

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЖЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М.ПОТЕБНИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ
СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота
другий магістерський
(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз шляхів зниження енерговикористання
промислової будівлі в південних регіонах України

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1442

спеціальності 144 Теплоенергетика
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Теплоенергетика
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

Пожусь Андрій Володимирович
(ім'я та прізвище)

Керівник к.т.н., доцент Барішенко О. М.
(посада, ім'я та прізвище, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент проф., д.т.н. Пазюк М.Ю.
(посада, ім'я та прізвище, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра __ електричної інженерії та кіберфізичних систем _____

Рівень вищої освіти магістерський

Спеціальність _____ 144 Теплоенергетика

Освітня програма _____ Теплоенергетика

Спеціалізація _____

(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Пожуєв Андрій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Аналіз шляхів зниження енерговикористання промислової будівлі в південних регіонах України

керівник роботи Барішенко Олена Миколаївна, доцент кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем, кандидат техн. наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року № 639-с

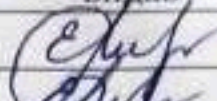
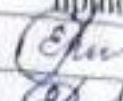
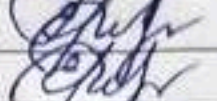
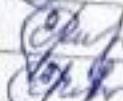


2 Строк подання студентом роботи: 01 грудня 2023 р.

3 Вихідні дані до роботи м. Миколаїв, Миколаївська область. Будівельні характеристики будівлі, теплофізичні характеристики матеріалів конструкцій, які огороджують.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Загальна інформація про об'єкт дослідження. Розрахунок теплопостачання. Вибір системи вентиляції. Розрахунок теплової схеми для одного газового котла. Контрольно-вимірювальні прилади і автоматика. Охорона праці.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Слайди презентації.

6 Консультанти розділів роботи

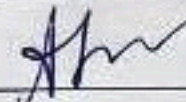
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 | Барішенко О.М. |  |  |
| 2 | Барішенко О.М. |  |  |
| 3 | Барішенко О.М. |  |  |

7 Дата видачі завдання 01 червня 2023 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

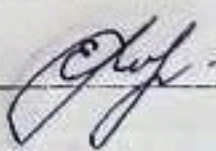
| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Прям. |
|-------|--|-------------------------------|-------|
| 1 | Характеристика об'єкту дослідження | | |
| 2 | Теплонадходження та втрати теплоти приміщенням | | |
| 3 | Розрахунок теплопостачання | | |
| 4 | Вибір системи вентиляції | | |
| 5 | Розрахунок теплової схеми | | |
| 6 | Охорона праці та виробнича санітарія | | |

Студент



А.В. Пожуєв

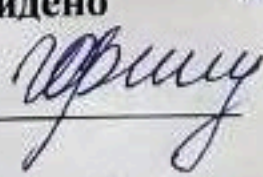
Керівник роботи (проекту)



О.М. Барішенко

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер



І.А. Овчиннікова

АНОТАЦІЯ

Пожуєв А.В. Аналіз шляхів зниження енерговикористання промислової будівлі в південних регіонах України.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, науковий керівник к.т.н., доцент Барішенко О.М. Запорізький національний університет. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

В роботі розглянуто питання зниження енерговикористання промислової будівлі.

Ключові слова: промислова будівля, втрата теплоти, теплонадходження, системи вентиляції та вентиляційне обладнання, техніка безпеки та охорона праці.

ABSTRACT

Pozhuyev A.V. Analysis of ways to reduce energy use of industrial buildings in the southern regions of Ukraine

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 144 – Thermal power engineering, scientific director Ph.D., associate professor Barishenko O.M. Zaporizhzhya National University. Department of Electrical Engineering and Cyber-Physical Systems, 2023.

The paper considers the issues of reducing the energy consumption of an industrial building.

Key words: industrial building, heat loss, heat gain, ventilation systems and ventilation equipment, safety precautions and labor protection.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 7 |
| 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ..... | 10 |
| 1.1. Характеристика міста | 10 |
| 1.2 Характеристика підприємства. | 12 |
| 1.3 Централізовані системи теплопостачання..... | 14 |
| 1.4 Децентралізовані системи теплопостачання..... | 19 |
| 1.5 Вихідні дані та характеристика об'єкта..... | 22 |
| 1.5.1 Збірний цех | 22 |
| 1.5.2 Заготівельне відділення | 22 |
| 1.5.3 Ремонтно-будівельне відділення | 23 |
| 1.5.4 Ділянка фарбування | 24 |
| 1.6. Розрахункові параметри повітря | 24 |
| 1.7 Втрати теплоти приміщенням..... | 25 |
| 1.7.1 Тепловтрати через огорожуючі конструкції | 25 |
| 1.7.2 Втрати теплоти на нагрів інфільтраційного повітря | 26 |
| 1.8 Теплонадходження в приміщення | 27 |
| 1.8.1 Теплонадходження від людей..... | 27 |
| 1.8.2 Теплонадходження від штучного освітлення | 29 |
| 1.8.3 Теплонадходження через вікна за рахунок сонячної радіації . | 30 |
| 1.8.4 Теплонадходження через покриття..... | 31 |
| 2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ | 32 |
| 2.1 Теплонадходження від опалювальних приладів..... | 32 |
| 2.2 Надходження вологи від людей..... | 34 |
| 2.3 Надходження шкідливих речовин від людей..... | 34 |
| 2.4 Виділення шкідливостей на ділянці фарбування | 34 |
| 2.5 Вибір системи вентиляції | 35 |
| 2.6 Розрахунок витяжного зонта..... | 35 |
| 2.7 Розрахунок повітрообмінів загальнообмінної вентиляції | 37 |
| 2.8 Розрахунок повітророзподільовачів..... | 40 |
| 2.9 Аеродинамічний розрахунок повітропроводів | 42 |
| 2.9.1 Аеродинамічний розрахунок припливної системи П-1 | 42 |
| 2.9.2 Розрахунок системи аспірації В-2 | 44 |
| 2.10 Розрахунок повітряної завіси..... | 46 |
| 2.11 Вибір та розрахунок вентиляційного обладнання | 48 |
| 2.11.1 Фільтри для очистки від пилу припливного повітря | 48 |
| 2.11.2. Підбір та розрахунок калориферів | 49 |
| 2.11.3. Підбір вентилятора системи П-1 | 50 |
| 2.12 Розрахунок об'ємів та ентальпій продуктів згорання | 51 |
| 2.13 Розрахунок теплової схеми для одного газового котла Buderus Logano S825L-2500..... | 56 |

| | |
|--|----|
| 3. КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ І АВТОМАТИКА | 62 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ | 68 |
| 4.1 Характеристика небезпечних та шкідливих виробничих факторів виробництва | 68 |
| 4.1.1. Надмірний тиск. | 69 |
| 4.1.2 Підвищений рівень пожаро- і вибухонебезпеки. | 70 |
| 4.1.3 Підвищена температура..... | 70 |
| 4.2 Заходи з поліпшення умов праці. | 70 |
| 4.2.1. Методи захисту від шуму..... | 71 |
| 4.2.2 Температурні умови виробничих приміщень. | 71 |
| 4.2.3 Освітлення робочого міста..... | 72 |
| 4.3 Виробнича санітарія..... | 73 |
| 4.3.1 Санітарно-побутові приміщення підприємств..... | 74 |
| 4.3.2 Шкідливі та небезпечні виробничі чинники. | 74 |
| 4.4 Електробезпека..... | 75 |
| 4.4.1 Протипожежна безпека..... | 77 |
| 4.4.2 Засоби індивідуального захисту | 79 |
| 4.5 Розрахунок і вибір дефлектора | 80 |
| ВИСНОВКИ..... | 82 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ..... | 83 |

ВСТУП

Актуальність роботи. Питання, пов'язане з енергоефективністю, було і залишається одним з пріоритетних напрямів економіки України. Потреба реалізації програм енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності будівель обумовлена високими витратами та постійним зростанням тарифів на енергоресурси.

Високий знос об'єктів цивільного будівництва, слабка поінформованість населення про реальні можливості та вплив енергозбереження, відсутність реальних стимулів у керівників організацій, пов'язаних з обслуговуванням об'єктів, що розглядаються, до підвищення енергетичної ефективності – фактори, що свідчать про реальні перепони запровадження програм енергозбереження.

Енергоаудит дозволяє отримати дані про існуючий стан об'єкта для розробки комплексу заходів щодо підвищення енергоефективності та оцінки потенціалу енергозбереження, а також дає можливість виявити причини енерговитрат і, зрештою, знизити витрати на енергетичні ресурси.

Будівлі споживають третину енергії, яка виробляється на планеті. Тепло та електрика – це основні енергетичні послуги, які нам потрібні у будинках. Через непотрібні відходи та неефективне використання енергії ми оплачуємо її надмірні поставки.

Надмірне споживання енергії призводить до надмірного виробництва енергії в основному за рахунок спалювання викопного палива. Це призводить до збільшення викидів вуглекислого газу та забруднюючих речовин в атмосферу, посилення парникового ефекту та зміни клімату.

Втрати енергії у будинках можуть становити до 70%. Ці втрати можуть бути зменшені власниками чи керуючими компаніями.

Здебільшого це втрати тепла. Втрати електроенергії через неефективних приладів та їх неефективного використання можуть сягати 30–40% споживання електроенергії. Матеріали демонструють технічні можливості зниження енергоспоживання за рахунок застосування заходів щодо підвищення енергоефективності у промислових будівлях в південних регіонах України [2].

Близько третини енергії на планеті споживається у будинках. Знижуючи енергоспоживання, заходи щодо підвищення енергоефективності скорочують фінансові витрати на енергію без зниження рівня комфорту в будинках, а також знижують негативний вплив енергетичного сектора на довкілля та клімат. Ці заходи застосовуються як у житлових та громадських будівлях, так і в офісах та побутових приміщеннях промислових будівель.

Енергія надходить у будинки різними способами. Наприклад, у житловому будинку: з опаленням до 70% (у опалювальний сезон); гаряча вода (якщо вона подається ззовні або для енергії, що витрачається на її нагрівання, близько 12%); з газом або електрикою, що використовується для приготування їжі (біля 7%); з електрикою, споживаним освітленням та іншими електричними приладами в будинку, за винятком електричних плит (близько 5% і більше третини цього припадає на холодильник); із сонячною радіацією (вона нагріває зовнішні стіни та внутрішній простір, якщо проходить через вікна, приблизно на 5%); з людьми, які перебувають у будинку (кожна людина еквівалентна опалювальному пристрої близько 100 Вт, близько 5%). Не вся енергія ефективно використовується за призначенням [9].

Наприклад, лампи розжарювання перетворюють на світло лише менше 5% енергії, а решта - на тепло. Спека залишає будинок даремно, через стіни, підлогу та дах, з теплими стічними водами та вентиляцією. Всі ці втрати можна зменшити та використати.

Щоб вирішити, як зменшити втрати енергії, потрібно спочатку знайти шляхи втрат, провести енергоаудит - або за допомогою запрошених експертів або самостійно. Деякі причини втрат видно неозброєним оком. Наприклад, холодна внутрішня поверхня стіни взимку показує без будь-якого аудиту, що стіна погано ізольована або вона має «містки холоду».

Метою дипломної роботи є розробка сучасної та ефективної системи опалення та вентиляції меблевої фабрики.

Об'єктом дослідження є промислова будівля в південних регіонах України.

Предметом дослідження є процеси створення енергоефективної промислової будівлі, шляхом аналізу теплопостачання та тепловтрат.

Методи дослідження. Застосовано розрахунковий метод з використанням стандартних методик.

Особистий внесок. Наукові результати, які викладено в дипломній роботі, отримані особисто автором.

Об'єм та структура роботи. Дипломна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку літератури із 25 джерел. Загальний об'єм роботи становить 84 сторінки, 8 таблиць.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1. Характеристика міста

Миколаїв – місто на півдні України, що мальовничо розташувалося на півострові, що омивається річками Південний Буг та Інгул. За часів Російської імперії та Радянського Союзу був важливим центром суднобудування та флоту на Чорному морі. Сьогодні Миколаїв приваблює своїми можливостями для найрізноманітнішого відпочинку та розваг. В його околицях зосереджено безліч санаторіїв та пансіонатів, створені найкрасивіші ландшафтні парки та унікальні заповідники.

Як і Одеса, і Херсон, Миколаїв – досить молоде місто. Своєю появою він завдячує російському князю Григорію Потьомкіну, за чиїм указом у 1788 році в гирлі річки Інгул було закладено суднобудівну верф, навколо якої згодом і виникло місто. Назву він отримав на згадку про переможний штурм російськими військами турецької фортеці Очаків, що стався у день святого Миколая – покровителя всіх моряків.

Незважаючи на те, що Миколаїв грав роль важливого суднобудівного центру та служив місцем дислокації штабу Чорноморського флоту, він тривалий час залишався закритим містом. Вся справа в тому, що більшість його підприємств належали до військово-промислового комплексу. Для вільного відвідування Миколаїв став доступним лише 1862 року, коли його морські ворота відкрилися для зарубіжних суден. Тоді ж місто перетворилося на великий торговий порт і стало найбільшим промисловим центром на півдні України. У ХХ столітті, відновившись після Другої світової війни, Миколаїв продовжував утримувати статус одного з найважливіших центрів суднобудування СРСР.

Але не лише своїми кораблями славиться Миколаїв – практично з моменту заснування він гордо носить титул міста наречених. А все почалося понад два століття тому, коли на будівництво верфі та міста стали збирати чоловіків із різних куточків Російської імперії. Більшість із них були неодруженими і прибували до Миколаєва не за своєю волею, а за наказом Григорія Потьомкіна. Для того, щоб утримати напівпідневільних жителів у місті, князь вирішив дати їм можливість створити сім'ї та пустити коріння у Миколаєві. Для цього він наказав привозити сюди найкрасивіших дівчат із довколишніх околиць. З того часу Миколаїв називають містом наречених.

Втім, гарні дівчата – не єдина визначна пам'ятка цього південного міста. Тут знаходиться одна з найстаріших обсерваторій Причорномор'я – Миколаївська морська астрономічна обсерваторія, вік якої налічує майже 200 років. Вона входить до переліку об'єктів, які можуть претендувати на включення до списку світової спадщини ЮНЕСКО. Ще одна гордість Миколаєва – міський зоопарк, який вважається найкращим в Україні та одним із найкращих у Європі. Його колекція налічує понад 350 видів тварин.

Візитною карткою міста є Миколаївський музей суднобудування та флоту – єдиний подібний музей в Україні! У будівлі, визнаній пам'яткою архітектури класицизму, зберігається понад 3000 експонатів, які розповідають історію флоту: від його створення до наших днів. У Миколаєві також знаходиться найстаріший у країні яхт-клуб та найдовша пішохідна вулиця – Радянська. На ній затишно розташувалися численні магазини, кафе та ресторани, де так люблять проводити час місцеві жителі та гості міста.

З кожним роком Миколаївська область приваблює дедалі більше туристів. Сюди їдуть не лише щоб відпочити та оздоровитися на чорноморських курортах, а й щоб помилуватися фантастичною

природою півдня України: прозорими озерами та гранітними скелями, реліктовими лісовими гаями та ущелинами Південного Бугу, мальовничими плавнями та незайманим степом. А надзвичайна привітність, з якою регіон приймає всіх своїх гостей, лише додає йому незліченних шанувальників.

1.2 Характеристика підприємства.

Меблева фабрика "Миколаївмеблі" - є правонаступницею "Миколаївської меблевої фабрики" Міністерства Лісової та Деревообробної Промисловості СРСР, створеної ще в 1962р. За весь період своєї більш ніж півстолітньої діяльності наша фабрика заслужила повагу та довіру у покупців завдяки високій якості та широкому асортименту своєї продукції.

Сьогодні фабрика "Миколаївмеблі" - сучасне стабільно працююче підприємство, на якому застосовуються останні технології виробництва та ефективно працюють досвідчені фахівці. В даний час фабрика виготовляє якісні м'які та корпусні меблі з матеріалів вітчизняного та імпортного виробництва.

Всі меблі з асортименту продукції фабрики сертифіковані і відповідають найвимогливішим запитам покупців. Можна з упевненістю сказати, що вироби, випущені під торговою маркою "Миколаївмеблі" присутні практично в кожному інтер'єрі, неважливо це будинок, квартира або офіс. Компанія виробляє широкий асортимент корпусних меблів для дому: передпокої, кухні, вітальні, спальні, меблі для дітей і підлітків, модульні системи, комп'ютерні столи, ТВ-тумби, шафи-купе.

Підприємство використовує тільки новітні технології, працює на якісному обладнанні з Німеччини, Італії. Всі використовувані у виробництві матеріали, а також застосовувані технології відповідають

останнім досягненням техніки і всім екологічним нормам та вимогам. Підприємство пропонує своїм покупцям меблі різноманітного дизайну (від класики до модерну) широкої колірної гами - більше 80 кольорів. Покупець завжди може вибрати меблі різного кольору в залежності від своїх уподобань і побажань.

Відмінною особливістю продукції, яку випускає меблева фабрика, є широкий асортимент усіх видів корпусних (а незабаром ще й м'якої) меблів. Дизайн меблів завжди актуальний, співвідношення ціна і якість меблів, значно випереджає конкурентів. З самих витоків своєї діяльності керівництво та персонал фабрики постійно і успішно ведуть роботу по безперервному оновленню різноманітних колекцій корпусних меблів. Постійно розширюється асортимент меблів, це простежується по швидкості і об'єму випуску новинок.

Працює в дешевому і середньому сегментах ринку. Сьогодні представництва і регіональні склади фабрики відкриті в багатьох містах України.

Тенденції розвитку галузі - це не тільки поява сировинної бази і введення правильних тарифів. Головний чинник зростання галузі - реорганізація бізнесу, його перехід на новий рівень.

Специфіка ринку меблів полягає в слабкій розвиненості брендингу як такого. Тому компанії, раніше конкурентів усвідомили, що саме бренд є все більш важливим і визначальним критерієм вибору покупця і гарантією його довіри, отримали потужний поштовх до розвитку. Розуміють це і регіональні дилери: меблі добре впізнаваного бренду за інших рівних показниках з іншими виробниками користується значно більшим попитом у покупців.

Використання різноманітних технологій і колірної гами, дозволяє виробляти 600 найменувань меблів щомісяця, а це десятки видів

спалень, віталень, модульних систем, дитячих кімнат, кухонних гарнітурів, кухонних систем, меблів для прихожих.

Меблева фабрика стежить за тенденціями на меблевому ринку, враховує побажання покупців і створює щомісячно близько п'яти нових моделей. Процес створення нового продукту з моменту задумки його дизайнером до моменту виходу в дослідне виробництво становить близько 2 місяців.

1.3 Централізовані системи теплопостачання.

Системи теплопостачання великих житлових масивів, міст, селищ і промислових підприємств. Джерелами теплоти у них служать теплоенергоцентралі або великі котельні, що мають високі ккд, що транспортують і розподіляють теплоносій по теплових мережах протяжністю 10-15 км, з максимальним діаметром труб 1000-1400 мм, що забезпечує подачу споживачам теплоносія в необхідних кількостях і з необхідними параметрами. Потужність ТЕЦ становить 1000- 3000 МВт, котельнь 100-500 МВт. Великі централізовані системи теплопостачання мають декілька джерел теплоти, які називаються резервними тепломагістралями, що забезпечують маневреність і надійність їх функціонування. У централізовану систему теплопостачання входять і системи теплопостачання будівель, пов'язані з нею єдиним гідравлічним і тепловим режимами і загальною системою управління. Однак зважаючи на різноманіття технічних рішень теплопостачання будівель їх виділяють в самостійну технічну систему, яка називається системою опалення. Тому централізована система починається джерелом теплоти і закінчується абонентським введенням в будівлю.

Централізовані системи теплопостачання бувають водяні і парові. Основна перевага води як теплоносія в значно меншій витраті енергії на транспортування одиниці теплоти у вигляді гарячої води, ніж у вигляді пари, що обумовлюється більшою щільністю води. Зниження витрати енергії дає можливість транспортувати воду на великі відстані без істотної втрати енергетичного потенціалу. У великих системах температура води знижується приблизно на 1° на шляху в 1 км, тоді як тиск пари (його енергетичний потенціал) на тій же відстані приблизно на 0,1-0,15 МПа, що відповідає $5-10^{\circ}$ С. Тому тиск пари у відборах турбіни у водяних систем нижче, ніж у парових, що призводить до скорочення витрати палива на ТЕЦ. До інших переваг водяних систем відносяться можливість центрального регулювання подачі теплоти споживачам шляхом зміни температури теплоносія і простіша експлуатація системи (відсутність конденсатовідвідників, конденсатопроводів, конденсатних насосів).

До достоїнств пара слід віднести можливість задоволення потреб опалювання при високому навантаженні, а також малий тиск. Враховуючи достоїнства і недоліки теплоносіїв, водяні системи використовують для теплопостачання житлових масивів, товариств, і комунальних будівель, підприємств, що використовують гарячу воду, а парові - для промислових споживачів, яким необхідний водяний пар. Водяні централізовані системи - основні системи, що забезпечують теплопостачання міст. Централізація теплопостачання міст становить 70- 80%. У великих містах з переважно щільною забудовою рівень використання ТЕЦ в якості джерел теплоти для житлово-комунального сектору досягає 50-60% [7].

У теплофікаційних системах пар високих параметрів (тиск 13, 24 МПа, 565° С), що виробляється в енергетичних котлах, подається в турбіни, де, проходячи через лопатки, віддає частину своєї енергії для

отримання електроенергії. Частина пара проходить через відбори і надходить у теплофікаційні теплообмінники, в яких він нагріває теплоносії системи тепlopостачання. Таким чином, на ТЕЦ теплота високого потенціалу використовується для вироблення електроенергії, а теплота низького потенціалу - для тепlopостачання. Комбіноване вироблення тепла й електроенергії забезпечує високу ефективність використання палива, що дозволяє скоротити його витрати.

У більшості централізованих систем тепlopостачання максимальна температура гарячої води приймається 150°C . Температура пари в теплофікаційних відборах турбіни не перевищує 127°C . Отже, при низьких температурах зовнішнього повітря в теплофікаційних теплообмінних апаратах підігріти воду до необхідного рівня можна. Для цього використовують пікові котли, які працюють тільки при низьких зовнішніх температурах, тобто знімають пікове навантаження. Таким чином, навантаження змінюється зі зміною зовнішньої температури, змінюється і кількість пара, що відбирається з турбіни для тепlopостачання. Невідпрацьований пар проходить через циліндри низького тиску турбіни, віддає свою енергію і надходить у конденсатор, де підтримується вакуум (тиск $0,004\text{--}0,006\text{ МПа}$), якому відповідають низькі температури конденсації $30\text{--}35^{\circ}\text{C}$, а охолоджуюча вода має ще нижчу температуру, тому не використовується для тепlopостачання. Таким чином, для тепlopостачання використовується тільки частина пара, що проходить через відбори турбіни, що знижує економічний ефект теплофікації. Однак витрата палива на вироблення електроенергії та теплоти для тепlopостачання в середньому за рік скорочується приблизно на $1/4\text{--}1/3$. Економічний ефект дає і використання в якості джерел теплоти великих р-них котельних установок (теплових станцій), що мають високий ККД.

Теплоносій від джерел теплоти транспортується і розподіляється між споживачами по розвинених теплових мереж. В результаті теплові мережі охоплюють всі території, а їх спорудження викликає найбільші містобудівельні і експлуатаційні труднощі. У процесі експлуатації вони піддаються корозії і руйнуванню. Аварійні пошкодження призводять до відмов теплопостачання, соціальної та економічної шкодам. В результаті теплові мережі, будучи основним елементом великих систем теплопостачання, стають і найбільш слабкою складовою їх частиною, що знижує економічний ефект від централізації теплопостачання, обмежує максимальну потужність систем. Залежно від способу приготування гарячої води централізовані системи поділяють на закриті та відкриті. У закритій системі вода, яка циркулює в ній, використовується тільки як теплоносій. Вода нагрівається на джерелі теплоти, несе свою ентальпію до споживачів і віддає її на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Вода для гарячого водопостачання відбирається з водопроводу і підігрівається в поверхневих теплообмінних апаратах циркулюючим теплоносієм до необхідної температури. Система замкнута по відношенню до атмосферного повітря. У відкритих системах гаряча вода, яку використовує споживач, відбирається з теплової мережі. Отже, гаряча вода в системі використовується не тільки як теплоносій, а й безпосередньо як речовина. Тому система теплопостачання є частково циркуляційною, а частково – прямоточною. Вода гарячого водопостачання готується на джерелі теплоти, прямоточно рухається до споживачів і виливається через водорозбірні крани в атмосферу.

Для великих міст централізація теплопостачання - перспективний напрямок. Централізація систем, особливо теплофікаційних, витрачає менше палива. Скорочення і укрупнення джерел теплоти покращують умови для містобудування та екологію великих міст. Менша кількість джерел теплоти дозволяє різко скоротити число димових труб, через які

в навколишнє середовище викидаються продукти згорання. Виключається необхідність створення безлічі дрібних паливних складів для зберігання твердого палива, звідки при децентралізованих системах теплопостачання доводиться розвозити паливо, а з розкиданих по всьому місту невеликих котелень відвозити золу і шлаки. Крім того, при централізації джерел теплоти легше очищати димові гази від токсичних компонентів.

Централізовану систему теплопостачання раціонально будувати за ієрархічним принципом, джерелом теплоти в якій є ТЕЦ (перший ієрархічний рівень). Для підвищення надійності теплопостачання ТЕЦ складається з декількох енергетичних котлів та парових турбін. Основні елементи ТЕЦ мають резерви. Водяна пара з котлів через пароперегрівач надходить у турбіни, де віддає частину своєї теплової енергії, яка перетворюється на механічну і далі, в електрогенераторі, в електричну. Пара з відборів турбіни надходить в теплофікаційні підігрівачі, в яких нагріває теплоносій, який циркулює в системі до 120°C . Невідпрацьований пар надходить в конденсатор, де підтримуються параметри: $0,005\text{ МПа}$ і 32°C , при яких він конденсується і віддає свою теплоту охолоджуючій воді. Конденсат з конденсатора за допомогою конденсатного насоса надходить в деаератор. На шляху до нього він проходить регенеративні підігрівачі. У деаератор надходять підживлювальна вода з хімоводоочищення і пар з відбору турбіни для підтримки необхідної температури. В деаераторі з води виділяються кисень і вуглекислий газ, які викликають корозію металу. Поживна вода з деаератора поживними насосами подається в парові енергетичні котли (парогенератори). На шляху вода підігрівається в регенеративних підігрівачах високого тиску. Цей підігрів підвищує ККД циклу. Теплофікаційна вода, що циркулює в системі, нагрівається в теплофікаційних підігрівачах в теплопідготовчій установці ТЕЦ.

Нагрівання здійснюється паром, яка відбирається з турбіни і конденсується в підігрівачах. У нижній підігрівач пар надходить більш низького тиску (до 0,2 МПа), ніж у верхній (до 0,25 МПа). Конденсат з верхнього підігрівача через конденсатовідвідник надходить в нижній підігрівач і далі конденсатним насосом направляється в живлячу лінію. У теплофікаційних вода може нагрітися приблизно до 120° С (при 0,25 МПа температура насичення 127° С). При низьких температурах зовнішнього повітря догрів води до 150 С здійснюється в пікових котлах. Циркуляцію води забезпечують циркуляційні насоси, перед якими в трубопровід надходить підживлювальна вода.

1.4 Децентралізовані системи теплопостачання.

Системи теплопостачання поділяють на централізовані і децентралізовані. Для міст зазвичай до децентралізованої системи теплопостачання відносять системи мікрорайонів, кварталів або окремих будівель з тепловою потужністю менше 58 МВт (50 Гкал / год), з тепловими мережами протяжністю 1-2 км та з діаметрами труб до 300-400 мм; для селищ - системи, що не мають теплових мереж. Автономні теплоагрегати потужністю 20-40 кВт, що забезпечують опалення та гаряче водопостачання одного будинку або квартири, є по суті місцевими системами теплопостачання. Якщо теплоагрегат забезпечує тільки опалення будівлі, він відноситься до місцевого опалення. Тому системи можна розділити на централізовані системи теплопостачання, децентралізовані і місцеві, як різновид децентралізованих систем.

Децентралізовані системи теплопостачання, у яких джерелом теплоти служить квартальна котельня, мають теплові мережі і за принципом роботи в значною мірою можна порівняти з централізованими системами. Централізовані системи мають значно

розвинені теплові мережі, обладнані тепловими пунктами, насосними станціями, автоматикою і системою управління, які закінчуються абонентськими вводами в будинки. Заміна дрібних опалювальних установок великими котельнями та ТЕЦ зменшує забруднення повітряного басейну. Разом з тим, централізація систем теплопостачання з концентрацією в джерелах теплоти великих потужностей призводить до необхідності розвитку теплових мереж, які виконуються з труб великих діаметрів (до 1400 мм), що викликає великі містобудівні труднощі, ускладнює експлуатацію систем і збільшує шкоду при виникненні аварійних ситуацій.

Для забезпечення надійного функціонування централізованої системи теплопостачання будують за ієрархічним принципом, при якому її поділяють на ряд рівнів. Кожен з них має своє завдання, що зменшується за значимістю від верхнього рівня до нижнього. Верхній рівень системи теплопостачання становить джерело теплоти, другий - магістральні теплові мережі. Ці два рівня визначають надійність системи теплопостачання в цілому, тому їх елементи резервують, а теплові мережі виконують кільцевими. Наступні рівні - розподільчі (квартальні) теплові мережі та абонентські вводи у споживачів. При їх проектуванні допускається обмежене резервування, а в окремих випадках і відсутність його.

З тепломагістралей в розподільчі мережі теплоносій подають через теплові пункти, в яких встановлюють підмішуючі насоси та автоматику, що забезпечує управління розподілом теплоносія при нормальному та аварійних гідравлічних режимах. Можливі системи теплопостачання, в яких основна живляча розподільча мережа приєднується безпосередньо до магістралі, а теплові пункти зміщені до теплопостачальних будівлям з меншими тепловими навантаженнями, але і в цьому випадку повинна бути забезпечена керованість системи теплопостачання. Розподільчі

мережі зазвичай проектують тупиковими. Відокремлені будівлі приєднують до розподільчих мереж, не допускаючи їх підключення до тепломагістралі.

Для подачі та розподілу теплоти споживачам в системах теплопостачання, особливо централізованих, застосовують автоматичні системи керування, які забезпечують теплотехнічний контроль параметрів і режимів, управління подачею теплоти відповідно до потреб, управління експлуатації та аварійними режимами. Для управління перемикаючою арматурою і регуляторами використовують телесистеми. Найбільша кількість теплоти витрачається на опалення будівель, крім того, навантаження змінюється зі зміною зовнішньої температури. Для підтримки відповідності подачі теплоти потребам у ньому застосовують централізоване, якісне регулювання на джерелах теплоти. Крім централізованого, також застосовують місцеве регулювання автоматичними регуляторами на теплових пунктах і у споживачів [8].

Витрата теплоти на гаряче водопостачання не пов'язане з зовнішньою температурою. Воно визначається режимом споживання гарячої води, який залежить від способу життя населення та режиму роботи підприємств. Для забезпечення необхідної споживачеві температури гарячої води в 50-60 С температура теплоносія в подаючому теплопроводі повинна бути вище цього значення, а система приготування гарячої води обладнана автоматикою, що забезпечує підтримку температури необхідного рівня. Надійну і економічну роботу системи теплопостачання забезпечує служба експлуатації, основними завданнями якої є безперебійне постачання споживачам теплоти, забезпечення безаварійної роботи, поліпшення її техніко-економічних показників. Управління тепловими та гідравлічними режимами здійснюють за допомогою АСК та диспетчерських пунктів, які входять в

службу експлуатації. При службі маються бригади та ремонтні цехи, а аварійні роботи виконує аварійно-відновлююча служба.

1.5 Вихідні дані та характеристика об'єкта

Необхідно запроектувати системи опалення та вентиляції промислового будинку. Місце будівництва – м. Миколаїв, вул. Херсонське шосе, 1, ТДВ "МИКОЛАЇВМЕБЛІ".

Теплоносій – вода. Температура води в подаючій магістралі - 150°C, в зворотній магістралі - 70°C.

1.5.1 Збірний цех

Технологічний процес – з'єднання виробів у вузли; холодна обробка металу, заточка ріжучого інструменту.

Основні шкідливі виділення – тепловиділення від електродвигунів, людей, сонячної радіації; аерозолі емульсолу, металевий та наждачний пил.

Категорія роботи – середньої важкості.

Категорія виробництва – В.

Обладнання:

апарат для пайки пил – 1 шт

верстак столярний – 8 шт

електроклеєварка – 1 шт

наждачно-точильний апарат – 1 шт

пилоножеточильний станок – 1 шт

стіл для збивання тари – 2 шт

Кількість працівників – 14 чол.

1.5.2 Заготівельне відділення

Технологічний процес – розмітка, нарізка, збірка, прихватка та зварювання деталей виробів.

Основні шкідливі виділення – тепловиділення від електродвигунів, людей, сонячної радіації, зварювальних постів, газу, пилю.

Категорія роботи – середньої важкості.

Категорія виробництва – Г.

Обладнання:

| | |
|------------------------------------|---------|
| зварювальний пост | – 3 шт; |
| круглопильний станок | – 1 шт; |
| рейсмусовий станок | – 1 шт; |
| токарний станок по дереву | – 1 шт; |
| торцовочний маятниковий станок | – 1 шт; |
| фуговальний станок | – 1 шт; |
| чотиристоронній строгальний станок | – 1 шт. |

Кількість працівників – 10 чол.

1.5.3 Ремонтно-будівельне відділення

Технологічний процес – холодна обробка металу, заточка ріжучого інструменту.

Основні шкідливі виділення – тепловиділення від електродвигунів, людей, сонячної радіації; аерозолі емульсолу, металевий та наждачний пил.

Категорія робіт – середньої важкості.

Категорія виробництва – Д.

Обладнання:

| | |
|---------------------------|---------|
| апарат для пайки пил | – 1 шт; |
| верстат столярний | – 2 шт; |
| наждачно-точильний станок | – 1 шт; |
| пилоножеточильний станок | – 1 шт. |

Кількість працівників – 5 чол.

1.5.4 Ділянка фарбування

Технологічний процес – фарбування виробів пневматичним розпиленням, сушка виробів.

Шкідливі виділення – пари розчинників, фарбувальний пил.

Категорія робіт – середньої важкості.

Категорія виробництва – А.

Обладнання:

камера фарбувальна – 1 шт;

компресор – 1 шт;

шафа сушильна – 1 шт.

Кількість працівників – 4 чол.

1.6. Розрахункові параметри повітря

Таблиця 1.1 Розрахункові параметри зовнішнього повітря

| Період року | Параметр | Температура t , °C | Ентальпія I , кДж/кг | Вологовміст d , г/кг | Відносна вологість ϕ , % | Розрахункова швидкість вітру V , м/с |
|-------------|----------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|--|
| Теплий | А | 26.3 | 63 | 14 | 62 | 1 |
| | Б | 30.9 | 67 | 14.2 | 48 | 1 |
| Холодний | А | -2 | -1.3 | 0.3 | 30 | 6 |
| | Б | -15 | -13 | 0.7 | 40 | 6 |

Таблиця 1.2. Розрахункові параметри внутрішнього повітря

| Період року | Температура в робочій зоні t_{wz} , | Температура припливного повітря t_{in} , °C | Температура витяжного повітря t_l , | Розрахункова швидкість повітря V , м/с |
|-------------|---------------------------------------|---|---------------------------------------|--|
| | | | | |

| | | | | |
|----------|----|-------|-------|------|
| | °C | | °C | |
| Теплий | 28 | 26,3 | 29 | ≤0,7 |
| Холодний | 18 | 14,15 | 19,65 | ≤0,3 |

Температура повітря в робочій зоні в теплий період у відповідності зі СНіП прийнята не більше ніж на 3,0° С вище розрахункової температури зовнішнього повітря (параметр А) [3].

В зв'язку з виділенням в приміщеннях заготівельних та збиральних цехів шкідливостей 1-го...4-го класів і необхідністю компенсації мас повітря, яке видалене місцевими відсмоктувачами, для розрахунку повітрообміну в теплий період року приймаємо параметри А, для холодного періоду року – параметри Б.

Розрахункові параметри внутрішнього повітря призначаємо у відповідності з характеристикою приміщення та категорією робіт.

$$t_l^{ТП} = t_{in} + \frac{t_{wz} - t_{in}}{m},$$

де m – коефіцієнт теплорозподілення, враховуючий частку надлишкової теплоти, яка впливає на t_{wz} ; для розрахункового приміщення $m=0,7$.

1.7 Втрати теплоти приміщенням

1.7.1 Тепловтрати через огороджуючі конструкції

Розрахунок ведеться за укрупненими показниками (питомій тепловій характеристиці):

$$Q_{огор} = q_{пит} \times a_t \times V(t_{wz} - t_{ext}), \text{ Вт},$$

де $q_{пит}$ – питома теплова характеристика, Вт/(м³°С); для приміщень промислових будинків $q_{пит} = 0,5$ Вт/(м³°С);

a_t – поправочний коефіцієнт на відмінність t_{ext} від -30°С

$$a_t = 0,54 + \frac{22}{t_{wz} - t_{ext}} = 0,54 + \frac{22}{18+15} = 1,104$$

V – об'єм приміщення.

1. Збірний цех

$$Q_{огор} = 0,5 \times 1,104 \times 1620(18+15) = 34875 \text{ Вт.}$$

2. Заготівельний цех

$$Q_{огор} = 0,5 \times 1,104 \times 1080(18+15) = 23250 \text{ Вт.}$$

3. Склад готової продукції

$$Q_{огор} = 0,5 \times 1,104 \times 720(18+15) = 15500 \text{ Вт.}$$

4. Клеєварочне відділення

$$Q_{огор} = 0,5 \times 1,104 \times 90(18+15) = 1938 \text{ Вт.}$$

5. Заточне відділення

$$Q_{огор} = 0,5 \times 1,104 \times 90(18+15) = 1938 \text{ Вт.}$$

6. Ремонтне відділення

$$Q_{огор} = 0,5 \times 1,104 \times 270(18+15) = 5813 \text{ Вт.}$$

7. Склад моделей

$$Q_{огор} = 0,5 \times 1,104 \times 480(18+15) = 9734 \text{ Вт.}$$

8. Ділянка фарбування

$$Q_{огор} = 0,5 \times 1,104 \times 240(18+15) = 5167 \text{ Вт.}$$

1.7.2 Втрати теплоти на нагрів інфільтраційного повітря

Кількість теплоти, витрачену на нагрів повітря, що проникає через неутілювання у вікнах, зовнішніх стінах та покриттях приймаємо в розмірі 20% від втрат теплоти через огороджуючі конструкції.

$$Q_{инф} = 0,2Q_{огор} \text{ Вт}$$

1. Збірний цех

$$Q_{инф} = 0,2Q_{огор} = 0,2 \times 23250,24 = 4650 \text{ Вт.}$$

2. Заготівельний цех

$$Q_{inf} = 0,2Q_{огор} = 0,2 \times 34875 = 6975 \text{ Вт.}$$

3. Склад готової продукції

$$Q_{inf} = 0,2Q_{огор} = 0,2 \times 15500 = 3100 \text{ Вт.}$$

4. Клеєварочне відділення

$$Q_{inf} = 0,2Q_{огор} = 0,2 \times 1938 = 388 \text{ Вт.}$$

5. Заточне відділення

$$Q_{inf} = 0,2Q_{огор} = 0,2 \times 1938 = 388 \text{ Вт.}$$

6. Ремонтне відділення

$$Q_{inf} = 0,2Q_{огор} = 0,2 \times 5813 = 1163 \text{ Вт.}$$

7. Склад моделей

$$Q_{inf} = 0,2Q_{огор} = 0,2 \times 9734 = 1947 \text{ Вт.}$$

8. Ділянка фарбування

$$Q_{inf} = 0,2Q_{огор} = 0,2 \times 5167 = 1033 \text{ Вт}$$

1.8 Теплонадходження в приміщення

1.8.1 Теплонадходження від людей

Кількість явної теплоти, що виділяється людьми в приміщенні

$$Q_{я} = q_{яi} \times n_i, \text{ Вт}$$

де $q_{яi}$ – явні тепловиділення однією людиною, Вт

n_i – число людей в приміщенні з даною інтенсивністю навантаження

Кількість повної теплоти, що виділяється людьми в приміщенні

$$Q_n = q_{ni} \times n_i, \text{ Вт}$$

де q_{ni} – повні тепловиділення однією людиною, Вт.

Категорія робіт – середньої важкості.

Теплий період.

$$Q_{п} = 195 \times 14 = 2730 \text{ Вт.}$$

Холодний період

$$Q_{\text{п}}=205 \times 14=2870 \text{ Вт.}$$

1. Збірний цех

Теплий період.

$$Q_{\text{я}}=40 \times 10=400 \text{ Вт;}$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}}=105 \times 10=1050 \text{ Вт;}$$

2. Заготівельний цех

Теплий період.

$$Q_{\text{я}}=40 \times 14=560 \text{ Вт;}$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}}=105 \times 14=1470 \text{ Вт;}$$

3. Склад готової продукції

Теплий період.

$$Q_{\text{я}}=40 \times 5=200 \text{ Вт;}$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}}=105 \times 5=525 \text{ Вт;}$$

4. Клеєварочне відділення

Теплий період.

$$Q_{\text{я}}=40 \times 1=40 \text{ Вт;}$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}}=105 \times 1=105 \text{ Вт;}$$

5. Заточне відділення

Теплий період.

$$Q_{\text{я}}=40 \times 1=40 \text{ Вт;}$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}}=105 \times 1=105 \text{ Вт;}$$

6. Ремонтне відділення

Теплий період.

$$Q_{\text{я}}=40 \times 5=200 \text{ Вт};$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}}=105 \times 5=525 \text{ Вт};$$

7. Склад моделей

Теплий період.

$$Q_{\text{я}}=40 \times 5=200 \text{ Вт};$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}}=105 \times 5=525 \text{ Вт};$$

8. Ділянка фарбування

Теплий період.

$$Q_{\text{я}}=40 \times 4=160 \text{ Вт};$$

Холодний період

$$Q_{\text{я}}=105 \times 4=420 \text{ Вт}.$$

1.8.2 Теплонадходження від штучного освітлення

Теплонадходження від джерел освітлення:

$$Q_{\text{осв}} = E \times F_{\text{осв}} \times q_{\text{осв}} \times \eta_{\text{осв}} \times 2,75 \text{ Вт, де}$$

де E – освітленість, лк, $E=150$ лк.

$q_{\text{осв}}$ – питомі тепловиділення, Вт/(м²×лк),

$\eta_{\text{осв}}$ – частка теплоти, що надходить в приміщення, дорівнює 0,15 для ламп розжарювання,

F – площа підлоги приміщення, м².

1. Збірний цех

$$Q_{\text{осв}} = E \times F_{\text{осв}} \times q_{\text{осв}} \times \eta_{\text{осв}} \times 2,75 = 150 \times 216 \times 0,067 \times 0,15 \times 2,75 = 895 \text{ Вт}.$$

2. Заготівельний цех

$$Q_{осв} = E \times F_{осв} \times q_{осв} \times \eta_{осв} \times 2,75 = 150 \times 324 \times 0,067 \times 0,15 \times 2,75 = 1345 \text{ Вт.}$$

3. Склад готової продукції

$$Q_{осв} = E \times F_{осв} \times q_{осв} \times \eta_{осв} \times 2,75 = 150 \times 144 \times 0,067 \times 0,15 \times 2,75 = 597 \text{ Вт.}$$

4. Клеєварочне відділення

$$Q_{осв} = E \times F_{осв} \times q_{осв} \times \eta_{осв} \times 2,75 = 150 \times 18 \times 0,067 \times 0,15 \times 2,75 = 75 \text{ Вт.}$$

5. Заточне відділення

$$Q_{осв} = E \times F_{осв} \times q_{осв} \times \eta_{осв} \times 2,75 = 150 \times 18 \times 0,067 \times 0,15 \times 2,75 = 75 \text{ Вт.}$$

6. Ремонтне відділення

$$Q_{осв} = E \times F_{осв} \times q_{осв} \times \eta_{осв} \times 2,75 = 150 \times 54 \times 0,067 \times 0,15 \times 2,75 = 224 \text{ Вт.}$$

7. Склад моделей

$$Q_{осв} = E \times F_{осв} \times q_{осв} \times \eta_{осв} \times 2,75 = 150 \times 96 \times 0,067 \times 0,15 \times 2,75 = 398 \text{ Вт.}$$

8. Ділянка фарбування

$$Q_{осв} = E \times F_{осв} \times q_{осв} \times \eta_{осв} \times 2,75 = 150 \times 48 \times 0,067 \times 0,15 \times 2,75 = 199 \text{ Вт}$$

1.8.3 Теплонадходження через вікна за рахунок сонячної радіації

Теплонадходження через застелення:

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 \text{ Вт, де}$$

$q_{пит}$ – розрахункова величина теплонадходжень від сонячної радіації через вертикальні застелені поверхні, кДж/(м²×год),

$F_{заскл}$ – площа світових проїомів, м², $F=1,5 \times 3,5=5,25$ м².

0,8 – коефіцієнт, враховуючий забрудненість вікон.

Для вікон з подвійним застеленням та дерев'яними рамами $q_{пит}=500$ кДж/(м²×год), при орієнтації на північ $q_{пит}=450$ кДж/(м²×год).

1. Збірний цех

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 = (500 \times 8 + 450 \times 6) \times 5,25 \times 0,278 \times 0,8 = 7823 \text{ Вт.}$$

2. Заготівельний цех

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 = (500 \times 2 + 450 \times 7) \times 5,25 \times 0,278 \times 0,8 = 4845 \text{ Вт.}$$

3. Склад готової продукції

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 = (500 \times 2 + 450 \times 2) \times 5,25 \times 0,278 \times 0,8 = 2218 \text{ Вт.}$$

4. Клеєварочне відділення

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 = (450 \times 1) \times 5,25 \times 0,278 \times 0,8 = 584 \text{ Вт.}$$

5. Заточне відділення

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 = (450 \times 1) \times 5,25 \times 0,278 \times 0,8 = 584 \text{ Вт.}$$

6. Ремонтне відділення

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 = (530 \times 4) \times 5,25 \times 0,278 \times 0,8 = 2475 \text{ Вт.}$$

7. Склад моделей

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 = (530 \times 5) \times 5,25 \times 0,278 \times 0,8 = 3094 \text{ Вт.}$$

8. Ділянка фарбування

$$Q_{заскл} = q_{пит} \times F_{заскл} \times 0,278 \times 0,8 = (530 \times 3) \times 5,25 \times 0,278 \times 0,8 = 1856 \text{ Вт}$$

1.8.4 Теплонадходження через покриття

Середньодобове надходження теплоти в приміщення через покриття:

$$Q_{покр} = 0,278 \times q_{пит} \times F \text{ Вт,}$$

де $q_{пит}$ – питомі теплонадходження через 1 м^2 покриття, $q_{пит} = 60 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \times \text{год})$,

F – площа покриття м^2 ,

0,8 – коефіцієнт, враховуючий забрудненість вікон.

1. Збірний цех

$$Q_{покр} = 0,278 \times q_{пит} \times F = 0,278 \times 60 \times 216 = 3603 \text{ Вт.}$$

2. Заготівельний цех

$$Q_{нокр} = 0,278 \times q_{нит} \times F = 0.278 \times 60 \times 324 = 5405 \text{ Вт.}$$

3. Склад готової продукції

$$Q_{нокр} = 0,278 \times q_{нит} \times F = 0.278 \times 60 \times 144 = 2402 \text{ Вт.}$$

4. Клеєварочне відділення

$$Q_{нокр} = 0,278 \times q_{нит} \times F = 0.278 \times 60 \times 18 = 300 \text{ Вт.}$$

5. Заточне відділення

$$Q_{нокр} = 0,278 \times q_{нит} \times F = 0.278 \times 60 \times 18 = 300 \text{ Вт.}$$

6. Ремонтне відділення

$$Q_{нокр} = 0,278 \times q_{нит} \times F = 0.278 \times 60 \times 54 = 901 \text{ Вт.}$$

7. Склад моделей

$$Q_{нокр} = 0,278 \times q_{нит} \times F = 0.278 \times 60 \times 96 = 1601 \text{ Вт.}$$

8. Ділянка фарбування

$$Q_{нокр} = 0,278 \times q_{нит} \times F = 0.278 \times 60 \times 48 = 801 \text{ Вт}$$

2. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

2.1 Теплонадходження від опалювальних приладів

Надходження теплоти від опалювальних приладів знаходять, враховуючи суму тепловтрат на нагрів інфільтраційного повітря та тепловтрат через огороджуючі конструкції

$$Q_o = Q_{мс} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 27900 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 18600,18 \text{ Вт}$$

$$Q_{мс} = Q_{інф} + Q_{огор} = 4650 + 23250 = 27900 \text{ Вт}$$

1. Збірний цех

$$Q_o = Q_{ms} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 27900 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 18600 \text{ Вт}$$

$$Q_{ms} = Q_{inf} + Q_{огор} = 4650 + 23250 = 27900 \text{ Вт}$$

2. Заготівельний цех

$$Q_o = Q_{ms} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 41850 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 27900 \text{ Вт}$$

$$Q_{ms} = Q_{inf} + Q_{огор} = 6975 + 34875 = 41850 \text{ Вт}$$

3. Склад готової продукції

$$Q_o = Q_{ms} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 18600 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 12400 \text{ Вт}$$

$$Q_{ms} = Q_{inf} + Q_{огор} = 3100 + 15500 = 18600 \text{ Вт}$$

4. Клеєварочне відділення

$$Q_o = Q_{ms} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 2326 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 1550 \text{ Вт}$$

$$Q_{ms} = Q_{inf} + Q_{огор} = 1938 + 388 = 2326 \text{ Вт.}$$

5. Заточне відділення

$$Q_o = Q_{ms} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 2326 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 1550 \text{ Вт}$$

$$Q_{ms} = Q_{inf} + Q_{огор} = 1938 + 388 = 2326 \text{ Вт.}$$

6. Ремонтне відділення

$$Q_o = Q_{ms} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 6976 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 4650 \text{ Вт}$$

$$Q_{ms} = Q_{inf} + Q_{огор} = 1163 + 5813 = 6976 \text{ Вт.}$$

7. Склад моделей

$$Q_o = Q_{ms} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 11681 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 7787 \text{ Вт}$$

$$Q_{ms} = Q_{inf} + Q_{огор} = 1947 + 9734 = 11681 \text{ Вт.}$$

8. Ділянка фарбування

$$Q_o = Q_{ms} \frac{5 - t_{ext_B}}{t_{wz} - t_{ext_B}} = 6200 \frac{5 + 15}{18 + 15} = 4133 \text{ Вт}$$

$$Q_{ms} = Q_{inf} + Q_{o\text{зop}} = 1033 + 5167 = 6200 \text{ Вт}$$

2.2 Надходження вологи від людей

$$W_l = \omega \times n$$

де ω - вологовиділення однією людиною, г/ч

n – число робітників з даною інтенсивністю навантаження.

Холодний період

$$\omega = 140 \text{ г/ч;}$$

$$W_l = 140 \times 14 = 1960 \text{ г}$$

Теплий період

$$\omega = 230 \text{ г/ч;}$$

$$W_l = 230 \times 14 = 3220 \text{ г}$$

2.3 Надходження шкідливих речовин від людей

$$G_{co_2}^l = gn,$$

де g – кількість вуглекислого газу, що виділяється однією людиною, дорівнює 35 г/ч;

n – число робітників з даною інтенсивністю навантаження.

$$G_{co_2}^l = 35 \times 14 = 490 \text{ г/ч.}$$

2.4 Виділення шкідливостей на ділянці фарбування

Кількість летучих речовин (парів розчинника) для пневматичного ручного розпилення складає 25% від продуктивності.

При продуктивності 1,5 кг/год емалі: $M_{\text{щр}}=0,25 \times 1,5=0,375$ кг/год – виділення ксилолу.

Для перхлорвінілової емалі ХВ-53 масовий склад компонентів складає:

Бутилацетат – 30%;

Ацетон – 30%;

Ксилол – 40%.

Виділення бутилацетату:

$$M_{\text{вв}} = \frac{0,375 \times 30}{40} = 0,281 \text{ кг/год.}$$

Виділення ацетону:

$$M_{\text{вв}} = \frac{0,375 \times 30}{40} = 0,281 \text{ кг/год.}$$

2.5 Вибір системи вентиляції

Для асиміляції тепловидлишків використовуємо механічну припливну систему вентиляції з видаленням повітря. Виходячи з заданої висоти цеху використовуємо подачу повітря в верхню зону повітроводом рівномірної роздачі повітря. Видалення повітря – за допомогою місцевих відсмоктувачів .

2.6 Розрахунок витяжного зонта

Спочатку визначаємо конструктивні розміри витяжного зонту:

Висота установки зонта приймається, $H = 1.8 \dots 2$;

Розміри прямокутного зонта у плані (АхВм)

$$A = a + 0,8h,$$

$$B = b + 0,8h,$$

де а ,б – розміри перекриваємого обладнання, м;

h – відстань від обладнання до низу зонта, м, яке приймається не більше $0,8d_3$ (d_3 – еквівалентний діаметр за площею).

Рівномірне розподілення швидкості всмоктування v_3 по всьому перерізу зонта забезпечується при куті його розкриття $\alpha \leq 60^\circ$.

Висота зонта

$$h_3 = \frac{A-D}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} + h_6$$

де D – діаметр витяжної труби, м; h_6 – висота борта, $h_6 = 0,1 \dots 0,3$ м.

Об'єм видаляємого повітря визначають за формулою:

$$L_3 = 3600 F_3 v_3;$$

F_3 – площа всмоктування;

v_3 – швидкість всмоктування $0,15 \dots 0,25$

$$A = 1 + 0,8 \times 0,478 = 1,382 \text{ м},$$

$$B = 2,5 + 0,8 \times 0,478 = 2,882 \text{ м},$$

$$h_3 = \frac{1,382 - 0,315}{2 \operatorname{tg} \frac{60}{2}} + 0,3 = 1,224 \text{ м},$$

$$L_3 = 3600 F_3 v_3 = 3600 \times 3,982 \times 0,25 = 3538,4 \text{ м}^3/\text{год};$$

1. Заготівельний цех

| Вид обладнання | Кількість повітря $L_{\text{вид}}$, $\text{м}^3/\text{год}$ |
|----------------------------------|--|
| Рейсмусовий станок | 1320 |
| Фуговальний станок | 1080 |
| Круглопильний станок | 840 |
| Торцовочний маятниковий станок | 1800 |
| Чотирибоковий строгальний станок | 6240 |
| Токарний станок по дереву | 1100 |
| Напідлоговий відсмоктувач | 1100 |
| Разом | 13480 |

2. Клеєварне відділення

| Вид обладнання | Кількість повітря $L_{\text{вид}}$, м ³ /год |
|----------------|--|
| Клеєварка | 3538 |

3. Заточне відділення

| Вид обладнання | Кількість повітря $L_{\text{вид}}$, м ³ /год |
|---------------------------|--|
| Апарат для пайки пил | 285 |
| Наждачно-точильний станок | 535 |
| Пилоножеточильний станок | 300 |
| Разом | 1120 |

4. Ділянка фарбування

Об'єм повітря, що видаляється місцевим відсмоктувачем від фарбувальної камери:

$$L = 3600FV = 3600 \times 0.55 \times 1.3 = 2574 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $V=1.3$ м/с – швидкість повітря в робочому прорізу фарбувальної камери для пневматичного розпилення і перхлорвінілової емалі.

2.7 Розрахунок повітрообмінів загальнообмінної вентиляції

Кількість повітря, що подається в приміщення, визначаємо у відповідності зі СНіП 2.04.05-91*У [15] за формулою:

$$G = G_{\text{wz}}^{\text{м.в.}} + \frac{3,6Q_{\text{я}}^{\text{нзб}} - cG_{\text{wz}}(t_{\text{wz}} - t_{\text{in}})}{c(t_{\text{i}} - t_{\text{in}})}, \text{ кг} / \text{год}$$

$$L_{\text{mn}} = \frac{G}{\rho_{\text{mn}}}, \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}}, \text{ м}^3 / \text{год}, \text{ де}$$

де ρ_{mn}, ρ_{xn} – густина повітря відповідно при t_{in}^{mn} та t_{in}^{xn} .

Розрахунок проводимо для всіх приміщень, і за отриманими результатами складаємо таблицю повітряного балансу.

1. Заготівельний цех

$$G = G_{wz}^{м.в.} + \frac{3,6Q_{я}^{изб} - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{c(t_i - t_{in})} = 22656 + \frac{3,6 \times 11490 - 1,005 \times 22656(28 - 26,3)}{1,005(29 - 26,3)} = 15421 \text{ кг} / \text{год}$$

Повітрообмін на компенсацію дії місцевих відсмоктувачів та видалення повітря з верхньої зони приміщення в однократному об'ємі складає $G=18120$ кг/год. Приймаємо за розрахункове значення повітрообміну $G=18120$ кг/год.

$$L_{mn} = \frac{G}{\rho_{mn}} = \frac{18120}{1,17} = 15488 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}} = \frac{18120}{1,2} = 15100 \text{ м}^3 / \text{год}$$

2. Збірний цех

$$G = G_{wz}^{м.в.} + \frac{3,6Q_{я}^{изб} - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{c(t_i - t_{in})} = \frac{3,6 \times 11986}{1,005(29 - 26,3)} = 11961 \text{ кг} / \text{год}$$

$$L_{mn} = \frac{G}{\rho_{mn}} = \frac{11961}{1,17} = 10223 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}} = \frac{11961}{1,2} = 9967 \text{ м}^3 / \text{год}$$

3. Склад готової продукції

$$G = G_{wz}^{м.в.} + \frac{3,6Q_{я}^{изб} - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{c(t_i - t_{in})} = \frac{3,6 \times 4820}{1,005(29 - 26,3)} = 4111 \text{ кг} / \text{год}$$

$$L_{mn} = \frac{G}{\rho_{mn}} = \frac{4111}{1,17} = 3513 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}} = \frac{4111}{1,2} = 3426 \text{ м}^3 / \text{год}$$

4. Клеєварочне відділення

$$G = G_{wz}^{м.в.} + \frac{3,6Q_{я}^{изб} - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{c(t_i - t_{in})} = 4105 + \frac{3,6 \times 924 - 1,005 \times 4105(28 - 26,3)}{1,005(29 - 26,3)} = 1971 \text{ кг} / \text{год}$$

Повітрообмін на компенсацію дії місцевих відсмоктувачів та видалення повітря з верхньої зони приміщення в однократному об'ємі складає $G=4247$ кг/год. Приймаємо за розрахункове значення повітрообміну $G=4247$ кг/год.

$$L_{mn} = \frac{G}{\rho_{mn}} = \frac{4247}{1,17} = 3630 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}} = \frac{4247}{1,2} = 3504 \text{ м}^3 / \text{год}$$

5. Заточне відділення

$$G = G_{wz}^{м.в.} + \frac{3,6Q_{я}^{изб} - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{c(t_i - t_{in})} = 4062 + \frac{3,6 \times 924 - 1,005 \times 4062(28 - 26,3)}{1,005(29 - 26,3)} = 1959 \text{ кг} / \text{год}$$

Повітрообмін на компенсацію дії місцевих відсмоктувачів та видалення повітря з верхньої зони приміщення в однократному об'ємі складає $G=4205$ кг/год. Приймаємо за розрахункове значення повітрообміну $G=4205$ кг/год.

$$L_{mn} = \frac{G}{\rho_{mn}} = \frac{4205}{1,17} = 3594 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}} = \frac{4205}{1,2} = 3504 \text{ м}^3 / \text{год}$$

6. Ремонтне відділення

$$G = G_{wz}^{м.в.} + \frac{3,6Q_{я}^{изб} - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{c(t_i - t_{in})} = \frac{3,6 \times 3576}{1,005(29 - 26,3)} = 3050 \text{ кг} / \text{год}$$

$$L_{mn} = \frac{G}{\rho_{mn}} = \frac{3050}{1,17} = 2629 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}} = \frac{3050}{1,2} = 2542 \text{ м}^3 / \text{год}$$

7. Склад моделей

$$G = G_{wz}^{м.в.} + \frac{3,6Q_{я}^{изб} - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{c(t_i - t_{in})} = \frac{3,6 \times 4895}{1,005(29 - 26,3)} = 4175 \text{ кг/год}$$

$$L_{mn} = \frac{G}{\rho_{mn}} = \frac{4175}{1,17} = 3568 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}} = \frac{4175}{1,2} = 3479 \text{ м}^3 / \text{год}$$

8. Ділянка фарбування

$$G = G_{wz}^{м.в.} + \frac{3,6Q_{я}^{изб} - cG_{wz}(t_{wz} - t_{in})}{c(t_i - t_{in})} =$$

$$3011 + \frac{3,6 \times 2737 - 1,005 \times 3011(28 - 26,3)}{1,005(29 - 26,3)} = 3194 \text{ кг/год} = 2730 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Повітрообмін за виділеннями парів розчинників, що володіють односпрямованою дією, не вловлених місцевими відсмоктувачами:

$$L_{up} = \frac{0,3 \times 375 \times 10^3}{50} + \frac{0,3 \times 281 \times 10^3}{200} + \frac{0,3 \times 281 \times 10^3}{200} = 3093 \text{ м}^3 / \text{год} = 3619 \text{ кг/год}$$

Повітрообмін на компенсацію дії місцевих відсмоктувачів та видалення повітря з верхньої зони приміщення в однократному об'ємі складає $G=9033$ кг/год. Приймаємо за розрахункове значення повітрообміну $G=9033$ кг/год.

$$L_{mn} = \frac{G}{\rho_{mn}} = \frac{9033}{1,17} = 7719 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$L_{xn} = \frac{G}{\rho_{xn}} = \frac{9033}{1,2} = 7527 \text{ м}^3 / \text{год}$$

2.8 Розрахунок повітророзподілювачів

Керуючись розмірами цеху і враховуючи не працюючі торцеві в границях 1 – 2м визначаємо робочу довжину повітророзподілювачів

$$L_p = l_{ц} - 2 \times 2 = 18 - 4 = 14 \text{ м.}$$

Визначаю кількість $L/L_{\text{ВПК}} = 10223/5120 = 1,996$ шт. Обираємо 2 повітророзподільвача ВПК 1 №8

n – коефіцієнт затухання температури = 0,2

m – коефіцієнт затухання швидкості = 0,22

ξ - опір при вході в повітророзподільвач = 1,7 по(1) табл.(8.20)

b_0 – ширина струмини на виході з повітророзподільвача = 0,54

F_0 - площа вихідних отворів по (7) табл.(3.1) = 0,21 м²

$$V_0 = \frac{L_0}{3600 F_0 n} = \frac{5120}{3600 \times 0.21 \times 2} = 3.38 \text{ м/с}$$

– швидкість повітря на виході з повітророзподільвача, де n – кількість повітророзподільвачів.

Перевіряю допустимість даної швидкості з умов нормованої швидкості в робочій зоні з врахуванням п. 2.10:

$$V_x = k \times V_n,$$

де k – коефіцієнт перерахунку нормованої швидкості в максимальну.

Довжину ділянки припливної струмини визначаємо по залежності [7] так як це проста струмина:

$$x_{n,v} = m^2 b_0 = 0.22^2 \times 0.54 = 0.026 \text{ м}$$

$$x_{n,t} = n^2 b_0 = 0.2^2 \times 0.54 = 0.0216 \text{ м}$$

де $x_{n,v}$ - відстань початкової ділянки по швидкості

Так як $x_{n,v}$ та $x_{n,t} < 1.3 = x_m$, то точка входу струмини в робочу зону розташовується на оснiвнiй дiлянцi. Виходячи з цього коефіцієнт $k=1,8$.

$$V_x = 1,8 \times 0,5 = 0,9 \text{ м/с.}$$

Керуючись табл 8.2. [9] при $x_n < l_n$, обираємо розрахункові залежності основної ділянки плоскої вільної струмини з перфорованих повітроводів.

$$V'_0 = V_x \frac{1}{mk_e k_n} \sqrt{\frac{x_n}{b_0}} - \text{швидкість виходу струмини;}$$

$$\Delta t_x = \Delta t_0 \frac{nk_e}{k_n} \sqrt{\frac{b_0}{x_n}}, \text{ де}$$

k_b – коефіцієнт взаємодії струмини, що визначається за графіком [4].

k_n – коефіцієнт неізометричності; $\Delta t_0 = 3^\circ\text{C}$;

k_b при $l_n/x_n = 6/1,5 = 4$ буде дорівнювати 1.

k_n – визначається для плоских струмин за формулою:

$$k_n = \sqrt[3]{1 + 1,8 Ar_{x,2}}, \text{ де}$$

$Ar_{x,2}$ – поточний критерій, що змінюється при русі струмини в зв'язку з підмішуванням навколишнього повітря і визначається:

$$Ar_{x,2} = \frac{n}{m^2} \times 19.62 \frac{\Delta t_0 b_0}{V_0^2 T_{окр}} \left(\frac{x_n}{b_0} \right)^{3/2} = \frac{0.2}{0.22^2} 19.62 \frac{3 \times 0.54}{3.38^2 \times 299} \left(\frac{1.5}{0.54} \right)^{3/2} = 0.18, \text{ де}$$

$$T_{окр} = 273 + t_{wz};$$

$$k_n = \sqrt[3]{1 + 1,8 \times 0.18} = 1.1$$

$$V_0' = 0.9 \frac{1}{0.22 \times 1 \times 1.1} \sqrt{\frac{1.5}{0.54}} = 6.19 \text{ м/с}$$

Оскільки розрахункова швидкість на виході $5.01 > 2.05$ дійсної, умови нормування швидкості виконані.

Різниця температур між робочою і середньою зонами визначається:

$$\Delta t_x = 3 \frac{0,2 \times 1}{1.1} \sqrt{\frac{0,54}{1,5}} = 0.33^\circ\text{C}, \text{ що менше } 1^\circ\text{C}.$$

2.9 Аеродинамічний розрахунок повітропроводів

2.9.1 Аеродинамічний розрахунок припливної системи П-1

Розрахунок виконуємо по методу питомої втрати тиску [3]. Система П-1 подає повітря в збірний цех.

Розрахунок проводимо за наступною методикою:

- 1) попередньо за відомими витратами та рекомендованими швидкостями визначаємо площі перерізів та розміри повітропроводів;
- 2) за підібраними нормованими розмірами повітропроводів уточнюємо значення швидкості на ділянках;
- 3) за відомими значеннями витрати та діаметрів знаходимо втрати тиску на тертя на 1 м довжини повітропроводу та динамічний тиск;
- 4) за значеннями K_c та V знаходимо значення $\beta_{ш}$;
- 5) визначаємо втрати тиску на тертя $\Delta P_{тр} = Rl\beta_{ш}$
- 6) використовуючи таблиці значень місцевих опорів визначаємо $\Sigma\xi$, втрати тиску в місцевих опорах $z = \Sigma\xi P_0$, Па;
- 7) визначаємо сумарні втрати тиску в місцевих опорах та на тертя (на ділянках та по всій магістралі), ув'язуємо відгалуження (відносна нев'язка втрат тиску $A = \frac{\Delta P_{маг} - \Delta P_{омв}}{\Delta P_{маг}} \times 100\% \leq 10\%$

Магістраль

| № діл. | L, м ³ /с | l, м | D, мм | F, м ² | V, м/с | R, Па/м | K _c , мм |
|--------|-------------------------|------|-------|-------------------|--------|---------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1-2 | 1756 | 3 | 355 | 0,098 | 4,96 | 0,12 | 0,1 |
| 2-3 | 3512 | 20 | 450 | 0,158 | 6,17 | 0,09 | 0,1 |
| 3-4 | 13752 | 2,8 | 800 | 0,502 | 7,6 | 0,063 | 0,1 |
| 4-5 | 15437 | 2 | 800 | 0,502 | 7,95 | 0,078 | 0,1 |
| 5-6 | 17111 | 8,3 | 800 | 0,502 | 9,46 | 0,096 | 0,1 |

| $\beta_{ш}$ | $\Delta P_{д}$, Па | $\Delta P_{тр}$, Па | $\Sigma\xi$ | Z, Па | $\Delta P_{тр} + Z$ | $\Sigma\Delta P$ |
|-------------|---------------------|----------------------|-------------|-------|---------------------|------------------|
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 1 | 23,5 | 0,36 | 2,4 | 56,4 | 56,76 | 56,76 |
| 1 | 23,5 | 1,8 | 1,95 | 45,82 | 47,62 | 104,38 |

| | | | | | | |
|---|------|-------|------|-------|--------|--------|
| 1 | 35,3 | 0,176 | 2,36 | 83,3 | 85,06 | 189,44 |
| 1 | 44,2 | 0,156 | 2,44 | 107,8 | 109,36 | 298,8 |
| 1 | 55,2 | 0,796 | 5,23 | 288,6 | 296,56 | 595,36 |

Відгалудження

| № діл. | L, м ³ /с | l, м | D, мм | F, м ² | V, м/с | R, Па/м | K _e , мм |
|--------|----------------------|------|-------|-------------------|--------|---------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 7-2 | 1756 | 7,2 | 355 | 0,049 | 6,12 | 0,187 | 0,1 |
| 8-3 | 5120 | 5,3 | 560 | 0,496 | 6,17 | 0,06 | 0,1 |
| 9-3 | 5120 | 2,4 | 560 | 0,496 | 6,15 | 0,06 | 0,1 |
| 10-4 | 1685 | 1,3 | 355 | 0,098 | 5,13 | 0,12 | 0,1 |
| 11-5 | 1674 | 1,3 | 355 | 0,098 | 5,24 | 0,12 | 0,1 |

| $\beta_{ш}$ | $\Delta P_{д}$, Па | $\Delta P_{тр}$, Па | $\Sigma \xi$ | Z, Па | $\Delta P_{тр} + Z$ |
|-------------|---------------------|----------------------|--------------|-------|---------------------|
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1 | 23,5 | 1,34 | 2,13 | 50,1 | 51,44 |
| 1 | 20,6 | 0,318 | 1,25 | 25,75 | 26,06 |
| 1 | 20,6 | 0,144 | 2,52 | 51,91 | 52,05 |
| 1 | 23,5 | 0,156 | 2,76 | 64,86 | 65,016 |
| 1 | 23,5 | 0,156 | 2,76 | 64,86 | 64,016 |

2.9.2 Розрахунок системи аспірації В-2

Розрахунок проводимо за наступною методикою:

1) на початку розрахунку нумеруємо ділянки і підбираємо мінімальну витрату та швидкості для даного обладнання.

2) задавшись діаметром, визначаємо λ/d .

3) знаходимо динамічний тиск.

4) знаходимо суму коефіцієнтів місцевих опорів.

5) визначаємо повні втрати тиску. якщо повні втрати тиску виявляються менше розрахункових на 5%, збільшуємо кількість повітря та швидкості.

| № діл. | Задані величини | | | Розрахункові величини | | | |
|-----------|-------------------------------------|---------------------|---------|--------------------------------|----------------|-------------|-------------|
| | L_{\min} , м ³ /год | V_{\min} , м/с | l , м | L_p , м ³ /год | V_p , м/с | d , мм | λ/d |
| 1 | 285 | 19 | 4.3 | 325 | 19.1 | 100 | 0.178 |
| 2 | 552.5 | 19 | 2.5 | 765 | 19.4 | 140 | 0.12 |
| 3 | 820 | 19 | 1.6 | 936 | 19.3 | 180 | 0.09 |
| 4 | 1120 | 19 | 2.3 | 1476 | 19.7 | 200 | 0.079 |
| 5 | - | - | 4.7 | 3502 | 21 | 250 | 0.061 |

| $\xi_{зам} = \frac{\lambda}{d} l$ | $\sum \xi$ | $\sum \xi + \sum \xi_{зам}$ | $P_\delta = \frac{\rho V^2}{2}$ | $\Delta P_{уч}, Па$ |
|-----------------------------------|------------|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|
| 0.765 | 1,85 | 2.61 | 191.5 | 499.8 |
| 0.3 | 2,15 | 2.45 | 197.5 | 483.8 |
| 0.144 | 1,85 | 1.99 | 195.55 | 389.14 |
| 0.181 | 2,15 | 2.33 | 203.74 | 474.71 |

Продуктивність, враховуючи 15% підсмоктування повітря:
 $L_c = 3502 \times 1.15 = 4027.3$ м³/год. Приймаємо циклон Ц-800 з $f_{\pi} = 0,08$ м².

Швидкість руху повітря $V = \frac{4027.3}{0.08 \times 3600} = 13.9$ м/с. Втрати тиску в циклоні з

$\xi = 3,4$ $\Delta P_u = \xi \frac{\rho V^2}{2} = 3.4 \frac{1.2 \times 13.9^2}{2} = 394.14$ Па. Тиск в схемі до вентилятора:

$$\Delta P_c = \Delta P_p + \sum \Delta p_i + \Delta P_u = 587,13 + 2434.5 + 394.14 = 3412.77 \text{ Па.}$$

Приймаємо вентилятор ЦП 7-40 №5 з $L=4000 \text{ м}^3/\text{год}$ та $P=3412 \text{ Па}$; $n=1280 \text{ об/хв}$; $\eta=0,57$. Електродвигун А2-61-4 з $n=1450 \text{ об/хв}$.

Повний тиск в системі:

$$\Delta P_{\text{сист}} = 1,1 \Delta P_c (1 + \mu \times k) = 1,1 \times 3412,77 (1 + 0,15 \times 1,4) = 4542,39 \text{ Па}$$

де μ – масова концентрація суміші, яка транспортується, k – коєфіцієнт, що залежить від характеру транспортованого матеріалу.

2.10 Розрахунок повітряної завіси

1. Розміри воріт $3,0 \times 3,6 \text{ м}$. Звідси площа воріт

$$F_{\text{вор}} = 3 \times 3,6 = 10,8 \text{ м}^2.$$

$$F_{\text{щ}} = F_{\text{вор}} / 30 = 10,8 / 30 = 0,36 \text{ м}^2.$$

Ширина щілини $b_0 = F_{\text{щ}} / 2 \times H_{\text{прорізу}} = 0,36 / 2 \times 3,6 = 0,05 \text{ м}$.

2. За номограмою визначаємо координату вісі повітряної струмини завіси – r , яка відповідає умові дотримання поверхневого балансу приміщення. Визначаємо, керуючись протяжність вісі струмини $S = 0,525V = 0,525 \times 3 = 1,58$ – при боковій двосторонній подачі повітря. Звідси $r = 0,069 \text{ м}$.

$$3. P_v = \frac{[C_{\text{навісп}} - C_{\text{завісп}}] V_z^2}{2} \rho_3 k = \frac{(0,8 + 0,4) 5,3^2}{2} \times \frac{353}{273 - 25} \times 1 = 24 \text{ Па}$$

Розіб'ємо умовно прохід на 4 зони $3,6/4=0,9 \text{ м}$ кожна і проведемо розрахунок різниці тисків для кожної з них. Результати розрахунків заносимо до таблиці:

| № зони | h_i , м | $H-h_i$, м | $(H-h_i)\Delta\gamma$, Па | P_{zi} , Па | ΔP_i , Па | V_{0i} , м/с |
|--------|-----------|-------------|----------------------------|---------------|-------------------|----------------|
| 1 | 0,9 | 4,1 | 8,04 | 32,04 | 15,14 | 15,95 |
| 2 | 1,8 | 3,2 | 6,27 | 30,27 | 13,37 | 14,99 |
| 3 | 2,7 | 2,6 | 5,10 | 29,10 | 12,2 | 14,32 |
| 4 | 3,6 | 1,4 | 2,74 | 26,74 | 9,84 | 12,86 |

$$\Delta\gamma = \gamma_3 - \gamma_0 = \Delta\rho \times g \times \left(\frac{353}{273-25} - \frac{353}{273+18.9} \right) 9.8 = 1.96H / \text{м}^3$$

$$t_0 = \frac{t_{wz} + t_l}{2} = \frac{18 + 19.7}{2} = 18.9^\circ \text{C}$$

Розрахункова різниця тисків: $\Delta P_i = P_{zi} - P_0$, де P_{zi} – тиск повітря ззовні на рівні h_i . $P_{zi} = (H - h_i)(\gamma_3 - \gamma_0) + P_v$. Вт.

P_0 – тиск повітря в приміщенні;

$$P_0 = 0.5(H_0\gamma + P_v) = 0.5(5 \times 1.96 + 24) = 16.9 \text{ Па}$$

4. Початкова швидкість виходу повітря із щілини:

$$V_{0i} = 0,645x_1 \sqrt{\frac{\Delta P_i}{b_0(x_1 \text{tg} \alpha - y_1) \cos \alpha}},$$

де $x_1 = 0,5B = 0,5 \times 3 = 1,5$ м – відстань (характеристика припливної струмини при боковій двосторонній завісі);

$y_1 = -r = -0,069$ – для завіс такого типу;

α – кут виходу струмини із площиною воріт (45°).

$$V_{0i} = 0,645 \times 1.5 \sqrt{\frac{\Delta P_i}{0.05(1.5 \times 1 + 0.069)0.707}} = 4.1 \sqrt{\Delta P_i}$$

Витрата повітря на повітряну завісу:

5. Секундна витрата на 1 м щілини роздаючого повітроводу:

$$L_1 = V_0 b_0 \text{ [м}^3/\text{с} \times \text{м]}.$$

$$L_{11} = 1,1; L_{12} = 1,0; L_{13} = 0,9; L_{14} = 0,8.$$

Масова витрата

$$G_3 = \rho \sum (L_{1i}) \times l_i = 1.2(1.1 + 1 + 0.9 + 0.8)0.9 = 4.1 \text{ кг/с} = 14760 \text{ кг/год}$$

6. Розраховуємо температуру повітря, яке подається в повітряну завісу:

$$t_0 = \frac{t_{wz}(1 - \beta_{en}) - \beta_{nn}t_n}{\beta_{on}}, \text{ де}$$

$\beta_{вп}$, $\beta_{нп}$, $\beta_{оп}$ – коефіцієнти, які враховують вплив на температуру суміші відповідно температуру внутрішнього повітря, зовнішнього повітря та повітря, що подається через щілину. Коефіцієнти $\beta_{вп}$ і $\beta_{нп}$ визначимо за номограмою в залежності від відносної координати $\bar{y}_1 = \frac{y_1}{0.5b} = \frac{-0.069}{0.5 \times 0.66} = -0.21$, де $b = 0.416 \times S = 0.416 \times 1.58 = 0.66$ – ширина струмини в перерізі, що знаходиться від її початку на відстані S . $y_1 = -r = -0.069$ для завіс з внутрішнім повітрязабором.

$$\bar{x} = S/b_0 = 1.58 \times 0.05 = 31.6. \beta_{вп} = 0.65; \beta_{нп} = 0.07.$$

$$A_{оп} = 0.52. \beta_{он} = \frac{3.12a_{он}}{\sqrt{S/b_0}} = \frac{3.12 \times 0.52}{\sqrt{1.58/0.05}} = 0.27.$$

$$\text{Перевірка: } \sum \beta_i = \beta_{en} + \beta_{nn} + \beta_{on} = 0.65 + 0.07 + 0.27 = 0.99 \approx 1.$$

$$\text{Тоді } t_0 = \frac{18(1 - 0.65) - 0.07 \times (-15)}{0.27} = 28.7^\circ\text{C}.$$

Визначимо витрати теплоти на нагрів повітря:

$$Q_3 = 3600 C_6 G_3 (t_0 - t_6) = 3600 \times 1.005 \times 4.1 (28.7 - 18) = 158722$$

З наведеного розрахунку отримали, що потужність котла, яка необхідна для опалення приміщення дорівнює 1,6 МВт.

2.11 Вибір та розрахунок вентиляційного обладнання

2.11.1 Фільтри для очистки від пилу припливного повітря

Для очистки припливного повітря від пилу при середньодобовій запиленості до 1 мг/м^3 використовуємо фільтри III класу. (ФР-5)

Питоме навантаження на $1 \text{ м}^2 - 12500 \text{ м}^3/(\text{ч} \times \text{м}^2)$.

Приймаємо до установки фільтр 03.21130:

- пропускна властивість $31500 \text{ м}^3/\text{год}$;
- фільтруючий матеріал:
- розміри полотна, м $10,5 \times 1,73$;
- кількість полотен для заправки -1
- кількість полотен -3
- кількість електродвигунів на один фільтр -1
- кількість панелей висотою 2м - 1
- маса 300 кг;
- пилоємність $2500 \text{ г}/\text{м}^2$
- втрати тиску початкові 55, кінцеві 300 Па)

Фактичне питоме навантаження:

$$l_{\text{н.ф}} = \frac{L}{F} = \frac{20436}{3.3} = 6192.7 \frac{\text{м}^3}{\text{год} \times \text{м}^2}.$$

Опір фільтра при фактичному навантаженні (перед регенерацією):

$$\Delta P_{\phi} = \frac{2\Delta P_{\text{н}} l_{\text{н.ф}}^2}{l_{\text{н.ф}}^2} = \frac{2 \times 55 \times 6,2^2}{12.5^2} = 27,1 \text{ Па}$$

2.11.2. Підбір та розрахунок калориферів

Теплоносій – вода з параметрами $T_{\text{г}}=150^{\circ}\text{C}$; $T_0=70^{\circ}\text{C}$. витрата повітря, що нагрівається, $G=20436 \text{ м}^3/\text{год}=24524 \text{ кг}/\text{год}$. Початкова температура повітря $t_{\text{п}}=-15^{\circ}\text{C}$, кінцева температура повітря $t_{\text{к}}=14,15^{\circ}\text{C}$.

1. Витрата теплоти на нагрів повітря:

$$Q = 0.278 G c_{\text{нов}} (t_{\text{к}} - t_{\text{п}}) = 0,278 \times 24524 \times 1,005 (14.15 + 15) = 240839 \text{ Вт}$$

2. Орієнтовна площа живого перерізу калориферів по повітряю:

$$f'_{\text{ж}} = \frac{G}{3600 V \rho} = \frac{24524}{3600 \times 10} = 0.68 \text{ м}^2$$

де V_{ρ} - масова швидкість повітря.

3. По $f'_{ж}$ підбираємо тип та кількість калориферів. Приймаємо до установки 1 калорифера КВС11-П.

Наявна величина живого перерізу калорифера по повітрю
 $f_{ж} = 0.8665 м^2$; дійсна площа поверхні нагріву $F_d = 72 м^2$

4. Дійсна масова швидкість повітря в живому перерізі калорифера:

$$V_{\rho} = \frac{G}{3600 f_{ж}} = \frac{24524}{3600 \times 0.8665} = 7,86 \text{ кг} / \text{м}^2 \text{ с}$$

5. Кількість води, що проходить через кожний калорифер:

$$W = \frac{0.86 Q}{1000(T_z - T_o)n} = \frac{0.86 \times 240839}{1000(150 - 70)1} = 2.6 \text{ м}^3 / \text{год}$$

де n – число калориферів, з'єднаних паралельно по воді.

6. Швидкість води в трубках калорифера:

$$\omega = \frac{W}{3600 f_{тр}} = \frac{2.6}{3600 \times 0,00232} = 0,311 \text{ м} / \text{с}$$

де $f_{тр}$ – площа живого перерізу трубок для проходу води, $м^2$.

7. Визначаємо коефіцієнт теплопередачі калориферів $k = 33,58$.

8. Потрібна площа поверхні нагріву калориферної установки:

$$F_{номп} = \frac{Q}{k \left(\frac{T_z + T_o}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \right)} = \frac{240839}{33,58 \left(\frac{150 + 70}{2} - \frac{-15 + 14.15}{2} \right)} = 67.29 \text{ м}^2$$

9. Запас площі поверхні нагріву:

$$A = \frac{F_d - F_{номп}}{F_{номп}} 100\% = \frac{72 - 67.29}{67.29} 100\% = 7,0\% ,$$

що знаходиться в допустимих межах (10-20%).

10. Аеродинамічний опір проходу повітря калориферної установки
 $\Delta P = 58,6 \text{ Па}$.

2.11.3. Підбір вентилятора системи П-1

Потрібна продуктивність вентилятора $L = 20436 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Повний тиск:

$$\Delta P_{\text{вент}} = 1,1(\Delta P_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{фільтра}} + \Delta P_{\text{калориф}}) = 1,1(595,36 + 27,1 + 58,6) = 681,06 \text{ Па},$$

де 1,1 – коефіцієнт запасу.

Приймаємо до установки вентилятор Ц 4-70 № 10. А 10-3; $n=670$ об/мин;
виконання 1. $\eta=0,73 > 0,9\eta_{\text{max}}=0,9 \times 0,8=0,72$.

2.12 Розрахунок об'ємів та ентальпій продуктів згорання

Основні розрахункові параметри палива; елементарний склад по робочій масі, нижчу теплоту згорання по робочій масі, щільність, вологість та зольність.

Визначимо теоретичний об'єм повітря, необхідний для повного згорання палива. Процес горіння – це сукупність хімічних реакцій окислення його горючих компонентів, які супроводжуються виділенням значної кількості теплоти. При організації цього процесу необхідно створити умови, при яких відбувається найбільш повний перехід хімічно зв'язаної енергії в теплоту виникаючих продуктів згорання. Швидкість хімічних реакцій зростають із збільшенням температури, тому у топках котлів забезпечується непереривний рівномірний підвод окислювача у достатньої кількості та підтримання високого рівня температур.

Мінімальна кількість повітря V^0 , достатнє для повного згорання одиниці маси палива, називають теоретично необхідна кількість повітря.

Для виключення неповного згорання палива до топки подається більше повітря V_d , ніж теоретично необхідно. При проектуванні котлів та аналізі їх роботи користуються коефіцієнтом надлишку повітря, який дорівнює:

$$\alpha_T = V_d / V_0, \text{ м}^3/\text{кг};$$

де V_d – дійсний об'єм подаваного до топки повітря, $\text{м}^3/\text{кг}$;

V_0 – теоретично необхідний для повного згорання об'єм повітря, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Для твердого палива теоретичні об'єми продуктів згорання (при коефіцієнті надлишку повітря у топці $\alpha_T = 1$) визначаються за наступними формулами.

Об'єм повітря, необхідний для повного згорання газоподібного палива:

$$V_0 = 0,0476 \cdot \left[0,5CO + 0,5H_2 + 1,5H_2S + \sum \left(m + \frac{n}{4} \right) \cdot C_m H_n - O_2 \right], \text{ м}^3/\text{кг},$$

де CO – окис вуглецю, CO = 0;

H₂ – водень, H₂ = 0;

H₂S – сірководень, H₂S = 0;

m – кількість атомів вуглецю;

n – кількість атомів водню;

O₂ = кисень, O₂ = 1,5%;

C_mH_n – відсотковий вміст вуглецеводних з'єднань, %.

$$V_0 = 0,0476 \cdot \left[\left(1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 55 - 1,5 \right] = 5,1646 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Теоретичний об'єм азоту у продуктах згорання:

$$V_{N_2}^0 = 0,79V^0 + \frac{N_2}{100}, \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

де N^p – об'єм азоту, %;

V⁰ – теоретичний об'єм повітря, м³/ м³.

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot 5,1646 + 6,5/100 = 4,145 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Об'єм трьохатомних газів:

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (CO_2 + CO + H_2O + \sum m \cdot C_m H_n), \text{ м}^3/\text{кг}.$$

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot (37 + 1 \cdot 55) = 0,92 \text{ м}^3/\text{кг}.$$

Теоретичний об'єм водяних парів:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot \left(H_2S + H_2 + \sum \frac{n}{2} \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot d_{г.вл.} \right) + 0,0161 \cdot V^0, \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

де $d_{г.вл.}$ – вміст газоподібного палива, $\text{г}^3/\text{м}^3$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot \left(\frac{4}{2} \cdot 55 + 0,124 \cdot 0 \right) + 0,0161 \cdot 5,1646 = 1,183 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Парового дуття не передбачається.

Середній коефіцієнт надлишку повітря у газоході для кожної поверхні нагріву при спалюванні газу α_{cp} , за формулою

$$\alpha_{cp} = \frac{\alpha' + \alpha''}{2},$$

де α' - коефіцієнт надлишку повітря перед газоходом;

α'' - коефіцієнт надлишку повітря після газохода.

Коефіцієнт надлишку повітря за топкою:

$$\alpha_T = 1,1.$$

Аналогічно розраховуємо коефіцієнт надлишку повітря після інших газоходів.

Середній коефіцієнт надлишку повітря у топці:

$$\alpha_{cp.T} = \frac{1,1 + 1,05}{2} = 1,075.$$

Аналогічно розраховуємо коефіцієнт надлишку повітря в інших конвективних поверхнях.

Об'єм водяних парів у продуктах згорання, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

$$V_{H_2O} = V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha_{cp} - 1) \cdot V_g^0,$$

$$V_{H_2OT} = 1,183 + 0,0161 \cdot (1,075 - 1) \cdot 5,1646 = 1,189$$

Визначаємо дійсний сумарний об'єм продуктів згорання при спалюванні газу для кожного газоходу $V_{\Gamma}, \text{м}^3/\text{м}^3$, за формулою.

$$V_z = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + (\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0 + V_{H_2O}^0 + 0,0161 \cdot (\alpha_{cp} - 1) \cdot V^0,$$

де V_{RO_2} – об'єм трьохатомних газів, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$V_{N_2}^0$ – теоретичний об'єм азоту у продуктах згорання при спалюванні газу, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

α_{cp} – середній коефіцієнт надлишку повітря;

V^0 – теоретичний об'єм повітря $\text{м}^3/\text{м}^3$.

$$V_{z.m} = 0,92 + 4,145 + (1,075 - 1) \cdot 5,1646 + 1,183 + 0,0161 \cdot (1,075 - 1) \cdot 5,1646 = 6,642,$$

Визначаємо об'ємні частки трьохатомних газів r_{RO_2} для кожного газоходу, за формулою [4]

$$r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_{\Gamma}},$$

де V_{RO_2} – об'єм трьохатомних газів, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

V_{Γ} – дійсний сумарний об'єм продуктів згорання, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

$$r_{RO_2,T} = \frac{0,92}{6,642} = 0,139$$

Визначаємо об'ємні частки водяних парів r_{H_2O} для кожного газоходу, за формулою

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}}{V_{\Gamma}},$$

де V_{H_2O} – дійсний об'єм водяних парів, $\frac{M^3}{M^3}$;

V_{Γ} – дійсний сумарний об'єм продуктів згорання, $\frac{M^3}{M^3}$.

$$r_{H_2O,T} = \frac{1,189}{6,642} = 0,179$$

Визначаємо сумарну об'ємну частку трьохатомних газів для кожного газоходу, за формулою

$$r_{\Pi} = r_{RO_2} + r_{H_2O},$$

де r_{RO_2} – об'ємна частка трьохатомних газів;

r_{H_2O} – об'ємна частка водяних парів.

$$r_{\Pi} = 0,139 + 0,179 = 0,318 .$$

Ентальпія димових газів на 1 м^3 палива розраховується за формулою:

$$I_2 = I_2^0 + (\alpha - 1) \cdot I_8^0,$$

Ентальпія газів при коефіцієнті надлишку повітря $\alpha = 1$ та температурі газів ϑ , °С, МДж/м³:

$$I_2^0 = V_{RO_2} (c\vartheta)_{CO_2} + V_{N_2}^0 (c\vartheta)_{N_2} + V_{H_2O}^0 (c\vartheta)_{H_2O}.$$

Ентальпія теоретично необхідної кількості повітря при нормальних умовах, МДж/м³:

$$I_6^0 = V^0 (c\vartheta)_6.$$

2.13 Розрахунок теплової схеми для одного газового котла Buderus Logano S825L-2500

Коефіцієнт зниження витрат теплоти на опалення і вентиляцію в залежності від температури зовнішнього повітря

$$K_{об} = \frac{t_{вн} - t_{н.изл}}{t_{вн} - t_{нр}} = \frac{18 - (-21)}{18 - (-21)} = 1$$

Розрахункова відпустка тепла на опалення і вентиляцію, $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{об} = (Q_{об.макс}^ж - Q_{об.макс}^н) = (20,019 + 0) * 1 = 20,02.$$

Значення коефіцієнта $K_{об}$ в ступені 0,8

$$K_{об}^{0,8} = 1^{0,8} = 1$$

Температура прямої мережевої води на виході з котельні, °С

$$t_1 = 18 + 64,5 * K_{об}^{0,8} + 57,5 * K_{об} = 18 + 64,5 * 1 + 57,5 * 1 = 140$$

Температура зворотної мережної води на вході в котельню, °С

$$t_2 = t_1 - 80 * K_{об} = 140 - 80 * 1 = 60$$

Сумарний відпуск тепла на опалення, вентиляцію і гаряче водопостачання, $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{ГВ.об} = Q_{об} + (Q_{Г.В.}^{ср.ж} + Q_{Г.В.}^{ср.н}) = 20,02 + (0,16213 + 0) = 20,18113$$

Розрахункова витрата мережної води, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{ГВ.об} = \frac{Q_{ГВ.об} * 10^3}{(t_1 - t_2)} = \frac{20,18113 * 10^3}{(150 - 70)} = 60,206$$

Розрахунок підживлювальної води на заповнення втрат в тепломережі, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{ут} = \frac{0,5}{100} * [(Q_{об.макс}^{ж} + Q_{ГВ}^{ср.ж}) * q_{сист}^{ж} + (Q_{об.макс}^{н} + Q_{ГВ}^{ср.н}) * q_{сист}^{н}] * \frac{K_{ут}}{3600}$$

$$= \frac{0,5}{100} * [(20,02 + 0,16213) * 42900 + (0 + 0) * 0] * \frac{1}{3600} = 1,204$$

Кількість зворотної мережної води, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{сет.обр} = G_{ГВ.об} - G_{ут} = 60,206 - 1,204 = 59,0021$$

Температура гріючої води, що поступає до деаератора, °С

$$t_d = t_{вк1} = 150$$

Кількість гріючої води, що поступає до деаератора, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G'_{\text{д}} = \frac{1,002 * G_{\text{ут}} * (T_5 - T_4)}{(t_{\text{вк1}} - T_5) * 0,98} = \frac{1,002 * 1,204 * (70 - 60)}{(150 - 70) * 0,98} = 0,154$$

Продуктивність деаератора, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{\text{д}} = G_{\text{ут}} + G'_{\text{д}} = 1,204 + 0,154 = 1,36$$

Випар з деаератора, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$D_{\text{вип}} = 0,002 * G_{\text{д}} = 0,002 * 1,36 = 0,00272$$

Кількість пом'якшеної води, що поступає в деаератор, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{\text{у}} = G_{\text{ут}} + D_{\text{вип}} = 1,204 + 0,00272 = 1,21$$

Кількість сирої води, відповідно витраті пом'якшеної води, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{\text{св}} = K_{\text{хво}}^{\text{сн}} + G_{\text{у}} = 1,1 + 1,21 = 2,31$$

Витрата теплоти на підігрів сирої води перед водо підготовкою,

$\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{\text{с}} = \frac{G_{\text{св}} * (T_2 - T_1) * 10^{-3} * 4,19}{0,98} = \frac{2,31 * (25 - 5) * 10^{-3} * 4,19}{0,98} = 0,20$$

Кількість нагріваючої води, відповідно витраті Q_c , $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G'_c = \frac{Q_c \cdot 10^3}{(t_{\text{вк1}} - t_5) \cdot 4,19} = \frac{0,20 \cdot 10^3}{(150 - 70) \cdot 4,19} = 0,59$$

Витрата теплоти на підігрів пом'якшеної води перед деаератором, $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_y = \frac{G_y \cdot (T_4 - T_3) \cdot 10^{-3} \cdot 4,19}{0,98} = \frac{1,21 \cdot (60 - 25) \cdot 10^3 \cdot 4,19}{0,98} = 0,18$$

Кількість гріючої води, відповідно величині Q_y , $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G'_{y'} = \frac{Q_y \cdot 10^3}{(t_{\text{вк1}} - t_5) \cdot 4,19} = \frac{0,18 \cdot 10^3}{(150 - 70) \cdot 4,19} = 0,54$$

Загальна витрата теплоти на підігрів сирі, пом'якшеної води і на деаерацію, $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$\begin{aligned} Q_o &= Q_c + Q_y + G'_d \cdot (t_{\text{вк1}}^{\text{пост}} - t_{2\text{макс}}) \cdot C_v \cdot 10^{-3} = \\ &= 0,20 + 0,18 + 0,154 \cdot (150 - 70) \cdot 4,19 \cdot 10^{-3} = 0,43 \end{aligned}$$

Загальна витрата гріючої води відповідно величині Q_o , $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_o = G'_c + G'_{y'} + G'_d = 0,59 + 0,54 + 0,154 = 1,28$$

Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_T = Q_{\text{ов+гв}} + Q_o = 20,18 + 0,43 = 20,61$$

Теплове навантаження на котел, що працює в постійному режимі,
 $\frac{\text{МДж}}{\text{с}}$

$$Q_{\text{Т}}^{\text{пост}} = Q_{\text{к}}^{\text{ном}} \cdot N_{\text{кр}} = 1,5 \times 1 = 1,5$$

Відсоток завантаження водогрійного котла, що працює в постійному режимі, %

$$K_{\text{загр}}^{\text{пост}} = \frac{Q_{\text{Т}}^{\text{пост}} \cdot 100}{Q_{\text{к}}^{\text{ном}}} = \frac{1,5 \cdot 100}{1,5} = 100$$

Кількість води, яка пропускається крізь кожний працюючий водогрійний котел, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{\text{ВК}} = \frac{Q_{\text{Т}}^{\text{пост}} \cdot 10^3}{C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{ВК1}}^{\text{пост}} - t_{\text{ВК2}})} = \frac{Q_{\text{Т}}^{\text{пер}} \cdot 10^3}{C_{\text{в}} \cdot (t_{\text{ВК1}}^{\text{пер}} - t_{\text{ВК2}})} = 7,46$$

Сумарна кількість води, що пропускається через працюючі водогрійні котли, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{\text{ВК}\Sigma} = G_{\text{ВК}} \cdot N_{\text{кр}}^{\text{в}} = 7,46 \cdot 1 = 7,46$$

Додаткова кількість мережної води на ГВС, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$\Delta G_{\text{ГВ}} = G_{\text{ОВ+ГВ}} - G_{\text{ОВ+ГВmax}} = 0$$

Кількість води, яка проходить через нерегульований перепуск, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{\text{нп}} = N_{\text{кр}}^{\text{с}} \cdot N_{\text{ск}} + \Delta G_{\text{2с}} = 1 \cdot 7,46 + 0 = 7,46$$

Температура мережної води на виході з водогрійного котла, що працює в постійному режимі, $^{\circ}\text{C}$

$$t^{\text{пост}} = 150$$

Сумарна кількість води перед мережними насосами, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$\begin{aligned}\Sigma G_{\text{обр}}^{\text{сет}} &= G_{\text{с.обр}}^{\text{ов.гв}} + (G_{\text{підж}} + G'_{\text{д}}) + G'_{\text{у}} + G'_{\text{с}} = \\ &= 59,002 + (1,204 + 0,154) + 0,54 + 0,59 = 61,49\end{aligned}$$

Температура мережної води в зворотному трубопроводі перед мережним насосом, $^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned}t_3 &= \frac{G_{\text{обр}}^{\text{сет}} + t_2}{\Sigma G_{\text{обр}}^{\text{сет}}} + \frac{(G_{\text{підж}} + G'_{\text{д}})T_5 + (G_{\text{у}} + G'_{\text{с}})T_4}{\Sigma G_{\text{обр}}^{\text{сет}}} = \\ &= \frac{59,002 + 70}{61,49} + \frac{(1,204 + 0,154) \cdot 70 + (1,21 + 0,59) \cdot 60}{61,49} = 70\end{aligned}$$

Кількість води на рециркуляцію, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{\text{рц}} = G_{\text{вк}\Sigma} * \frac{t_{\text{вк}2} - t_3}{t_{\text{рк}1} - t_3} = 14,92 * \frac{70 - 70}{150 - 70} = 0$$

Кількість води на регульований перепуск, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$

$$G_{\text{рп}} = G_{\text{рц}} = 0$$

Аналогічний розрахунок проводився ще для шести різних температур зовнішнього повітря, а саме для: температури зовнішнього повітря у точці зламу температурного графіка мережної води, температур -15 , -10 , -5 та 0°C .

3. КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ І АВТОМАТИКА

Тип автоматичного пристрою вибирають з урахуванням особливостей об'єкту управління. Перевагу слід віддавати однотипним, централізованим і таким пристроям, що серійно випускаються. Це значно спростить постачання і експлуатацію. У зв'язку з тим, що процес нагріву води не належить до пожежо- та вибухонебезпечних, автоматизація здійснюється на основі використання електричних засобів.

Джерела енергії в електричних засобах автоматизації простіші і надійніші. Відсутні обмеження по відстані між підсилювачем і виконавчим механізмом. Електричні регулятори дозволяють легко підсумовувати різні імпульси. Для регулювання використовуються регулятори РС29. Вони володіють високою точністю і виконують функції: масштабування сигналу від датчика, алгебраїчне підсумовування, введення сигналу завдання, формують і підсилюють сигнал розшарування, світлову індикацію виходу. З регуляторами РС29 працюють електричні виконавчі механізми типу МЕО. Для надлишкового тиску використовуються датчики типу Метран 100 – ДИ.

Регулювання температури прямої і зворотної води зміною витрати газу залежно від температури, в якості чутливого елементу використовується аналоговий термоперетворювач температури типу ТСПУ–Метран–276 (ТТ1 – ТТ4). Ці перетворювачі призначені для виміру температури нейтральних і агресивних середовищ, по відношенню до яких матеріал захисної арматури є корозійностійким. Чутливий елемент первинного перетворювача і вбудований в голівку датчика вимірювальний перетворювач перетворюють вимірювану температуру в уніфікований вихідний сигнал постійного струму, що дає

можливість побудови АСУТП без вживання додаткових нормуючих перетворювачів.

Контроль тиску води необхідний для того, щоб визначити, чи є витрата води. При зменшенні витрати тиск знижується. Контроль тиску повітря після дуттьового вентилятора необхідний для визначення роботи вентилятора. Пониження тиску відбувається в разі відключення вентилятора або закриття його направляючого апарату при несправності регулятора повітря. При зниженні тиску повітря може відбутися його погасання.

В якості виконавчого механізму вибирається електричний одно оборотний типу МЕО 40/10-0,25 (ИМ1). Як поворотно-регулююча заслінка вибирається ПРЗ-150 (ИМ2), яка вибирається залежно від тиску і діаметру трубопроводу. Для регулювання тиску повітря залежно від витрати палива і вмісту кисню в димових газах, як вимірювальний перетворювач тиску повітря використовується перетворювач типу Метран – 100 – ДИ (РТ1, РТ3, РТ4).

У системі автоматичного регулювання розрідження в топці котла відведенням димових газів в якості перетворювача застосовується перетворювач типу Метран – 100 – ДИВ (РТ2).

У системі автоматичного контролю і сигналізації витрати газу датчиком є камерна діафрагма типу ДКС 10-150 (FS1).

Датчиком автоматичного контролю температури димових газів використовується термоперетворювач типу ТСПЕ-Метран-276 (ТТ4).

Система захисту вибираються датчики-реле. В якості датчика-реле тиск зворотної води, тиск живильної води, тиск повітря, тиск газу – ДРД -400А (PS1).

Після переведення перемикача шафи автоматики котла в положення «Пуск» виконуються етапи відповідно до таблиці. При цьому

в нижньому рядку дисплея контролера виводиться час, що залишився до завершення поточного етапу.

На етапі «Вентиляція топки» послідовно виконуються наступні дії:

1) Одночасно видаються команди на пуск перетворювача частоти димососа типу Altivar - 31 (UZ1), включення регулятора розрідження, включення пальника пуск автомата LGB, відкриття направляючого апарату димососа (ИМ1) і відкриття засувки води через котел.

2) Формується витримка часу 30 секунд для обробки регулятором розрідження заданої установки задається «Параметри пуску» для вентиляції топки приблизно за цей же час автомат пальника LGB переміщає заслінку повітря в положення «Відкрита повністю».

На етапі «Робота автомата пальника» автоматом LGB послідовно виконуються дії:

- формується витримка часу 36 секунд для вентиляції котла при повністю відкритій заслінці повітря і заданому розрідженні в топці,
- перевірка газових клапанів на герметичність,
- після закінчення вентиляції заслінка повітря переміщається в позицію запалення,
- розпалення газу запальника 4 сек,
- відкриття основних газових клапанів подачі газу в топку, на етапі «Контроль включення» контролюється відкриття основних газових клапанів вони можуть бути відкриті лише, якщо є полум'я в топці.

Примітка. Перехід з етапу «Робота автомата пальника» на етап «Контроль включення» відбувається в двох випадках: після відкриття газових клапанів або через 240 сек., якщо немає сигналу відкриття газових клапанів. У останньому випадку подальша робота автоматики блокується і на дисплей контролера виводиться повідомлення «Відмова автомата пальника».

На етапі «Перехід на мале горіння» здійснюється переведення заслінок газу і повітря в позицію «Мале горіння». На етапі «Прогрівання» регулятором температури здійснюється плавне регулювання потужності пальника до досягнення значення температури на виході котла заданої установки задається у відеокадрі, «Регулятор температури» або максимально можливої температури нижче уставленої, якщо пальник вийшов в позицію «Велике горіння».

На етапі «Робочий режим» здійснюється підтримка заданої температури на виході котла і включається алгоритм каскадного управління.

Відключення котла здійснюється на етапі «Регульована зупинка». При виконанні регульованої зупинки виконуються наступні дії:

- Відключається регулятор температури і видається команда на переміщення заслінок газу і повітря в позицію «Мале горіння».

- Формується витримка часу 30 сек для переміщення заслінок газу і повітря в позицію «Мале горіння».

- Після закінчення 30 сек видається команда на відключення пальника закриття газових клапанів.

- Формується задана витримка часу для вентиляції топки. На протязі цього часу працює регулятор розрідження. Тиск повітря підтримується автоматом на протязі 12 секунд, а потім пальник відключається.

- Після закінчення вентиляції видається команда на закриття засувки води.

При виконанні аварійної зупинки виконуються ті ж дії, що і при регульованій зупинці, але команда на відключення пальника видається без затримки часу і формується повідомлення «ЗАХИСНА ЗУПИНКА».

Зупинки котла по захисту «ЗАХИСНА ЗУПИНКА» подальша робота автоматики блокується. Для повторного запуску котла необхідно

або перевести перемикач на шафі автоматики (ША) в положення «Стоп», а потім в положення «Пуск».

Виконанні команди «Дистанційна зупинка» відбувається зупинка котла. Для подальшого включення котла необхідно зняти команду «Дистанційна зупинка» з комп'ютера, або перевести перемикач на шафі автоматики в положення «Стоп», а потім в положення «Пуск».

Якщо температура прямої води збільшилася, збільшується опір термоперетворювача типу ТСПУ-Метран-276 (ТТ1), також збільшується тиск води, який фіксується датчиком надлишкового тиску (РТ3). Якщо тиск перевищує допустимий сигнал поступає на термостат безпеки з блокуванням типу С07А3М (ТS1). Термостат безпеки автоматично відключає напругу живлення приладу. Перезапустити термостат можна лише вручну, але лише після того, як буде визначена причина спрацьовування пристрою.

Температура зворотної води збільшилася, збільшується опір термоперетворювача типу ТСПУ-Метран-276 (ТТ2), збільшується тиск зворотної води, що фіксується датчиком надлишкового тиску (РТ4).

Сигнал подається на регулятор РС29. В ньому формується сигнал, що управляє, відповідно до ПІ-закону регулювання. Цей сигнал посилюється підсилювачем і подається на виконавчий механізм (ИМ2), який зменшує подачу палива, змінюючи положення поворотно-регулюючої заслінки ПРЗ-150 (ИМ2). Температура живильної води сигналізується.

Контроль тиску води необхідний для того, щоб визначити, чи є витрата води через котел. При зменшенні витрати тиск знижується. Контроль тиску повітря після дуттьового вентилятора необхідний для визначення роботи вентилятора. Пониження тиску повітря відбувається в разі відключення вентилятора або закриття його направляючого апарату при несправності регулювальника повітря.

Зниження тиску газу нижче допустимого (PS1) приводить до згасання факела, тому тиск палива необхідно контролювати.

При підвищених розрідженнях в газоході буде великий присос зовнішнього повітря через всякого роду нещільності в обмурівці, це погіршить умови теплопередачі, знизиться продуктивність за рахунок підвищеної втрати з газами, що відходять. Тому необхідний контроль розрідження перед димососом (PT4).

Метан в суміші з повітрям створюють вибухонебезпечну газоповітряну суміш, що вибухає від джерела відкритого вогню. Вона діє на людину задушливо та отруйно, тому необхідно контролювати вміст метану CH_4 в приміщенні. При погасанні факела, топка котла і приміщення заповнюються газом, і може статися вибух. Для запобігання цього передбачений контроль по наявності полум'я в топці котла.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ.

Основоположним документом у галузі охорони праці є Закон України “Про охорону праці”. Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

4.1 Характеристика небезпечних та шкідливих виробничих факторів виробництва.

Теплових енергоустановки за ступенем впливу на виробничий персонал можна віднести до небезпечних виробництв. Робота енергоустановок пов'язана з викидом шкідливих речовин. Допоміжне обладнання енергоустановок включає велику кількість електродвигунів різної потужності: мережеві та підживлюючий насоси, насоси вихідної води, механізми електричні однооборотні в системі автоматизації. Харчування цих машин здійснюється від електромережі напругою 220 і 380 В., яке є небезпечним для життя. Згідно вимог [24] передбачено аварійне освітлення , яке включається у разі аварії і живиться від автономної електростанції потужністю 4кВт. В якості засобів індивідуального захисту від ураження електричним струмом в електромережах з напругою до 1000В використовують: діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими рукоятками, покажчики напруги, діелектричні калоші, гумові килимки, ізолюючі підставки .

Робота перерахованого вище обладнання, створюють у залі шум і вібрацію, які не перевищують гранично - допустимі значення 80 дБ - для

шуму і 60 дБ - для вібрації. Ці фактори впливають на людину, що знаходиться тільки поблизу даного обладнання, тобто вплив короточасне, але воно негативно впливає на опорно- руховий апарат і слух людини.

Незважаючи на ефективну теплоізоляцію трубопроводів мережної води , в приміщенні виділяється надлишкове тепло (~ 23 Дж/м³с), що створює в теплий період року в залі підвищену температуру (до 28-30 оС), і утрудняє віддачу тепла людським тілом при фізичній роботі в даному приміщенні.

4.1.1. Надмірний тиск.

Теплова енергоустановка – це сосуди, працюючі під тиском. Для забезпечення безпечних умов експлуатації установки, забезпечені приладами для виміру тиску і температури.

На запірній арматурі вказаний напрям його обертання при відкриванні або закриванні арматури.

Газові трубопроводи мають на лінії, що підводить, зворотний клапан, що автоматично закривається тиском з сосуду.

Кожен сосуд і самостійні порожнини з різними тисками забезпечені манометрами прямої дії. Манометр встановлений на штуцері сосуді або трубопроводі між сосудом і запірної арматурою.

Сосуді забезпечені запобіжними пристроями від підвищення тиску вище допустимого значення, а так само показчиками рівня рідини. На кожному показчику рівня рідини відмічені допустимі рівнями.

4.1.2 Підвищений рівень пожаро- і вибухонебезпеки.

Оскільки устаткування працює під тиском, то існує загроза вибуху. Тому, проектування здійснене відповідно до Правил безпеки в газовому господарстві.

На паропроводах що підводять, передбачені електромагнітні клапана, такі, що блокуються з сигналізаторами. На паропроводах встановлюється тільки сталева арматура.

Приміщення відноситься до категорії Г - пожаробезпечні, так як у виробництві використовується газоподібні речовини.

4.1.3 Підвищена температура.

В приміщенні є поверхні, що мають високу температуру(водопроводи, паропроводи, поверхні устаткування). Усі ділянки елементів, доступні для обслуговуючого персоналу, покриті тепловою ізоляцією, що забезпечує температуру зовнішньої поверхні не більше 45 °С, при температурі довкілля не більше 25 °С. Персонал у свою чергу зобов'язаний перед прийомом зміни привести в порядок спецодяг. Рукави і полу спецодягу слід застебнути на усі гудзики, волосся прибрати під каску. Забороняється засукувати рукави спецодягу щоб уникнути отримання опіків.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці.

При роботі з організацію охороні праці важливою складовою є поліпшення умов праці. Поліпшення умов праці пояснюється лише тим, що вони у основному є виробничу середу, у якій протікає життєдіяльність людини в час праці. Від його стану у прямій залежності перебуває рівень працездатності людини, результати його роботи, стан

здоров'я, ставлення до праці. Поліпшення умов серйозно впливає для підвищення його продуктивності.

4.2.1. Методи захисту від шуму.

Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються ГОСТ 12.1.003-86. В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень за їх використанням для трудової діяльності.

Боротьба з шумом в джерелі його виникнення. Це найбільш дієвий спосіб боротьби з шумом.

Зниження шуму звукопоглинанням та звукоізоляцією. Об'єкт, котрий випромінює шум, розташовують у кожусі, внутрішні стінки якого покриваються звукопоглинальним матеріалом. Кожух повинен мати достатню звукопоглинальну здатність, не заважати обслуговуванню обладнання під час роботи, не ускладнювати його обслуговування.

Зниження шуму звукоізоляцією полягає тому, що шумовипромінювальний об'єкт або декілька найбільш шумних об'єктів розташовуються окремо, ізольовано від основного, менш шумного приміщення звукоізолювальною стіною або перегородкою.

Звукоізоляційний ефект забезпечується також встановленням екранів та ковпаків. Вони захищають робоче місце і людину від безпосереднього впливу прямого звуку, однак не знижують шум в приміщенні.

4.2.2 Температурні умови виробничих приміщень.

Метеорологічні умови виробничих приміщень визначаються сукупністю параметрів-температури (t , °C), відносної вологості (φ %),

швидкості руху повітря (V , м/с), атмосферного тиску (P , мм.рт.ст.), інтенсивності теплового випромінювання (E , Вт/ м²). Сукупність цих величин, характерних для конкретних виробничих умов, називається мікрокліматом.

Заходи й засоби захисту працюючих при недопустимих параметрах мікроклімату поділяються на організаційні заходи та колективні та індивідуальні засоби.

До організаційних заходів відносяться автоматизація, дистанційне керування технологічними процесами, кімнати реабілітації, чергування часу роботи й відпочинку.

Як технічні колективні засоби захисту застосовують екрани, засновані на принципах відбиття, поглинання, тепловідведення, повітряні, водяні душі, завіси. До індивідуальних засобів захисту відносяться спецодяг.

4.2.3 Освітлення робочого міста.

Під час створення оптимальних умов діяльності необхідно враховувати, що ефективність залежить тільки від освітленості, а й від такого типу важливих функцій очі, як контрольна чутливість, гострота зору, швидкість розрізнення деталей і стійкість ясного бачення

Швидкість зорового сприйняття підвищується зі збільшенням висвітлення. Вона швидко зростає при висвітленні в 70 – 75 лк. Повільніше – при висвітленні в 1000 – 1200 лк. і більше.

Стійкість ясного бачення залежить від характеру виконуваної роботи, умов виробничої середовища, зокрема, від тривалості висвітлення (з поліпшенням висвітлення різко підвищується тривалість ясного бачення).

Існуючі норми штучного висвітлення виробничих приміщень передбачають різний рівень висвітлення для різної точності робіт.

Норми встановлюють найменші допустимі значення освітленості, при яких забезпечується успішне виконання різної характером і складності зорової роботи.

Висвітлення виробничих приміщень лише штучним світлом припустиме лише як виняток. Він створить відчуття безпосередній зв'язок із зовнішнього середовищем, дозволяє забезпечити рівномірний висвітлення приміщень.

Створення сприятливих умов праці, його подальше полегшення сприяють, з одного боку, збереження здоров'я трудящих, вдосконалення їх трудових навичок.

4.3 Виробнича санітарія.

Виробничі території повинні забезпечуватися належними умовами природного освітлення, водопостачання, а також провітрюватись. Виробничі будинки повинні розташовуватися залежно від технологічного процесу і шкідливих виробничих факторів.

Приміщення повинні бути обладнана водопроводом і каналізацією, мати тверді покриття проходів, знаки. Стіни і стелі повинні бути мало теплопровідними, не затримувати пил, підлоги - теплими, еластичними, рівними і не слизькими.

Пункти для надання першої допомоги потерпілим на виробництві і хворим, а також для проведення лікувальної і санітарно-профілактичної роботи.

4.3.1 Санітарно-побутові приміщення підприємств.

У тому разі, коли робітники перебувають на виробництві протягом шести-восьми годин, а також є вимоги щодо гігієни і культури виробництва, тоді потрібні санітарно-побутові приміщення:

- для прийому їжі і відпочинку під час перерви;
- душових для підтримки чистоти тіла під час роботи у пильних приміщеннях, гарячих цехах або з шкідливими речовинами;
- гардеробів (роздягальнь) для збереження повсякденного чи спеціального одягу і взуття;
- умивальників, фонтанчиків для питної води;
- приміщення для особистої гігієни жінок;
- приміщення для обігріву робітників, що працюють на відкритому повітрі;

Надання першої допомоги, лікувально і санітарно-профілактичні роботи на підприємствах проводять в оздоровчих пунктах.

4.3.2 Шкідливі та небезпечні виробничі чинники.

В процесі праці організм людини сприймає комплекс чинників, що можуть позитивно або негативно впливати на стан її здоров'я та рівень працездатності. Залежно від інтенсивності ці чинники можуть бути небезпечними або шкідливими.

Небезпечними називаються чинники, здатні при відповідних умовах викликати гостре порушення здоров'я або загибель організму; шкідливими – чинники, що чинять негативний вплив на працездатність або викликають професійні захворювання і інші професійні наслідки.

Якщо шкідливі і небезпечні чинники виробничого середовища досить активні, тоді організм людини не в змозі до них пристосуватися і його нормальне функціонування порушується, а стан здоров'я

погіршується внаслідок чого виникають виробничі травми або професійні захворювання.

До фізичних шкідливих та небезпечних чинників належить шум, вібрація і інші коливальні впливи, іонізуючі і неіонізуючі випромінювання, кліматичні параметри температура, вологість і рух повітря, атмосферний тиск, рівень освітлення.

До біологічних шкідливих та небезпечних чинників належать патогенні мікроорганізми, мікробні препарати, біологічні пестициди, сапрофітна спороутворююча мікрофлора, мікроорганізми – продуценти мікробіологічних препаратів.

Найбільш характерними специфічними наслідками впливу шкідливих й небезпечних чинників є виробничі травми і професійні захворювання.

Виробничими небезпечними й шкідливими чинниками досить важко провести відповідну межу. Один і той же виробничий чинник за природою своєї дії може одночасно належати до різних класифікаційних груп. Виробничий пил залежно від походження та інших характеристик може спричинити легеневий фіброз або травмування очей або інших ділянок тіла.

4.4 Електробезпека.

Терміни та визначення електробезпеки. При технічній експлуатації електроустаткування промислових підприємств електротравми можуть виникати з таких причин:

- дотик до струмопровідних частин електроустановок, які діють під напругою. Це може статися через несправність огорожувальних пристроїв електроустановок, помилкові дії персоналу, коли роботи

виконуються поблизу чи безпосередньо на струмопровідних елементах, що знаходяться під напругою.

- дотик до металевих конструктивних частин електроустановок, які не повинні знаходитися під напругою, але на корпусах, кожухах і огорожувальних пристроях може з'явитися напруга в результаті електричного пробію чи природного старіння ізоляції електроустановок, а також при замиканні оголених проводів.

- дотик інструментом і предметами, що мають малий опір, до ізоляції, до струмопровідних частин, а також до неметалевих частин електроустановок, які виявилися під напругою через заводські дефекти в конструкції, під час монтажу і виготовлення.

- дотик до стін, підлог, будівельних конструкцій, які виявилися під кроковою напругою. Крокова напруга виникає при розтіканні електричного струму від трубопроводів, будівельних конструкцій, рейкових шляхів, на які перейшов електричний струм в результаті падіння проводів чи погіршення ізоляції.

- дія дуги при операціях із відмикальними пристроями та інші причини. Електротравми через помилкову подачу напруги на електроустановки під час їх ремонтів і оглядів зумовлюються незадовільною організацією ремонтних робіт.

Ураження електричним струмом відносяться до небезпечних факторів, що відображаються на всьому організмі. Проте всі електротравми умовно поділяють на два основних види: місцеві електротравми, коли виникає місцеве ураження організму, електричний опік.

Ступінь небезпеки впливу електричного струму залежить від:

- сили електричного струму, що протікає через людину;
- роду і частоти електричного струму;
- шляху протікання електричного струму через тіло людини;

- тривалості впливу струму на людину;
- індивідуальних особливостей людини;
- умов зовнішнього середовища, в якому працює людина.

Значення напруги, під якою опинилася людина, і опір її тіла впливають на результат ураження людини лише в тій мірі, в якій напруга та опір людини визначають значення електричного струму, що протікає через людину.

Відчутний струм - електричний струм силою від 0,6 до 1,5 мА, що викликає під час проходження через організм відчутне подразнення.

Струм, що не відпускає - електричний струм, що викликає при проходженні через людину непереборні судорожні скорочення м'язів руки, в якій затиснута струмопровідна частина.

Для захисту людини від ураження електричним струмом використовують захисне заземлення. Приміщення належить до I категорії з надійності електропостачання. Електропостачання здійснюється по двох незалежних вводам через дві незалежні підстанції, також є двосекційна система шин. Згідно [25] використовується система з глухо заземленою нейтраллю для обладнання на 0,4 кВт електродвигуни насосів, і захисту людини від ураження електричним струмом. Захист обладнання від короткого замикання здійснюється за допомогою автоматів, а від перевантаження – тепловими реле. Система зовнішнього та внутрішнього освітлення живиться від внутрішніх мереж електропостачання.

4.4.1 Протипожежна безпека.

Відповідно до Основних правил пожежної безпеки [4.2], на підприємстві розроблені інструкції по заходах пожежної безпеки, в яких вказані для окремих ділянок виробництва заходу по протипожежному

режиму, граничні показання контрольно-вимірювальних приладів, порядок і норми зберігання вибухо- і пожежонебезпечних речовин. По кожній інструкції призначена відповідальна особа їх числа інженерно-технічних працівників.

Для внутрішнього пожежогасіння прийняті первинні засоби пожежогасіння в обсязі і складі відповідному вимогам додатка 3 НАПБ А.01 -001- 2004.

Для гасіння пожеж на підприємстві існує пожежна охорона, усі виробничі цехи і приміщення обладнані пожежною сигналізацією. Основними первинними засобами пожежогасінні є:

- вогнегасники хімічні пінні ОХП- 10;
- вогнегасники повітряно пінний ОВП- 10;
- вогнегасники вуглекислотні ОУ- 2, ОУ- 5, ОУ- 8, ОУ- 20;
- вогнегасники порошкові ОПС- 6, ОПС- 10;
- пожежні щити з інвентарем;
- пожежні водопроводи.
- ящики з піском;

В цілях попередження пожеж і створення безпечних умов праці на підприємстві проведені наступні заходи:

- встановлені достатні розриви між будівлями, спорудами, складами, забороняється зберігання горючих матеріалів в розривах між будівлями;
- забезпечені умови для організації евакуації з приміщень у разі виникнення пожежі;
- впроваджена у виробництво системи автоматичного контролю і сигналізації за виникненням небезпечних чинників.

Також передбачено :

- Застосування електроустаткування відповідно до вимог вибухопожежобезпеки ;
- Заземлення металевих частин електричних пристроїв для запобігання розрядів статичної електрики;
- Застосування світильників , типу проводів та виду прокладки проводів відповідних класу споруд і приміщень;
- Пристрій заземлюючого контуру і блискавкозахисту .

4.4.2 Засоби індивідуального захисту

До числа засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) відносяться прилади і пристосування для захисту органів дихання, зору , слуху , голови, рук , ніг і шкіри.

Працівникам відповідно до затверджених норм видаються:

- Каска для захисту голови ГОСТ 12.4.08784 ;
- Рукавиці по ГОСТ 12.4.010-73 ;
- Черевики ГОСТ 12.4.065-79 для захисту ніг від механічних пошкоджень та пилу;
- Костюм брезентовий , вогнетривкий ТУ 17-0.8-237-85 ;
- Протигази для виконання робіт в топках і для захисту органів дихання ГОСТ 12.4.042-78 , а так само респіратори ШБ1 . Пелюстка : ГОСТ 12.4.028-76 ;
- Костюм х / б ГОСТ 12.4.038-78 , службовець для захисту робітників від механічних пошкоджень;

- Електроперсоналу додатково видаються інструменти з ізольованими рукоятками, гумові діелектричні рукавички, боти, ізольовані і струмовимірювальні кліщі.

4.5 Розрахунок і вибір дефлектора

У відповідності з технологічною частиною проекту об'єм приміщення залу дорівнює.

$$V = V \times H \times L = 9 \times 6 \times 18 = 972 \text{ м}^3.$$

Для створення необхідного повітрообміну розрахункова кількість вентиляційного повітря визначиться за формулою , м³/год

де Q - виділення в приміщення явного тепла , кВт;

c_v - теплоємність повітря , c_v = 1 кДж / кг К;

ρ - щільність повітря , ρ = 1,2 кг/м³;

t_{ух} - температура повітря, що видається , 0С;

t_н - температура припливного повітря , 0С.

При допустимій інтенсивності теплового опромінення працюючих 70 Вт/м² сумарне тепловиділення від зовнішніх поверхонь теплотехнічного обладнання та трубопроводів одно.

$$Q = F \times q = 42 \times 70 = 2940 \text{ Вт (2,94 кДж / с)}.$$

Для літнього періоду перепад температур Δt = (t_{ух} - t_н) = 30С, тоді передбачається установка в котельному залі дефлекторів типу ЦАГІ, Прийнято конструктивне рішення установки дефлекторів по гребеню даху 2 дефлектора .

З приміщення залу необхідно видаляти дефлекторами 2940 м³/год повітря . Користуючись характеристиками дефлекторів, при значенні повного тиску в патрубку дефлектора $H = - 0,02$ Па , попередньо вибираємо дефлектор № 7 (діаметр патрубка 700 мм).

Розрахункова продуктивність дефлектора визначиться за формулою,

$$L_d = \frac{B - \sqrt{B^2 + 4KA}}{-2K},$$

де $A = 0,64 h_{дв} = 0,64 \times 0,65 = 0,39$ Па,

$h_{дв}$ - динамічний тиск швидкості вітру , приймаємо при швидкості вітру 2,0 м / с і $\rho = 1,29$ кг/м³ рівним 0,65 Па.

$$B = 0,0577 \cdot \frac{v_a}{d^2} = 0,0577 \cdot \frac{2}{0,7^2} = 0,235$$

Згідно таблиці 339 [35] сума коефіцієнтів місцевих опорів для дефлектора ЦАГІ $\sum \xi = 0,6$

Опір повітряпроводу до дефлектора :

$$H_c = \sum \xi h_{дв} = 0,6 \cdot 0,65 = 0,39 \text{ Па,}$$

Знаходимо коефіцієнт опору мережі за рівнянням

$$K = H_c / L^2$$

$$K = 0,39 / 0,41^2 = 2,32$$

$$L_d = \frac{0,235 - \sqrt{0,235^2 + 4 \cdot 2,32 \cdot 0,39}}{-2 \cdot 2,32} = 0,36 \text{ м}^3/\text{с}$$

Необхідна кількість дефлекторів

$$N = L / L_d = 0,82 / 0,36 = 2,27/$$

Результати розрахунку підтверджують необхідність установки в приміщенні двох дефлекторів № 7 ЦАГІ з діаметром патрубка 700 мм.

ВИСНОВКИ

В роботі було проведено аналіз та пошук шляхів зниження енерговикористання промислової будівлі в південних регіонах України на прикладі меблевої фабрики у м. Миколаїв.

У ході роботи було проаналізовано характеристики об'єкту, на прикладі якого проводилося дослідження. За усіма приміщеннями обчислено втрати теплоти через огорожуючі конструкції та на нагрів повітря, а також теплонадходження від різних джерел.

Крім того, було проведено повний розрахунок теплопостачання об'єкту, що досліджується, за усіма приміщеннями. Проведено аналіз надходження тепла, вологи, шкідливих речовин, проведено розрахунок вентиляції та її компонент, повітропроводів та системи аспірації. Проведено розрахунок теплової системи у випадку застосування газового котла обраного типу. Зроблено аналіз необхідних елементів контрольно-вимірювальних приладів та автоматики. Зазначені необхідні дії з виконання умов охорони праці.

Таким чином, запропонована робота повністю задовольняє усім вимогам, які були висунуті у технічному завданні та календарному плані.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с.
2. Шульга М.О., Алексахін О.О., Шушляков Д.О. Теплогазопостачання та вентиляція: навч. посібник. Харків: ХНУМГ, 2021. 191 с.
3. Возняк О. Теплогазопостачання та вентиляція. Львів: Львівська політехніка, 2021. 276 с.
4. Якимчук Б.Н., Гіроль А.М., Россінський Р.М. Експлуатація систем теплогазопостачання та вентиляції: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2020. 235 с.
5. Гічов Ю.О. Джерела теплопостачання промислових підприємств. Дніпро, 2019. 106 с.
6. Голік Ю.С., Гузик Д.В., Борщ О.Б., Кугаєвська Т.С., Шурчкова Ю.О., Череднікова О.В. Навчальний посібник до виконання кваліфікаційної магістерської роботи студентами спеціальності 144 «Теплоенергетика». Полтава: ПолтНТУ, 2019. 98с.
7. Снін П.М., Швачко Н.А. Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. Київ: Кондор, 2019, 244 с.
8. Ковальчук В.А., Мацнева Т.С. Теплопостачання: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2021. 300 с.
9. Енергоефективні технології: навчальний посібник / А.С. Мандрика та ін.; за заг. ред. А.С. Мандрики. Суми: Сумський державний університет, 2021. 330 с.
10. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Інститут «УкрНДІспецбуд», 2013.

11. Джеджула В.В. Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2021. 71 с.

12. Швець Н.В., Касаткіна М.В., Піддубна К.О. Проблеми та шляхи підвищення енергоефективності в Україні: від виробництва до використання теплової енергії. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, № 4 (245), 2018. С. 106-13.

13. Карюк А.М. Шляхи підвищення енергоефективності будівель в країнах ЄС та в Україні / А.М. Карюк , О.Б. Кошлатий, Т.В. Львовська, В.А. Пашинський // *Technology, Engineering and Science – 2018* : зб. наук. праць за матер. I Міжнар. наук.-практ. конф, Лондон, 24-25 вер. 2018 р. Полтава: ПолтНТУ, 2018. С. 19-21.

14. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.

15. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.

16. ДСТУ-Б-А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель

17. ДСТУ 4065-2001. Державний стандарт України. Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги.

18. ДБН В.2.5-39:2008 Теплові мережі Класифікація будинків за енергетичною ефективністю.

19. ДСТУ-Н Б В.1.1-27. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-10-01]. Київ, 2011. (Інформація та документація).

20. ДБН В.2.5-67. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ, 2014. (Інформація та документація).

21. Funnell, I.R. Aspects of thermal monitoring of substation equipment/ I. R. Funnell // *Developments Towards Complete Monitoring and In-Service Testing of Transmission and Distribution Plant*, IEE Colloquium on, Chester, 2019, pp. 2/1-2/2.

22. Moongilan, D. Corona noise considerations for smart grid wireless communication and control network planning / D. Moongilan // *Electromagnetic Compatibility (EMC), 2012 IEEE International Symposium on*, Pittsburgh, PA, 2012, pp. 357-362.

23. Ocana, C. Regulatory Reform in the Electricity Supply Industry: An Overview: working papers / C. Ocana; *International Energy Agency, Energy Diversification Division*. – [S.l.]: IEA, 2022. –36 p

24. Tan, Z. Day-Ahead Electricity Price Forecasting Using Wavelet Transform Combined With Arima And Garch Models / Z. Tan, J. Zhang, J. Xu, J.Wang // *Applied Energy*. –2018. –T. 87. No 11. –P. 3606–3610.

25. Yip, H. T. Dynamic thermal rating and active control for improved distribution network utilisation / H. T. Yip // *Developments in Power System Protection (DPSP 2010). Managing the Change, 10th IET International Conference on, Manchester*, 2018, pp. 1-5.