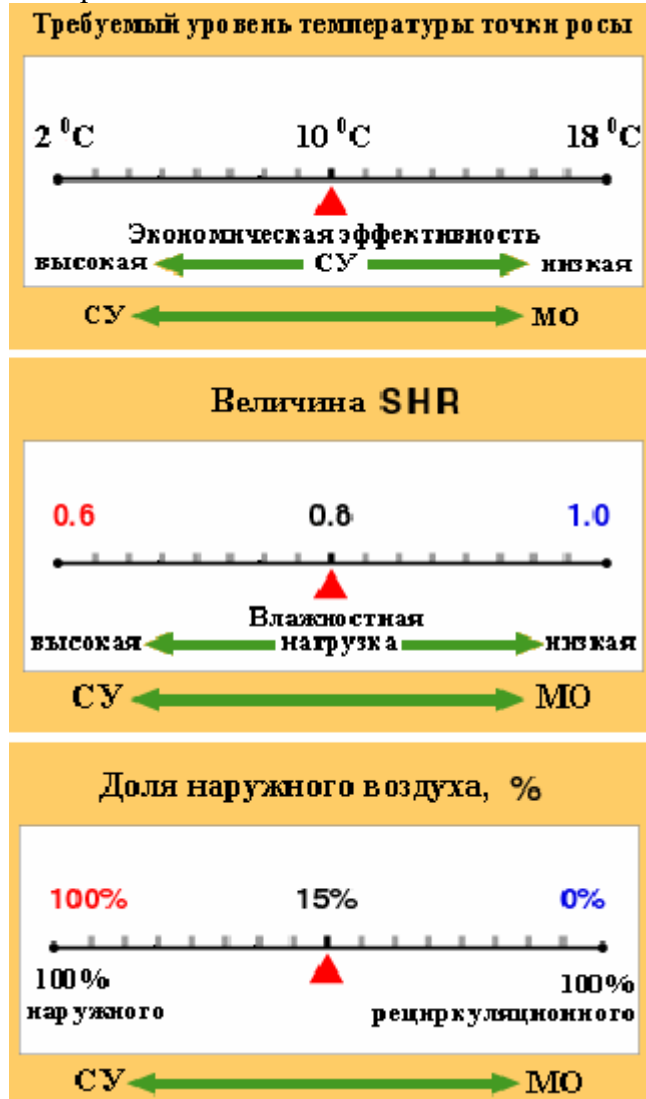


Рис 2.3 До вибору способу осушення: СУ - сорбційні установки; МО - механічний осушувач

Таким чином можна зробити висновок що для осушення повітря у цеху поліграфічного виробництва більш доцільно використання сорбційної установки.

Розділ 2.1 Методика підбору механічного осушувача повітря

Завданням розрахунку може бути визначення характеристики існуючого осушувача або ж проектування нового. Розрахунок в першому випадку має на меті обчислення продуктивності, питомою холодопродуктивністю, осушувача, споживаної потужності і гранично досяжних параметрів повітря, при повному висушуванні приміщення ($\xi=1$). Усі ці величини мають бути отримані у вигляді залежності від визначальних їх параметрів повітря в приміщенні.

У другому випадку мають бути отримані такі ж характеристики, проте тут, при заданому зазвичай холодильному компресорі, необхідно обґрунтовано вибрати умови роботи випарника (питоме теплове навантаження, швидкість повітря і так далі).

Отримання характеристик осушувача робиться методом, звичайним для усіх повітряохолоджуючих агрегатів шляхом поєднання на одній діаграмі залежностей для холодопродуктивності компресора і випарника від визначальної величини (зазвичай температури поверхні). Для кожного випадку шуканий режим знаходитиметься в точці перетину відповідних залежностей. При такій побудові, передусім, потрібна досвідчена залежність холодопродуктивності від температур кипіння і конденсації холодоносія $Q_o = f(t_o, t_k)$ для застосованого в осушувачі компресора. За відсутності такої залежності яка визначається досвідним шляхом доводиться визначати її також розрахунковим шляхом.

Для поєднання характеристик випарника і компресора зручно холодопродуктивність останнього віднести не до температури кипіння t_o , а до температури стінки труби t_τ . Це можна легко зробити за допомогою залежності (2.1).

$$t_\tau = t_o + \frac{Q_o}{F \alpha_a}, ^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

Де: α_a - може прийматися такою, що змінюється залежно від величини q_{Fa} , кДж/м²•год.

Залежність для холодопродуктивності компресора $Q_o = f(t_o, t_k)$ наноситься на розрахункову діаграму.

Під лінією абсцис нанесені дві допоміжні криві для визначення t_o і t_n . Різниця $t_n - t_o$ обчислюється по рівнянню(2.1), а різниця $t_n - t_\tau$ - по рівнянню(2.2).

$$t_n - t_\tau = \frac{Q_o}{F} \cdot \frac{1 - E_n}{\alpha \cdot \xi \cdot E_n}, ^\circ\text{C} \quad (2.2)$$

Холодопродуктивність випарника наноситься на діаграму на підставі залежності(2.5), виведення якої зводиться до наступного:

$$Q_o = \alpha_n \cdot \xi_n \cdot E_n \cdot \theta_n \cdot F = G \cdot c'_p \cdot \xi_n \cdot (t_n - t_x), \text{кДж/год} \quad (2.3)$$

Повторюючи виведення, зроблене для коефіцієнта охолодження повітроохолоджувача і рахуючи $t_\tau \cong \text{const}$, можна отримати цей коефіцієнт в наступному виді:

$$\eta'_{\text{вип}} = 1 - e^{-\frac{\alpha_n \cdot E_n \cdot F}{G \cdot c'_p}} \quad (2.4)$$

Тоді, аналогічно рівнянню $Q = G \cdot \eta \cdot \xi_n \cdot c'_p \cdot (t_{\text{в1}} - t_n)$, кДж/год, можна написати:

$$Q_o = G \cdot c'_p \cdot \xi_n \cdot (t_n - t_n) \cdot \eta'_{\text{вип}}, \text{кДж/год} \quad (2.5)$$

У цьому рівнянні $\eta'_{\text{вип}}$ не є постійною, оскільки $E_n = f(\xi_n)$. Цю залежність потрібно враховувати при обчисленні значень холодопроизводительности Q_o по рівнянню(2.5). Тоді воно виражатиме характеристику випарника, даючи Q_o у вигляді функції від t_τ для різних величин t_n і ξ_n , шукана величина холодопроизводительности, знаходитиметься в точці перетину характеристики випарника і компресора. Проте для її визначення потрібно заздалегідь задатися температурою конденсації t_k , °С.

									Арк.
									78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРМ.ХУіКП 784-03.1.9				

Для того щоб дізнатися як буде оброблятися повітря у камері побудуємо на i-d діаграму для розчину CaCl₂ з урахуванням барометричного тиску для певного регіону. (Прилад розрахунку для поліграфічного цеху у м.Вінниця. $p = 0.969$,бар.)

Розрахунок поводитьься наступним чином:

Ця діаграма виражає графічну залежність основних параметрів повітря(t, φ, d та i) при заданому барометричному тиску. I - d - діаграма побудована в косокутній системі координат. Така система дозволяє розширити на діаграмі область вологого ненасиченого повітря, що робить її зручніше для, графічних, побудові. По осі ординат відкладені значення ентальпії I, кдж/кг сухого повітря, по осі абсцис, спрямованій під кутом 135° до осі I, - значення влагосодержаний d, г/кг сухого повітря.

Розділ 3.6 Розрахунок та порівняння ефективності процесів осушення повітря.

Розрахунок механічного осушувача повітря за матеріалами фірми “DANTHERM”

$$W_{vent} = \rho \cdot V \cdot n \cdot (x_1 - x_2), \text{г вод./год}$$

$$W_{vent} = 1.18 \cdot 6480 \cdot 8.04 \cdot (20.4 - 8.7) = 719281, \text{г вод./год}$$

$$W_{пов} = 719281 + 44140 + 71460 + 43200 = 878081, \text{г вод./год}$$

Для встановлення у військового шпиталю. можна рекомендувати п'ять агрегатів фірми danterm типорозміру XWPS 16/32 для рівномірної подачі повітря наступними з характеристиками:

Осушуюча здатність при 100% підмішуванні свіжого повітря - 165 кг/год

Номинальна витрата повітря – 25500, м³/год

Споживна потужність – 422, кВт

Також для встановлення можна рекомендувати два адсорбційних осушувачів повітря фірми “Munters” серій MDU з наступними характеристиками:

Витрата повітря – 950-57000, м³/год

Осушуюча здатність – 7.5 - 451, кг/год

Споживна потужність – 11-633, кВт

Далі наданні данні отримані при розрахунку продуктивності охолоджуючої установки в залежності від питомої вологості повітря біля поверхні випарника, а також різних температурах повітря на виході з випарника (графік 3.2). Також на (графік 3.3) показана залежність зміни вологості повітря на виході з нагрівача в залежності від температури повітря на вході у нагрівач. Усі розрахунки проведено за допомогою програмного забезпечення АНН (air humid handling).

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

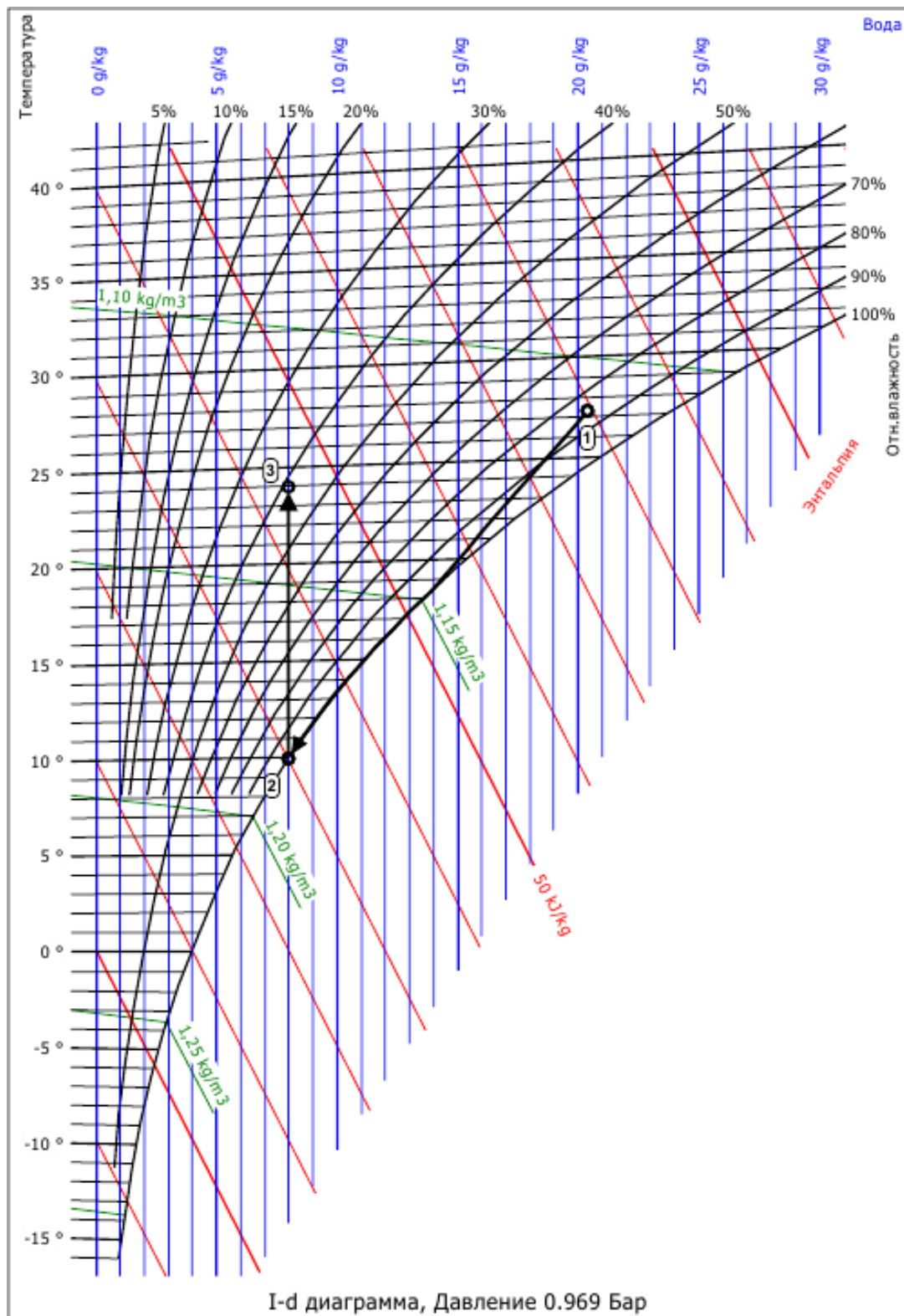


Рис.3.1 Процеси обробки повітря у механічному осушувачі повітря
1-2 охолодження повітря, 2-3 підігрів повітря до встановлених параметрів

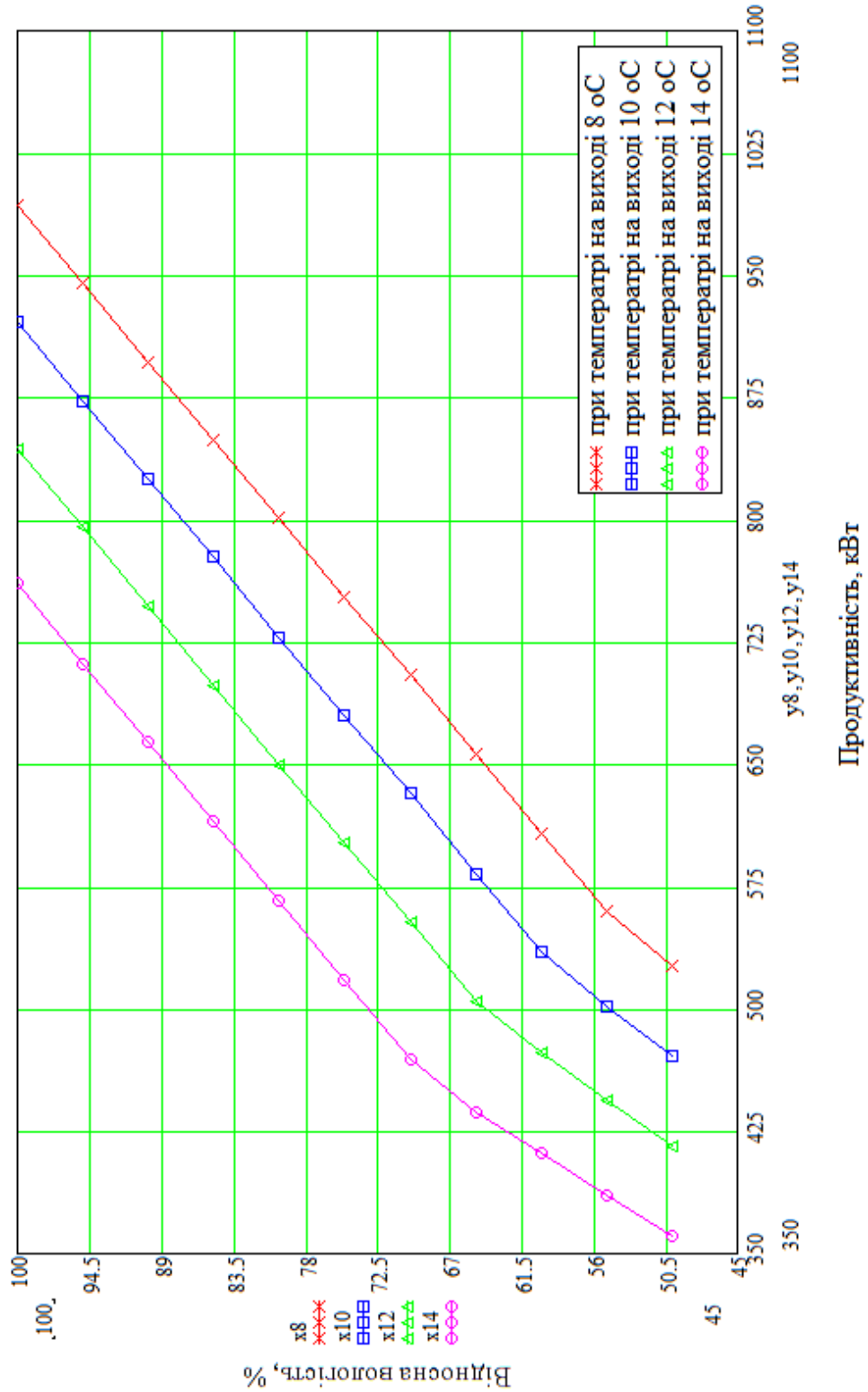
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

KPM.XYiKP 784-03.1.9

Арк.

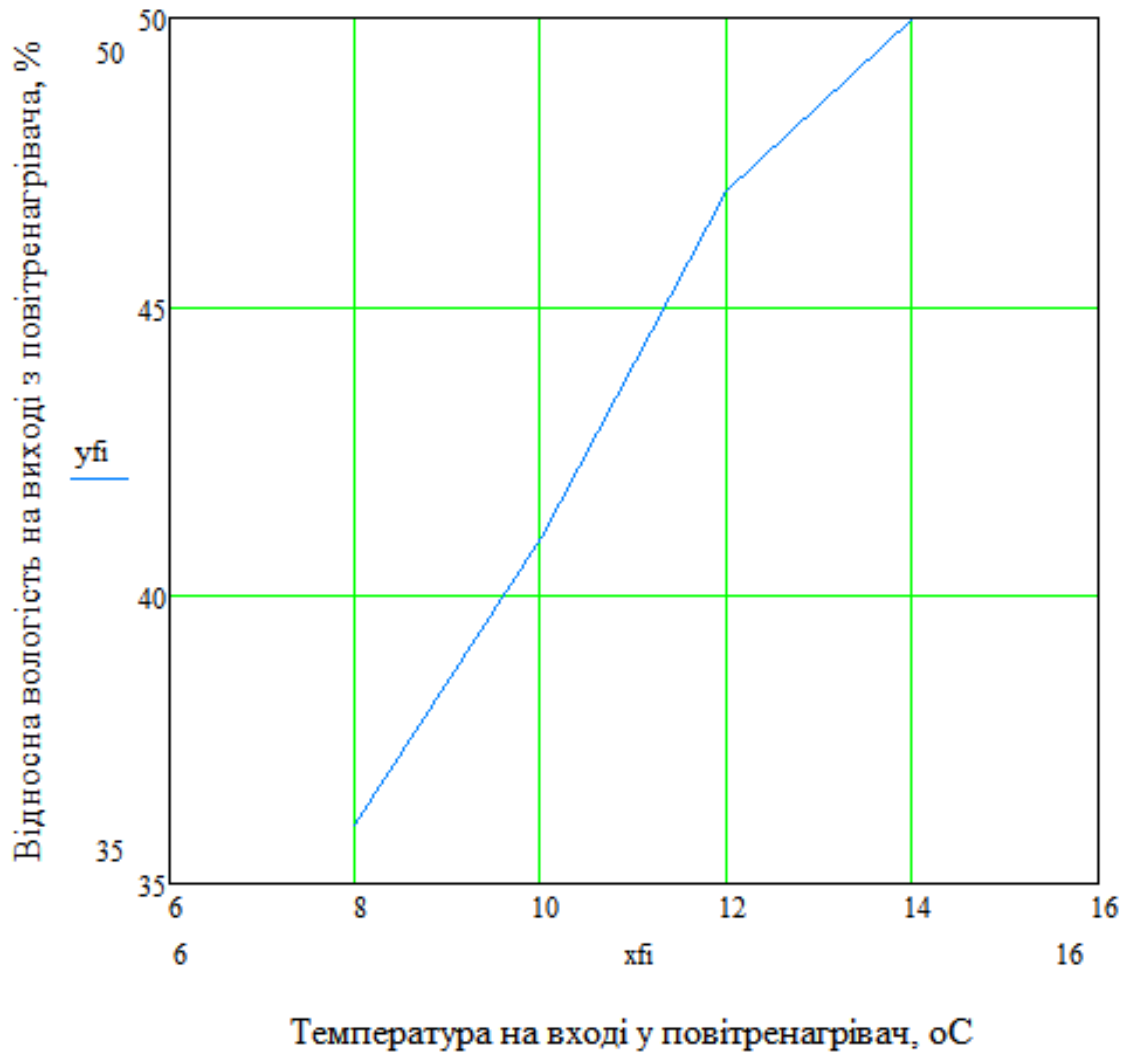
82

Графік 3.2
Залежність продуктивності холодної установки від відносної вологості при постійних значеннях температури повітря на виході з випарника.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Графік 3.3
 Залежність відносної вологості повітря на виході з нагрівача по витраті повітря від температури на вході у нагрівач по витраті



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КРМ.ХУіКП 784-03.1.9

Арк.

84

Розрахунок сольового осушувача повітря (CaCl₂).

При $t = -20, ^\circ\text{C}$, $\varphi = 0, \%$, $d = 0, \text{кг/кг}_{\text{сп}}$

$$I = (1.005 \cdot (-20)) + ((2500 + 1.806 \cdot (-20)) \cdot 10^{-3}) = -20.1, \text{кДж/кг}$$

Усі розрахункові данні вносимо до таблиці 3.5

Таблиця 3.5

Температура повітря, °C	Ентальпія волого повітря, кДж/кг
-20	-17.6
-19	-16.62
-18	-15.623
-17	-14.616
-16	-13.609
-15	-12.602
-14	-11.595
-13	10.588
-12	-9.582
-11	-8.575
-10	-7.568
-9	-6.561
-8	-5.554
-7	4.548
-6	-3.541
-5	-2.534
-4	1.527
-3	-0.52
-2	0.486
-1	1.493
0	2.5
1	3.507
2	4.514
3	5.52
4	6.527
5	7.534
6	8.541

$$P_{\text{г}} = 734, \text{мм.рт.ст.}, P_{\text{п}}^{\text{н}} = 127, \text{Па}, t = -20, ^\circ\text{C}$$

$$d = 0.622 \cdot \frac{1 \cdot 127}{97858 - 1 \cdot 127} = 0.808 \cdot 10^{-3}, \text{кг/кг}_{\text{сп}}$$

Усі данні розрахунку заносимо у таблицю 3.6

Таблиця 3.6

Температура повітря, °C	Парціальний тиск насичених парів, Па	Питома вологість повітря, кг/кг _{сп}
-20	127	8.80•10 ⁻⁴
-19	138	8.784•10 ⁻⁴
-18	150	9.549•10 ⁻⁴
-17	163	1.038 ⁻³
-16	177	1.127 ⁻³
-15	193	1.229 ⁻³
-14	209	1.331 ⁻³
-13	227	1.446 ⁻³
-12	246	1.568 ⁻³
-11	266	1.695 ⁻³
-10	288	1.836 ⁻³
-9	312	1.989 ⁻³
-8	337	2.149 ⁻³
-7	364	2.322 ⁻³
-6	393	2.508 ⁻³
-5	424	2.707 ⁻³
-4	457	2.918 ⁻³
-3	493	3.149 ⁻³
-2	531	3.394 ⁻³
-1	571	3.651 ⁻³
0	614	3.927 ⁻³
1	660	4.224 ⁻³
2	709	4.539 ⁻³
3	761	4.875 ⁻³
4	817	5.237 ⁻³
5	876	5.618 ⁻³
6	939	6.026 ⁻³

Визначаємо ентальпії вологого повітря:

$$t = -20, ^\circ\text{C}, d = 8.80 \cdot 10^{-4}, \text{ кг/кг}_{\text{сп}}$$

$$I = (1.005 \cdot (-20)) + ((2500 + 1.806 \cdot (-20)) \cdot 8.80 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-3}) = -20.1, \text{ кДж/кг}$$

Усі данні розрахунку заносимо у таблицю 3.7

Таблиця 3.7

Температура повітря, °С	Ентальпія волого повітря, кДж/кг
-20	-19.917
-19	-18.912
-18	-17.907
-17	-16.902
-16	-15.897
-15	-14.892
-14	-13.887
-13	-12.882
-12	-11.877
-11	-10.872
-10	-9.867
-9	-8.862
-8	-7.857
-7	-6.852
-6	-5.847
-5	-4.842
-4	-3.837
-3	-2.832
-2	-1.827
-1	-0.822
0	0.183
1	1.188
2	2.193
3	3.198
4	4.203
5	5.208
6	6.213

Після проведення розрахунку та отримання даних для побудови i-d діаграми для розчину CaCl₂, були отримані наступні дані:

Таблиця 3.8 Параметри повітря після проходження через камеру осушення сольовим розчином

Температура повітря і розчину, °С	Вагова концентрація насиченого розчину, %	Рівноважна пружність водяної пари, мм.рт.ст.	Вологість осушеного повітря	
			φ, %	d, г/кг
20	42.5	5.6	32	4.7
25	44.7	6.7	29	5.7
27	46.1	6.8	26	5.8

Порівняння процесів осушення повітря.

Визначимо ефективність механічного осушувача повітря в порівнянні з сольовим осушувачем повітря:

$$\varepsilon = \frac{d_4 - d_6}{d_4 - d_3} \cdot 100\% \quad (3.48)$$

Де: d_4 – питома вологість повітря на вході у приміщення, г/кг_{сп}

d_3 – питома вологість повітря на виході з механічного осушувача повітря, г/кг_{сп}

d_6 – питома вологість повітря на виході з сольового осушувача повітря, г/кг_{сп}

$$\varepsilon = \left(\frac{20.391 - 6.145}{20.391 - 7.984} - 1 \right) \cdot 100\% = 14.82\%$$

Як видно з розрахунку, сольовий осушувач повітря при однакових параметрах зовнішнього повітря може видаляти більше вологи ніж механічний осушувач повітря.

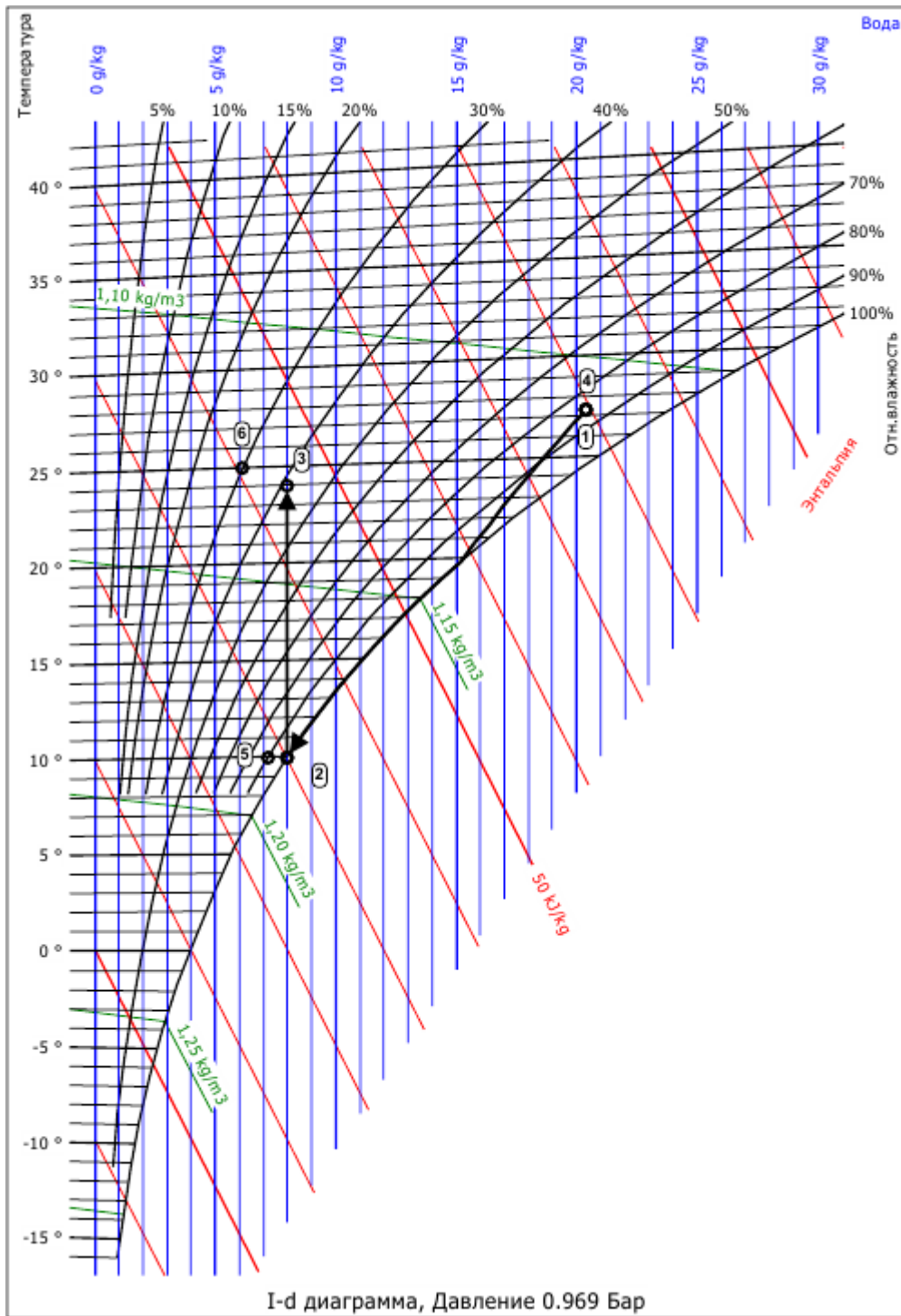


Рис.3.2 Порівняння ефективності механічного та сольового осушувача повітря
 1-2 охолодження повітря, 2-3 підігрів повітря до встановлених параметрів
 4-5 охолодження повітря, 5-6 контакт повітря з розсолем та підігрів у нагрівачі повітря

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРМ.ХУіКП 784-03.1.9

Арк.

89

Висновок до розділу

Маючи вихідні данні для розрахунку процесів осушення повітря для розрахунку було обрано приміщення військового шпиталю. Виходячи з заданих параметрів виробництва та параметрів оточуючого середовища, були розглянуті та обрані нові будівельні та теплоізоляційні матеріали які відповідають державним будівельним нормам.

Було розраховані тепло надходження від сонячної радіації у подовж 24 годин, тепло надходження від оточуючого повітря, враховані тепло надходження від людей в залежності від навантаження та кількості обслуговуючого персоналу, були враховані тепло надходження від обладнання та підігріву паперу після друку. Це у свою чергу дозволяє оптимізувати енергетичні витрати при використанні системи кондиціювання повітря у приміщенні поліграфічного цеху та оптимізувати витрати на обладнання для осушення повітря. Були розглянуті основні процеси обробки повітря у літній та зимовий періоди для оптимізації масових витрат повітря при подальшому розрахунку асиміляційного методу осушення повітря що дозволить зекономити на потужності обладнання яке обробляє повітря.

З рисунку (3.2 Порівняння ефективності процесів осушення повітря) видно, що повітря яке проходить через камеру з сольовим розчином осушується краще ніж при використанні конденсаційного методу осушення. Але зважаючи на усі недоліки при використанні осушувачів з сольовими розчинами більш доцільним буде встановлення механічного осушувача. Також можливе встановлення адсорбційного осушувача повітря оскільки з усіх представлених варіантів це найбільш сучасне рішення. Перевагами такого методу є проста схема монтажу без ускладнень схеми такими елементами як сольовий регенератор чи потужна холодильна установка та періодичне відтавання інею на поверхні випарника, можливість 100% подачі свіжого повітря у приміщення.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОХОРОНА ПРАЦІ

Безпека життєдіяльності - це стан діяльності, при якому з певною вірогідністю виключаються потенційні небезпеки, що впливають на здоров'я людини.

Для забезпечення безпеки конкретною діяльністю мають бути вирішене три завдання.

- 1) Виробити повний детальний аналіз небезпек формованих в діяльності, що вивчається.
- 2) Розробити ефективні заходи захисту людини і місця існування від виявлених небезпек. Під ефективними мається на увазі такі заходи по захисту, які при мінімумі матеріальних витрат, будуть мати максимальний ефект.
- 3) Розробити ефективні заходи захисту від залишкового ризику даної діяльності. Вони необхідні, оскільки забезпечити абсолютну безпеку діяльності не можливо.

Забезпеченням безпеки життєдіяльності людини (робітника, обслуговуючого персоналу) займається «охорона праці».

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

Токсичність робочої речовини

Як робоча речовина в холодильній установці використовується хладагент R410A - азеотропна суміш R32/R125/ (масові долі компонентів відповідно 50/50%). Розроблений як основна заміна R22. При звичайній температурі і тиску це - безбарвний газ.

Даний фреон був розроблений як альтернатива хладагенту R22 по холодавидатності і тиску насиченої пари. Гранично допустима концентрація на робочому місці ПДК = 1000 ppm. Температура самозаймання, 733 °C.

При високій температурі, в результаті розкладання холодильного агента (R-410A вживаного в холодильній машині водоохлаждаючого пристрою), одним з видів хімічно небезпечних і шкідливих речовин утворюється фосген.

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

Температура кипіння $t_{\text{кип}} = +8^{\circ}\text{C}$, ПДК_{сс}=0.003мг/м³, ПДК_{рз}=0.5мг/м³. Погано розчиняється у воді.

Погано розчиняється у воді.

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

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

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

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню проекрованої установки При розміщенні проекрованої установки необхідно забезпечити: зручність монтажу, обслуговування і ремонту установки і її елементів, компактність розташування устаткування, що дозволяє скоротити площу для його установки і протяжність трубопроводів; можливість реконструкції і розширення без тривалої зупинки устаткування; дотримання вимог техніки безпеки і протипожежного захисту.

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

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

Електробезпека

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму. Небезпека електричного струму на відміну від інших небезпек посилюється тим, що людина не в змозі без спеціальних приладів виявити напругу дистанційно, а також швидкоплинність поразки - небезпека виявляється, коли людина вже уражена. Аналіз смертельних нещасних випадків показує, що на долю поразок електричним струмом доводиться на виробництві до 40%, в енергетиці - до 60 %; велика частина поразок (до 80 %) відбувається в електроустановках напругою до 1000 В (110- 380 В).

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

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

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електробезпека устаткування

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

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

- 1) Приміщення без підвищеної небезпеки - без струмопровідного пилю, без великої кількості сповільнених металевих предметів (адміністративні, учбові приміщення і т. д.).
- 2) Приміщення з підвищеною небезпекою - сирі, з $\phi > 75\%$, температурою повітря більше 30°C , з підлогою із струмопровідних матеріалів (цегельні, бетонні) з можливістю дотику до металевих корпусів устаткування і заземлених металоконструкцій (вентилі, камери, камери холодильників і ін.).
- 3) Особливо небезпечні приміщення - особливо сирі, з наявністю хімічно активного середовища і два і більш за ознаки, що характеризують приміщення з підвищеною небезпекою.

Дане приміщення холодильної установки відноситься до першої категорії.

Розрахунок системи штучного заземлення

Розрахункове значення питомого опору ґрунту визначаємо по формулі:

$$\rho_p = \rho_{\phi} \cdot y, \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

Де: ρ_{ϕ} – фактичний питомий опір ґрунту (для чорнозому дорівнює 30, Ом·м);

y - кліматичний коефіцієнт, приймаємо $y = 1.5$

В результаті підстановки числових значень у формулу отримуємо:

$$\rho_p = 30 \cdot 1.5 = 45, \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

У якості електродів вибираємо вертикальні сталеві труби діаметром $d = 0.045$, м.

Вертикальні заземлювачі розташовуємо в ряд.

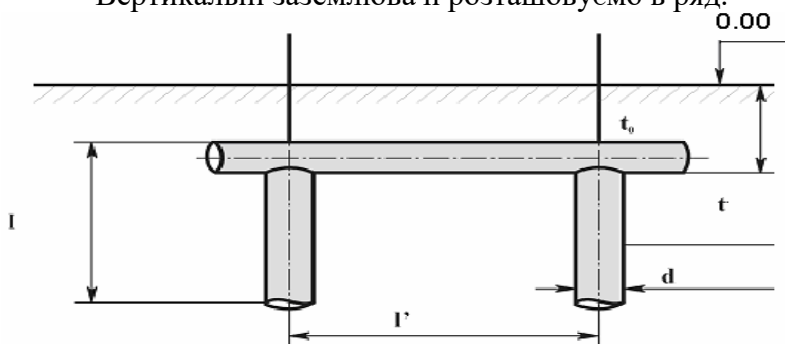


Рис.11 Схема розташування заземлювача

Довжину вертикального заземлювача вибираємо з умови: $l/l' = 2$. Відстань між заземлювачами l' приймаємо рівним 5 м, тоді довжина заземлювача буде рівна:

$$L = l'/2, \text{ м}$$

$$L = \frac{5}{2} = 2.5, \text{ м}$$

Глибину залягання заземлювачів приймаємо рівною $t_0 = 0.5$, тоді:

$$t = \frac{l}{2} + t_0, \text{ м}$$

$$t = \frac{2.5}{2} + 0.5 = 1.75, \text{ м}$$

Опір одного вертикального заземлювача визначимо по формулі:

$$R_0 = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \left(2 \cdot \frac{l}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right) \right)$$

$$R_0 = \frac{45}{2 \cdot 3.14 \cdot 2.5} \cdot \left(\ln \left(2 \cdot \frac{2.5}{0.045} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 1.75 + 2.5}{4 \cdot 1.75 - 2.5} \right) \right) = 14.6, \text{ Ом}$$

Необхідну кількість вертикальних заземлювачів визначаємо по формулі:

									Арк.
									93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

$$n = R_0/R_{тр}, \text{ шт.}$$

Де: R_0 – опір одного вертикального заземлювача, Ом
 $R_{тр}$ – необхідний опір заземлення, який для мереж до 1000,В є рівним 4, Ом.

$$n = \frac{14.6}{4} = 3.65, \text{ шт.}$$

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

Визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_{св} = R_0/(n' \cdot h_{в}), \text{ Ом}$$

Де: $h_{в}$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів який дорівнює 0.83 тоді:

$$R_{св} = \frac{14.6}{4 \cdot 0.83} = 4.4, \text{ Ом}$$

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

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

Опір сполучної смуги знаходимо по формулі:

$$R_{п} = \frac{\rho_{п}}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot h_{в}} \cdot \ln(L^2/(d \cdot t_0)), \text{ Ом}$$
$$R_{п} = \frac{45}{2 \cdot 3.14 \cdot 15 \cdot 0.89} \cdot \ln\left(\frac{15^2}{0.045 \cdot 0.5}\right) = 4.49, \text{ Ом}$$

Опір всієї системи визначається вираженням:

$$R_{с} = \frac{R_{п} \cdot R_{св}}{R_{п} + R_{св}}, \text{ Ом}$$
$$R_{с} = \frac{4.49 \cdot 4.4}{4.49 + 4.4} = 2.33, \text{ Ом}$$

Згідно вимогам, опір захисного заземлення у будь-який час року в установках напругою до 1000 В не повинно перевищувати 4 Ом. Порівнюючи отримане в результаті розрахунку $R_{с}$ з $R_{тр}$, бачимо, що $R_{с} < R_{тр}$, а значить вимога виконана.

Пожежна профілактика

Заходи щодо пожежної профілактики розділяються на організаційні, технічні, режимні і експлуатаційні. Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин, правильний вміст будівель, території, протипожежний інструктаж робітників і службовців, організацію добровільних пожежних дружин.

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

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

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

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

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

Підвищити вогнестійкість будівель і споруд можна облицюванням або обштукатурюванням металевих конструкцій. Велике значення має захист дерев'яних конструкцій, оскільки при нагріві їх поверхні до 270 - 280 °С вони спалахують і продовжують горіти самостійно. Захист від поширення полум'я в установках вентиляторів досягається за допомогою вогнепреградителів, швидкодіючих заслінок, водяних завіс і

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тому подібне. Вогнепреградителі - це установки які перешкоджають поширенню полум'я по каналах систем вентиляції і кондиціонування повітря.

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

Засоби і матеріали, за допомогою яких припиняється горіння, називаються вогнегасящими засобами. Вогнегасники по вигляду вогнегасячих засобів підрозділяють на рідинні, вуглекислотні, хімпінні, повітря - пінні, хладонові, порошкові і комбіновані.

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

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

У торговельному залі ресторану площею 116 м² -дорівнює 2 болона по 5л;

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

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

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

$$n = \frac{S}{S'}, \text{шт}$$
$$n = \frac{116}{12} = 9.7, \text{шт}$$

Приймаємо $n = 10, \text{шт}$

Визначимо витрату води на пожежогасінню для розеток:

$$G = n \cdot 30 \cdot \frac{3600}{1000}, \text{м}^3/\text{ч}$$
$$G = 10 \cdot 30 \cdot \frac{3600}{1000} = 1080, \text{м}^3/\text{ч}$$

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

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

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

Своєчасно потрібно чистити скло світлових отворів, замінювати лампи, що перегоріли, перевіряти рівень освітленості в контрольних точках виробничого приміщення. Захист від шуму і вібрації

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

Розрізняють локальну (місцеву) вібрацію, що передається через руки і загальну вібрацію, що передається через опорні поверхні на тіло людини. Методи захисту від шуму і вібрації підрозділяють на архітектурно-планувальні і організаційно-технічні.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Організаційно-технічні методи захисту передбачають: вживання малошумних машин, вдосконалення технології ремонту і обслуговування машин. Засоби захисту від шуму і вібрації розділяють на наступні види: засоби, що знижують шум в джерелі його виникнення; засоби, що знижують шум на дорозі його поширення; засоби індивідуального захисту. Шум і вібрацію в джерелі його виникнення зменшують, замінюючи ударні процеси ненаголошеними, застосовуючи деталі з не звучних матеріалів, підтримуючи оптимальні зазори у вузлах, покращуючи умови обтікання деталей і вузлів повітряними, газовими і рідинними потоками.

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

Звукоізоляцію забезпечують вживанням ефективних по ізоляції шуму конструкцій обгороджувальних; ущільненням вікон, дверей, отворів і місць проходу комунікацій через конструкції, що захищають; установкою звукоізолюючих кожухів, екранів, обгороджувальних і кабін. Матеріал повинен добре відображати звукові хвилі, перешкоджаючи їх поширенню.

Звукопоглинання передбачає вживання звукопоглинальних облицювань і об'ємних поглиначів звуку.

Віброізоляцію здійснюють, застосовуючи віброізолюючі опори і пружні прокладки, виконуючи конструкційні розриви між джерелом вібрації і будівельними конструкціями.

Як віброізолюючі опори використовують віброізолюючі фундаменти і опори з пружинними, пружинно-гумовими і гумово-металевими амортизаторами.

Вібропоглинання забезпечують нанесенням на віброуючі поверхні обгороджувальних, трубопроводів і воздуховодов матеріалів з великим коефіцієнтом внутрішнього тертя

Глушники застосовують для зниження аеродинамічного шуму систем вентиляції, кондиціонування повітря і повітряного опалювання. Зменшення шуму в глушниках досягається шляхом вживання звукопоглинальних матеріалів. До засобів індивідуального захисту від шуму відносять проти галасливі навушники, вкладиші, шлеми і каски, що дозволяють понизити рівень шуму залежно від його частоти на 5-40 дБ. Для захисту від шуму високого рівня застосовують проти галасливі костюми.

Індивідуальний захист від вібрації забезпечується вживанням рукавиць і рукавичок, вкладишів і прокладок, спеціального взуття, нагрудників, поясів і спеціальних костюмів, виготовлених з упругодемпфирующих матеріалів.

Долікарська допомога.

Перша допомога - це комплекс заходів, направлений на відновлення здоров'я людини, або по можливості збереження його життя, потерпілого в результаті нещасного випадку, травмування, ударів, поразки електричним струмом, переломів і інше.

Перша допомога при поразці електричним струмом.

Перш за все необхідно швидко звільнити людину, що потерпіла від дії струму, і потім негайно приступити до надання першої допомоги.

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

Найбільш простий засіб - відключення відповідної частини електроустановки. Окрім того, при напрузі до 1000 В можна перерізувати або перерубати дроти або відтягнути потерпілого від струмоведучої частини, відкинути від нього дрот і так далі. При напрузі вище 1000 В застосовують ті ж способи, але при цьому обов'язково застосовують діелектричні рукавички, боти. Після звільнення потерпілого від дії струму, йому надають необхідну медичну допомогу тут же на місці.

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

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За відсутності свідомості, але якщо збереглося дихання слід укласти потерпілого на м'яку підстилку, забезпечити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт.

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

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

При попаданні рідкого аміаку на шкіру обережно розтирають обморожену ділянку стерильною ватяною кулькою або марлевою серветкою до почервоніння шкіри. Обморожене місце після цього обтирають спиртом і накладають на нього марлеву пов'язку. В разі утворення на тілі міхурів шкіру розтирати не можна - на обморожену ділянку тіла необхідно також накласти стерильну пов'язку. При попаданні в очі негайно промивають їх струменем води кімнатної температури, а потім пускають в очі декілька крапель 2-4 % - ного розчину борної кислоти.

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

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

Перша допомога при опіках і обмороженні

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

При опіках першого ступеня (почервоніння і припухлість шкіри) на уражене місце накладають примочки із слабого розчину марганцевий - кислого калія, після чого місце опіку забинтовують. При опіках другої (водяні міхури) і третій (глибокі пошкодження і омертвіння тканин) мірі одяг або взуття краще не знімати, а розрізати, зробити перев'язку, як при пораненнях, і направити потерпілого у медпункт. При дуже сильних опіках викликають швидку допомогу; потерпілий повинен лежати непорушно; уражені місця накривають чистим простирадлом.

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

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

Висновок:

Завдяки охороні праці можливо забезпечити безпеку життєдіяльності людини, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Здійснення заходів щодо зниження виробничого травматизму і професійної захворюваності, а також поліпшення умов роботи праці ведуть до професійної активності трудящих, зростанню продуктивності праці і скорочення втрат при виробництві.

Зробивши необхідні розрахунки і визначивши категорію приміщення, можна зробити висновок, що ця споруда підходить для розміщення в ній комплексу поліграфічного виробництва цеху рулонного друку.

ВИСНОВОК

Після виконаної роботи видно що, осушення повітря є невідмінною частиною багатьох технологічних процесів. Виходячи з технологічного процесу або типу виробництва було обрано декілька методів для подальшого розрахунку та порівняння технологічних процесів осушення повітря: адсорбційний метод осушення повітря, осушення повітря сольовими розчинами, асиміляційний метод осушення повітря, комбінований метод (асиміляція-адсорбція).

2. Розроблення енергетичної моделі за допомогою якої можна порівняти ефективність різних процесів осушення повітря та оптимізувати математичний розрахунок таким чином щоб витрати на обладнання та енерговитрати були мінімальними, базується на математичному порівнянні різних процесів осушення повітря.

3. Для досягнення оптимальних параметрів на об'єкті який досліджується необхідно врахувати надходження тепла та вологи які динамічно змінюються у продовж різних періодів року для досягнення балансу між повітрям що видаляється та повітрям що надходить у приміщення. Також необхідно досягти технологічно задану вологість повітря для правильного виконання усіх технологічних процесів на виробництві.

Були розглянуті різні методи обробки повітря для його подальшого осушення та використання у технологічних процесах, в залежності від типу виробництва можна обрати один зі способів осушення повітря виходячи від кінцевих параметрів повітря які необхідно підтримувати у приміщенні. Виходячи з того що для прикладу було обрано цех поліграфічного виробництва можна зробити такий висновок: звертаючи увагу на те що кінцева відносна вологість повітря має параметри нижчі за ті, які можна досягнути аспіраційним методом осушення повітря $\phi < 55\%$, для подальшого розрахунку та підбору можна обрати один з трьох способів осушення повітря (механічний-конденсаційний, адсорбційною установкою або за допомогою сольових розчинів).

Маючи вихідні данні для розрахунку процесів осушення повітря для розрахунку було обрано приміщення цеху поліграфічного виробництва, рулонного друку. Виходячи з заданих параметрів виробництва та параметрів оточуючого середовища, були розглянуті та обрані нові будівельні та теплоізоляційні матеріали які відповідають державним будівельним нормам.

Було розраховані тепло надходження від сонячної радіації у подовж 24 годин, тепло надходження від оточуючого повітря, враховані тепло надходження від людей в залежності від навантаження та кількості обслуговуючого персоналу, були враховані тепло надходження від обладнання та підігріву паперу після друку. Це у свою чергу дозволяє оптимізувати енергетичні витрати при використанні системи кондиціонування повітря у приміщенні поліграфічного цеху та оптимізувати витрати на обладнання для осушення повітря. Були розглянуті основні процеси обробки повітря у літній та зимовий періоди для оптимізації масових витрат повітря при подальшому розрахунку асиміляційного методу осушення повітря що дозволить зекономити на потужності обладнання яке обробляє повітря.

Також з розрахунку i-d діаграми для CaCl_2 видно, що зі зниженням криоскопічної температури розчину збільшується напруга над поверхнею розчину що у свою чергу зменшує відносну вологість повітря. Видно що кожній концентрації розчину відповідає

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

своя кріоскопічна температура якщо концентрація нижча за евтектичну. Побудова діаграми була зроблена за допомогою матеріалів Розенфельда, А. Г. Ткачева "Холодильные машины и аппараты".

З рисунку (3.2 Порівняння ефективності процесів осушення повітря) видно, що повітря яке проходить через камеру з сольовим розчином осушується краще ніж при використанні конденсаційного методу осушення. Але зважаючи на усі недоліки при використанні осушувачів з сольовими розчинами більш доцільним буде встановлення механічного осушувача. Також можливе встановлення адсорбційного осушувача повітря оскільки з усіх представлених варіантів це найбільш сучасне рішення. Перевагами такого методу є проста схема монтажу без ускладнень схеми такими елементами як сольовий регенератор чи потужна холодильна установка та періодичне відтавання інею на поверхні випарника, можливість 100% подачі свіжого повітря у приміщення.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Державні будівельні норми України: Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення: ДБН В.2.2.-9-99. Вид. офіц. – К.: Держбуд України, 1999. – 94 с.
2. Державні будівельні норми України: Будинки і споруди цивільної оборони: ДБН В.2.2.-5-97. – Вид. офіц. – К.: Держкоммістобудування України, 1998. – 161 с.
3. Державні будівельні норми України: Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів: ДБН В.2.2.-4-97. – Вид. офіц. – К.: Держкоммістобудування України, 1998. – 49 с.
4. Жихарева Н.В. Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестационарних умовах. Монографія // Жихарева Н.В. /Одеса, ТЕС. 2022- 264 с.
5. Zhang Q. Development of typical year weather data for Chinese locations. [Tekst] // Q.Zhang, J.Huang, S. Lang / ASHRAE Transactions: Symposia, 2002, vol. 108.
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 [Tekst] / V Kogut. V.Bushmanov, N. Zhykharieva//AIP

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(2020); <https://doi.org/10.1063/5.0026819>

7. Жихарєва Н.В. Моделювання та оптимізація систем кондиціонування повітря. Навчальний посібник.-: О: ТЭС, 2016.- 170 с + додатки с.
8. Джеджула, В. В. Д 40 Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с. ISBN 978-966-641-830-5 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2021/Dzhedzhula_2021_71.pdf
9. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
10. Жихарєва Н.В. Математичні аспекти термoeкономiчного аналізу холодильної установки плодоовочесховища. [Текст] / Н.В. Жихарєва. // Холодильна техніка і технологія. 2014. № 2 (148). С. 11–15. .
11. Жихарєва Н.В. Підвищення ефективності активного Кондиціонування при зберіганні плодоовочевої продукції [Текст] / Н.В. Жихарєва., М.Г. Хмельнюк, В.І. // Наукові праці ОНАХТ – 2014. – Випуск 45. Том 1. с С. 116 –120. .
12. Когут В.Е. Применение теплообменника-эжектора в установках промышленного охлаждения воздуха [Текст] / В.Е Когут., Е.Ю Бутовский., Хмельнюк М.Г., Н.В Жихарєва. // Холодильна техніка і технологія. 2015. № 1. С. 21–25.
13. Креслинь А.Я. Оптимізація енергопотребления системами кондиционирования воздуха [Текст] / А.Я. Креслинь. // - Рига: РПИ - 1982. – 155 с.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						00
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Жихарєва, Н.В. Оптимізація режиму роботи холодильної установки плодоовочесховищ. / Н.В. Жихарєва, М.Г.Хмельнюк // Холодильна техніка і технологія. – Одеса:ОДАХ. – 2012. – №5. - с.16-20.
15. Хімичева Г.І., Дзюба О.О. Оцінювання укриттів та бомбосховищ за показниками безпеки та комфортності. Наука. Інновації. Якість: [матеріали національного науково-практичного форуму, Харків 09-10 серпня 2022 року] за заг. ред. к.т.н., доц. Г. С. Грінченко. Українська інженерно-педагогічна академія. Харків: УПА, 2022. – С. 56-59. 2. Лещинський О. Л., Іщенко А. О. Використання нейромереж ЖУРНАЛ НАУКОВИЙ ОГЛЯД № 3(88), 2023 у процесі інтелектуального (кластерного) аналізу даних. Економіка і суспільство. 2017. № 11. С. 578-581. ISSN (Online): 2313-2165 3. Липінський І.С. Хижняк Т.А. Web-технології в електротехнічних системах регулювання параметрів мікроклімату/ Електроніка та зв'язок : науково-технічний журнал. 2016. Т. 21, № 5(94). С. 83–87. ISSN 1811-4512
16. Автоматизований моніторинг та керування мікрокліматом виробничого приміщення складання прецизійних приладів / Антонюк В.С., Мережаний Ю.Г., Пономаренко А.І. // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. Харьков: НТУ "ХПИ", 2011. Вып. 80. с. 3-14.
17. ДСТУ ISO 14644-1:2009 Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря (ISO 14644-1:1999, IDT)
- 18.. Купін А. І., Музика І. О., Кузнецов Д. І. Структура експертної системи інтелектуального регулювання мікроклімату житлових приміщень. Науковий журнал «Радіоелектроніка, інформатика, управління». Запорізький національний технічний університет, №1(40) Н 2017 с. 170-177 ЖУРНАЛ НАУКОВИЙ ОГЛЯД № 3(88), 2023

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						01
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Мокін Б. І. Математичні методи ідентифікації електромеханічних процесів / Б. І. Мокін, В. Б. Мокін. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 99 с. 11. Шмельов Ю.М., Волканін Є.Є., Заливча І.В., Гаврилюк Ю.М. Автоматизація опалення житлових приміщень з метою зниження енерговитрат. Вісник Херсонського національного технічного університету. №1(68). Херсон. 2019 с. 58-64 12. ISO 7730:2005 (2005). Ergonomics of the thermal environment —Analytical
20. PN – 83/B – 03430. Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania. (Dz. Norm. i Miar nr 5/1983, poz. 8). Wydanie 2. Wydawnictwo Normalizacyjne „ALFA”, 1987. - 4 с.
21. PN – 87/B – 03433. Wentylacja. Instalacje wentylacji mechanicznej wywiewnej w budynkach mieszkalnych wielorodzinnych. Wymagania. (Dz. Norm. i Miar nr 2/1988, poz. 3). - Wydawnictwo Normalizacyjne „ALFA”, 1988. - 3 с.
22. Klippe J.: Zeitschrift für Sanitär-Heizung-Klima (IKZ) nr 3/80, s. 4.
23. Oetjen H.: Kälte und Klimatechnik (KKT) nr 4/80, s.146-149.
24. Wimböck G.: Technik am bau (TaB) nr 2/82, s. 133-134.
25. Kittler H.: KKT nr 9/84, s. 406.
26. Tauschenbuch für Heizung und Klimatechnik 92/93. R. Oldenbourg Verlag GmbH. – München.
27. VDI 3802 (8.12.79): RLT – Anlagen für Fertigungswerkstätten.
28. Keppler P.: Ges. – Inq. Nr 6/81, s.281-286, 327-329.
29. FTA – Fachbericht 3, 1980, Resch-Verlag, Gräffelfing/ München.
30. VDI – Bericht. 435. Tagung München 1982, VDI – Verlag, Düsseldorf.
31. Flaiq K.: VVII Int. Kongreß TGA. Berlin nr 10/88, s.44 u.a.
32. FTA – Bericht 3: Wärmerückgewinnung bei Be- und Entlüftung in Industriehallen 1980, Resch Verlag. München.
33. VDI – Bericht 435, Tagung München, 1982.

					KPM.XYiKP 784-03.1.9	Арк.
						02
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 34.Schöfer E. TaB nr 9/78, s.751-755.
- 35.Ossadnik H. VDI Bericht nr 425 (1981), s.39-46.
- 36.Bach H., Dittes W.: HLN nr 8/86, s.411-418.
- 37.Lorenz W.: Ges.-Ing. nr 6/85, s.259-273.
- 38.Жуковський С.С. Кінаш О.В. Особливості енергоощадного вентиляювання помешкань з щільними вікнами. Вісник НУ „Львівська політехніка” „Теорія і практика будівництва” № 496. –Львів: Видавництво НУ „ЛП”, 2005.
- 39.Лівчак І., Мелік-Аракемян Т. Особливості вентиляції висотних житлових будинків. /Ринок інсталяцій № 7-8/ 2004, с.11-14.
- 40.Жуковський С.С. Температурна ефективність загальнообмінної вентиляції /Ринок інсталяцій №7/ 2003, с. 6-8.
- 41.Жуковський С.С. Ефективність загальнообмінної вентиляції щодо переміщення шкідливих речовин поза межі приміщення. /Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва» №495. – Львів: Вид-во НУ „ЛП”, 2004. с.72-78.

					КРМ.ХУіКП 784-03.1.9	Арк.
						03
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		