

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

« 8 » серпня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти **«бакалавр»**

на тему: Проект системи опалення фірми «Едісан» з дослідженням
теплових завіс у м. Івано - Франківськ

Виконав: студент групи 47-ТЕ-22з

Єдзасєв О.Ю.
(підпис)

Керівник роботи:

Чабанов І.І.
(підпис)

Первомайськ - 2026 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Енергетичного інжинірингу та робототехнічних систем»
Спеціальність 144 – «Теплоенергетика»
Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

(підпис)

«13» червня 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Єдзаєв О.Ю.

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проект системи опалення фірми «Едісан» з дослідженням теплових завіс у м.ІваноФранківськ

Керівник роботи: Чабанов І.І.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК № 19 від «19» 02 2026 року

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі: 1.06.2026

3. Вихідні дані по роботі: Компанія «Едісан» спеціалізується на виробництві продукції з дерева починаючи з 2003 року. Компанія залишається лідером в цій галузі, так як поєднує в своїх výroбах високу якість, професіоналізм і індивідуальний підхід до кожного клієнта. Головний фасад цеху орієнтований на північ. Будівля цеху одноповерхова. Адміністративна прибудова триповерхова. Висота будівлі цеху від підлоги до низу – 6 м. Зовнішні стіни виконані із залізобетонних панелей з утеплювачем з пінополістиролу. Покриття складається з наступних шарів: 1) залізобетонна плита; 2) полістіролбетон; 3) залізобетонна плита. Підлога бетонна не утеплена. Заповнення світлових прорізів – потрійне засклення в металевих клітинках, товщина скла – 3,5 мм. Джерело теплопостачання будинку цеху – КП «Калуська енергетична Компанія».

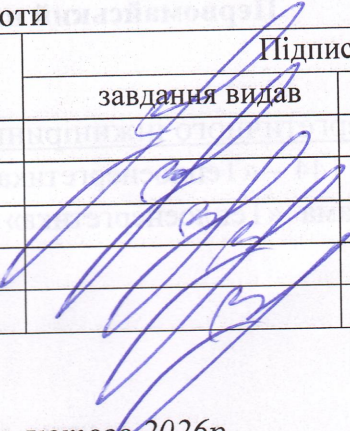
4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється проект системи теплопостачання. Мета кваліфікаційної роботи. 2. Проектування системи водяного опалення деревообробної компанії. 3. Розробка системи вентиляції Калуської деревообробної компанії. 4. Проектування системи теплопостачання з дослідженням теплових завіс. 5. Обґрунтування вибору енергозберігаючих інновацій для фірми «Едісан». 6. Техногенна безпека підприємства.

5. Перелік демонстраційних матеріалів

1. План будівлі. 2. Аксонометрична схема опалення 3. Аксонометрична схема вентиляції. 4. Креслення теплового пункту. 5. Креслення теплообмінника

6. Консультанти розділів роботи

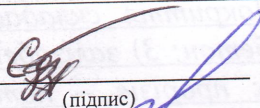
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Чабанов І.І.		
2	Чабанов І.І.		
3	Чабанов І.І.		
4	Чабанов І.І.		
5	Чабанов І.І.		

7. Дата видачі завдання 12» лютого 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

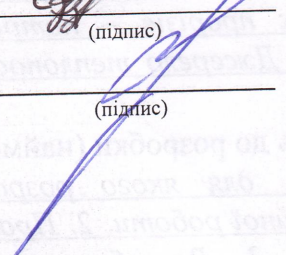
Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється проект системи тепlopостачання. Мета кваліфікаційної роботи	6.03.2026	Виконано
2	Проектування системи водяного опалення деревообробної компанії	27.03.2026	Виконано
3	Розробка системи вентиляції компанії «Mercury holding grup»	3.04.2026	Виконано
4	Проектування системи тепlopостачання з дослідженням теплових завіс	29.04.2026	Виконано
5	Обґрунтування вибору енергозберігаючих інновацій	15.05.2026	Виконано
6	Розробка заходів з охорони праці	19.05.2026	Виконано
7	Графічна частина	22.06.2026	Виконано

Студент


(підпис)

Єдзасв О.Ю.

Керівник роботи


(підпис)

Чабанов І.І.

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі виконано проєктування систем вентиляції та опалення компанії «Едісан», розташованої у м. Івано-Франківськ, з дослідженням ефективності застосування теплових завіс. Робота спрямована на забезпечення нормативних параметрів мікроклімату у виробничих та адміністративних приміщеннях, підвищення енергоефективності будівлі та зменшення тепловтрат у холодний період року. У процесі виконання роботи проведено аналіз сучасних інженерних систем теплопостачання, вентиляції та аспірації для деревообробних підприємств, визначено розрахункові параметри внутрішнього і зовнішнього повітря, виконано теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій та розрахунок теплового балансу будівлі. Розроблено систему водяного опалення з урахуванням чергового режиму роботи, що дозволяє оптимізувати витрати енергії. Особливу увагу приділено проєктуванню припливно-витяжної вентиляції та місцевої аспірації з можливістю часткової рециркуляції повітря у холодний період року, що забезпечує зниження енергоспоживання. Виконано підбір основного вентиляційного обладнання, включаючи вентилятори, фільтри та калорифери, а також розрахунок та обґрунтування ефективності теплових завіс як елемента енергозбереження. Розроблено технологічні рішення щодо монтажу вентиляційного обладнання, проведено техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень та розглянуто питання охорони праці й техногенної безпеки. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення надійності, енергоефективності та екологічної безпеки інженерних систем підприємства.

Ключові слова: вентиляція, опалення, теплові завіси, аспірація, мікроклімат, енергоефективність, деревообробне підприємство, теплопостачання, повітрообмін.

ABSTRACT

This qualification thesis presents the design of heating and ventilation systems for the woodworking enterprise “Edison” located in Kalush, including a study of the effectiveness of air curtains. The aim of the work is to ensure normative indoor climate conditions in production and administrative buildings, improve building energy efficiency, and reduce heat losses during the cold season. The study includes an analysis of modern HVAC and dust extraction systems for woodworking facilities, determination of indoor and outdoor design air parameters, thermal calculations of building envelope structures, and heat balance assessment. A water-based heating system with an intermittent operating mode has been developed to optimize energy consumption. Special attention is given to the design of a supply and exhaust ventilation system and local dust extraction with partial air recirculation during the heating period, which contributes to energy savings. The selection of main ventilation equipment, including fans, filters, and air heaters, as well as the design justification of air curtains, has been carried out. Technical solutions for installation processes, economic feasibility analysis, occupational safety, and environmental considerations are also included. The proposed engineering solutions improve the reliability, energy efficiency, and environmental safety of the building systems.

Keywords : ventilation, heating system, air curtains, dust extraction, indoor climate, energy efficiency, woodworking industry, heat supply, air exchange.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	
ДОСЛІДЖЕННЯ	11
1.1 Загальна характеристика деревообробної компанії «Едісон... ..	11
1.2 Загальний опис цеху по обробці деревини деревообробного підприємства.....	12
1.3 Нормативні документи для проектування системи вентиляції та опалення.....	16
РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	
ФІРМИ «ЕДІСОН».....	18
2.1. Розрахункові параметри зовнішнього повітря	18
2.2. Розрахункові параметри внутрішнього повітря	18
2.3 Проектування чергового палювання.....	19
2.4. Проектування системи водяного опалення.....	20
2.5. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій будівлі	23
2.6. Розрахунок тепловтрат приміщенням.....	30
2.7. Розрахунок теплонадходжень у приміщення.....	36
2.8. Розрахунок теплового балансу і вибір системи опалення.....	44
2.9. Вибір опалювальних агрегатів.....	45
2.10. Розробка теплової завіси	48
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ КОМПАНІЇ	
«ЕДІСАН».....	56
3.1 Вибір і розрахунок систем місцевої вентиляції	56
3.2. Аеродинамічний розрахунок однієї припливний і однієї витяжної механічної системи вентиляції.....	62
3.3. Підбір вентиляційного обладнання компанії.....	67

РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ІННОВАЦІЙ КАЛУСЬКОГО ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА	75
4.1 Запровадження енергозберігаючих інновацій на місці споживання теплоенергії.....	75
4.2. Ієрархічна модель для вибору оптимального напрямку енергозбереження	80
РОЗДІЛ 5 ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА КОМПАНІЇ «ЕДІСАН».....	83
5.1. Організація охорони праці на підприємстві	83
5.2. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів.....	86
5.3. Вибір та обґрунтування системи пожежогасіння	91
5.4. Заходи з охорони навколишнього середовища.....	95
5.5. Безпека життєдіяльності.....	96
ВИСНОВКИ.....	98
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	103
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	

ВСТУП

В умовах сучасного виробництва та важкої екологічної обстановки, вентиляція, кондиціонування і очищення повітря є одними з головних заходів щодо забезпечення оптимальних умов для високопродуктивної праці, підвищенню творчої активності, збереженню здоров'я і повноцінного відпочинку людей.

Теплопостачання – це надання послуг щодо задоволення потреб споживачів у тепловій енергії. Найбільшими споживачами тепла є житлові, громадські і промислові споруди в містах та поселеннях.

Теплова енергія витрачається на комунально-побутові потреби людей в приміщеннях. Споживання тепла з року в рік зростає. Збільшення споживання тепла в містах відбувається зі збільшенням кількості сучасних житлових та громадських будівель, що вводяться в експлуатацію, а також зі збільшенням втрат тепла при передачі та поганій ізоляції приміщень, що опалюються. Впровадження нових технологічних процесів і будівництво споруд з більш довершеними об'ємно-плановими досягненнями, що максимально відповідають функціонально-технологічному призначенню вимагають збільшення споживання тепла.

Для задоволення теплових потреб передбачуються відповідні інженерні пристрої, що забезпечуються теплом від теплових мереж: системи опалення, вентиляції, кондиціонування повітря, гарячого водозабезпечення, а також теплотехнічне обладнання для технологічних цілей. Кожен пристрій має власне призначення і задовольняє, як правило, один з видів теплоспоживання.

Обсяги і структура споживання теплової енергії в містах України неоднакові і обумовлені такими факторами: чисельністю населення міста; рівнем розвитку промисловості та її галузевим складом, які характеризують потреби теплової енергії для промисловості; обсягом наявного житлового фонду і рівнем його благоустрою та ін.

У структурі споживання теплової енергії будь - якого міста значну частину складають витрати на побутові потреби, пов'язані з опаленням та гарячим водопостачанням житлового фонду.

Системи опалення залежно від джерела вироблення теплової енергії поділяють на місцеві й центральні.

Місцевим опаленням називають таку систему, при якій паливо спалюється в печі (грубі), розташованій в опалюваному помешканні, а тепло, одержане від спалюваного палива, передається в помешкання від поверхні нагрітої печі. Така піч (груба) може обслуговувати одну або декілька кімнат. Крім місцевого грубого опалення застосовують місцеве газове або електричне опалення. [1]

Централізованою системою опалення називають такий пристрій, при якому тепло виробляється в якомусь центрі, наприклад, в центральній котельній, а теплоносій по трубопроводах передає тепло нагрівальним приладам, встановленим в окремих помешканнях.

Системи гарячого водопостачання забезпечують споживачів гарячою водою, яку в житлових, громадських, комунальних будівлях, а також на промислових підприємствах використовують для ванн, душових, прання білизни, миття посуду, технологічних потреб.

Споживання тепла для побутових потреб характеризується значною нерівномірністю протягом доби; знижуючись уночі до нуля, воно підвищується до максимуму у вечірній час. Витрати тепла на побутові потреби залежать від схеми приєднання гарячого водопостачання і теплової мережі, від наявності ванн у квартирах, укладу життя людей та інших факторів. Переваги теплофікації і централізованого теплопостачання найбільш яскраво проявляються при концентрації теплових навантажень, що характерно для сучасних міст. [2]

Останнім часом з метою скорочення витрат, підвищення сталості теплопостачання споживачам та економії енергоресурсів здійснюється

перехід від надмірної централізації джерел тепла до групового й індивідуального теплозабезпечення споживачів. [3]

Забезпечення надійної та економічної роботи всієї системи теплопостачання і високої якості надання послуг споживачам можливе тільки при узгодженій та чіткій роботі всіх ланок системи. У всій системі теплопостачання повинні діяти єдині загальні правила, обов'язкові як для ТЕЦ (або котельної), так і для тепломережі, і споживачів. [4]

Завдання створення ефективного процесу вентиляювання вирішується економічними і прогресивними виробничими способами. Улаштовуються комбіновані системи вентиляції для промислових підприємств із використанням аерації, повітряних душів на робочих місцях і площадках, а також повітряних завіс у зовнішніх воріт прорізів конструкцій огороження приміщень, застосовуються системи кондиціонування повітря, що відповідають найвищим санітарно-гігієнічним і технологічним вимогам. Технологічні вимоги до параметрів повітряного середовища виробничих приміщень безупинно підвищуються. У робочих приміщеннях цілого ряду виробництв потрібна підтримка заданих параметрів мікроклімату на строго певному рівні. Це спричиняється більш широким застосуванням на промислових підприємствах вентиляційних систем і систем кондиціонування повітря з автоматичним керуванням і регулюванням, використанням засобів телемеханіки і організацією диспетчерських постів. Робота систем вентиляції залежать не тільки від правильності прийнятої системи вентиляції, схеми повітрообміну і вірогідності проведених розрахунків, але і від правильно організованих монтажних робіт, точності налагодження і правильності експлуатації. Можливості монтажу, налагодження і експлуатації систем і встаткування, що забезпечують вентиляцію приміщень, також необхідно закладати на стадії проектування. З огляду на вищевикреслені завдання, у кваліфікаційній роботі особлива увага приділяється проектуванню

ефективності системи вентиляції та опалення, їх техніко-економічним параметрам, а також екологічній безпеці на об'єкті дослідження.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування системи вентиляції та опалення Калуської деревообробної компанії з дослідженням теплових завіс.

Об'єкт кваліфікаційної роботи Фірма «Едісон», розташована за адресою: вул. Промислова 13, місто Калуш, Івано-Франківська область.

Методи дослідження. Теоретичною та методичною основою кваліфікаційної роботи є концептуальні положення сучасної наукової думки з проблематики функціонування та розробки системи теплопостачання, законодавчі та нормативні акти, методичні матеріали, інструкції міністерств та відомств України, а також власні дослідження здобувача та результати їх обробки. Для досягнення визначеної мети і вирішення поставлених питань в процесі дослідження застосовувались такі *методи*: узагальнення, аналізу та порівняння – для структурування понятійного апарату; економіко-статистичні методи – для обробки статистичних даних; графічні та графоаналітичні методи – для наочного подання матеріалу, порівняльного аналізу статистичних даних; методи системного аналізу та синтезу – для дослідження процесів розробки системи теплопостачання, організаційно-інформаційного забезпечення компанії; кореляційного та факторного аналізу.

Обробка статистичної інформації здійснювалась за допомогою сучасних інформаційних технологій. [5]

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та графічної частини. Робота містить 17 таблиць; 23 рисунок.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Загальна характеристика деревообробної компанії «Едісон»

Калуська деревообробна компанія спеціалізується на виробництві продукції з дерева починаючи з 2003 року. Компанія залишається лідером в цій галузі, так як поєднує в своїх виробках високу якість, професіоналізм і індивідуальний підхід до кожного клієнта. Знаходиться за адресою: вул. Промислова 13, м. Калуш, Івано-Франківська обл. Калуська деревообробна компанія (Mercury holding grup) для досягнення високих показників якості, працює тільки з працівниками, які пройшли всі рівні необхідної кваліфікаційної підготовки і здобули необхідну освіту (деревообробне виробництво, дизайн, художня графіка, різьба по дереву і.т.п.).

В свою чергу велику частину прибутків виділяється на закупівлю нового високотехнологічного обладнання, яке допомагає максимально точно і якісно виробити той чи інший виріб.

За останній період було виготовлено іконостаси, оздоблені іконами провідних митців України з дотриманням всіх церковних канонів.

Серед номенклатури виробів можна назвати:

- ікони,
- більярдні столи,
- ексклюзивні меблі,
- двері з масиву деревини,
- євровікна,
- дерев'яні будиночки з каліброваного бруса,
- сауни,
- настінні дерев'яні панелі для облаштування кабінетів, ресторанів,
- столярні вироби.

Спеціалісти виконують замовлення в найкоротший термін.

Вибираючи Калуську деревообробну компанію - клієнти завжди залишаються задоволені якістю та оригінальністю нашої продукції. [6]

Додатково: Послуги в Україні » Проектування | дизайн

Виробництво в Україні » Меблі | принадлежности

Виробництво в Україні » Деревообробні підприємства України

1.2. Загальний опис цеху по обробці деревини деревообробного підприємства

Об'єктом розробки є будівля цеху обробки деревини, а також адміністративна прибудова до нього, розташована в м. Калуш.

Відповідно до завдання необхідно зпроектувати систему припливно-витяжної вентиляції й систему опалення цеху обробки деревини й адміністративної прибудови до нього, відповідно до діючих Будівельних норм і правил (БНіП), вказівками по проектуванню (СН), технічними умовами (ТУ) на монтаж і експлуатацію систем опалення й вентиляції.

Головний фасад цеху орієнтований на північ. Будівля цеху одноповерхова. Адміністративна прибудова триповерхова. Висота будівлі цеху від підлоги до низу будівлі – 6 м. Зовнішні стіни виконані із залізобетонних панелей з утеплювачем з пенополістіролу. Покриття складається з наступних шарів (попередньо зсередини назовні): 1) залізобетонна плита; 2) полістіролбетон; 3) залізобетонна плита. [7]

Підлога бетонна не утеплена з ґрунту. Заповнення світлових прорізів – потрійне засклення в металевих плетіннях. Товщина скла – 3,5 мм.

Джерело теплопостачання будинку цеху – КП “Калуська енергетична Компанія”. [8]

Система теплопостачання м. Калуш на даний час включає:

- 8 квартальних котелень комунальної власності;
- ВФ ДПЗД «Укрінтеренерго» Калуську ТЕЦ.

Станом на 01.05.2021р. – на балансі КП “Калуська енергетична Компанія” знаходиться 8 котелень на яких встановлено 25 водогрійних котлів, сумарною встановленою потужністю 33,56 Гкал/год. А саме:

- Котельня на вул. Підвальній (оснащена 2 котлами “КОЛВІ 1300”)
- Котельня “Чорновола” на майдані Шептицького ба (оснащена 2 котлами КОЛВІ 1300)
- Котельня на вул. Й.Сліпого (оснащена 2 котлами “Універсал 6”)
- Котельня на вул. Винниченка (оснащена 3 котлами КСВ-2,0 “ВК – 21” – М2”)
- Котельня на вул. Каракая (оснащена 3 котлами КСВ-2,0 “ВК – 21” – М2”)
- Котельня на вул. Сівецькій (оснащена 3 котлами КСВ-2,0 “ВК – 21” – М2”)
- Котельня на вул. Біласа і Данилишина (оснащена 4 котлами “КОЛВІ 1500”)
- Котельня на бульварі Незалежності (оснащена 6 котлами “КОЛВІ 1500”)

Загальна протяжність теплових мереж складає 49, 73 км., в тому числі від котелень 12,19 км. За 2020 рік проведено заміну 1,23 км. теплових мереж, виконано роботи з встановлення люків на теплових мережах в кількості 7 шт., проведено часткову ізоляцію теплових мереж (на вул. Чорновола та в районі ЗОШ №7), заміна 2 засувок. Загальна вартість робіт – 527400 грн. Відпуск теплоти відбувається за такою схемою:

Живлення теплової мережі відбувається за рахунок станційних бойлерів (ОБ-I, ОБ-II і ПБ). ОБ-I і ОБ-II бойлери, які постійно знаходяться у робочому режимі, ПБ - це піковий бойлер, потужність якого

використовується незначною мірою. Схема системи централізованого теплопостачання така:

Зворотна мережна вода робочим мережним насосом (другий у резерві) прокачується і послідовно через охолоджувач дренажів, основні бойлери I та II ступені і при необхідності, через піковий, нагрівається в них до необхідної температури й надходить у колектор прямої мережної води.

Гаряче водопостачання споживачів здійснюється за закритою схемою, тобто пряма мережна вода служить для нагрівання холодної водопровідної води на потреби гарячого водопостачання у водоводяних підігрівниках теплових розподілювальних пунктів. [9] Необхідна температура мережної води на виході з бойлерів підтримується своїм регулятором температури. Необхідний тиск зворотної мережної води $1,4 \text{ кгс/см}^2$ ($0,14 \text{ МПа}$) підтримується автоматично шляхом зміни витрати живильної води, що подається з установки підживлення тепломережі. Паропостачання ОБ-I здійснюється від V відбору, ОБ-II від IV відбору й від КСН, ПБ-від КСН. Регулювання рівнів конденсату в ПБ й ОБ-II здійснюється регуляторами, що впливають на регулювальні клапани, установлені на лініях його відводу. Регулювання рівнів ОБ-I здійснюється регулятором, що впливає на регулювальний клапан, установлений на колекторі насосної відкачки КГП ТФУ в лінію основного конденсату за ПНД-3 або БГК, або регулятор на без насосному відводі КГП бойлерів на конденсатор ТГ-2. Категорія робіт у цеху середньої ваги Пб. [10] Кількість працюючих (робітників) - 32 чоловіка. Деревообробне виробництво є вибухонебезпечним, тому всі очисні пристрої розташовані на нормованій відстані від цеху, патрубки від підливних клапанів цих пристроїв направляються нагору або убік найменшого заподіяння шкоди здоров'ю людей і меншого завдання збитків спорудженням, як самого цеху так і прилеглим. У цеху розташоване деревообробне встаткування обладнане вбудованими вітсосами для видалення системами аспірації пилу, що виділяються, стружки,

обпилювань. Для кожного місцевого відсмоктування, залежно від виду верстата, нормується витрата повітря, що повинна забезпечувати запобігання утворення вибухонебезпечних пилоповітряних сумішей. Технічна характеристика технологічного устаткування, встановленого в будинку цеху, наведена в таблиці 1.1. [11]

Таблиця 1.1

Технічна характеристика технологічного устаткування цеху

Поз.	Найменування	Кіл.	Характеристика до шкідливостей, що виділяються	Обсяг витяжки, м ³ /год		Характеристика місцевого відсмоктування	Потужність, кВт
				на од. обор.	усього		
2.1	Верстат торцювальний ЦПА-40-2	1	обпилювання	840	840	убудований відсмоктування	6,2
2.2	Верстат прирізний ЦДК-5	1	обпилювання	1200	1200	убудований відсмоктування	3
3.1	Верстат фуговельний СФ4-1А	2	стружка	1550	3100	убудований відсмоктування	3
3.2	Верстат рейсмусовий СРБ-9	2	стружка	2160	4320	убудований відсмоктування	9,1
3.3	Верстат токарський ТП40-1	1	стружка	1080	1080	убудований відсмоктування	1,7
							2
3.4	Верстат карусельний фрезерно-шліфувальний ФЯКШ-3	1	стружка	6000	6000	убудований відсмоктування	26
3.5	Верстат колопильний ЦБ-3	2	обпилювання	870	1740	убудований відсмоктування	5,5
3.6	Верстат фрезерний ФС-1А	2	стружка	1350	2700	убудований відсмоктування	4,2
							5
3.7	Верстат агрегатний сверлильно - пазовальний СТ409А	1	стружка	950	950	убудований відсмоктування	19,9
3.8	Верстат сверлильно-пазовальний СВПГ-2А	1	стружка	950	950	убудований відсмоктування	2,2
3.9	Верстат сверлильно-пазовальний СВА-3	1	стружка	500	500	убудований відсмоктування	2,2
3.10	Верстат шліфувальний комбінований ШЛПС-8	1	пил	3000	3000	убудований відсмоктування	5,1

1.3 Нормативні документи для проектування системи вентиляції та опалення

Нормативні документи для проектування опалення і вентиляції:

ДБН 23-01-99* "Будівельна кліматологія".

ДБН 41-01-2003 "Опалення, вентиляція й кондиціонування".

ДБН 23-02-2003 "Тепловий захист будинків".

ДБН 2.08.02-89 "Суспільні будинки і спорудження".

ДБН 2.09.04-87* "Адміністративні і побутові будинки".

ДБН 21-01-97* "Пожежна безпека будинків і споруджень".

ДБН 41-02-2003 "Теплові мережі".

Мета проекту: Забезпечити нормативний тепловологий режим у розглянутих будинках для трьох періодів року, забезпечити мікроклімат у приміщеннях задовольняючій санітарно-гігієнічним і іншим нормам.

Запобігти влученню шкідливостей від устаткування у приміщення або їхнє видалення, не допускаючи утворення небезпечних концентрацій як з боку заподіяння шкоди здоров'ю працюючого персоналу, так і виходячи з умов утворення вибухонебезпечних сумішей.

У процесі дослідження необхідно: спроектувати систему аспірації для видалення пилу й стружки. Повітря, що видаляється при цьому, у холодний період року повинно повертатися в приміщення, що обслуговується системою, це дозволить значно зменшити втрати теплоти і знизити витрату припливного повітря.

У адміністративній частині будівлі зпроектувати систему припливно - витяжної вентиляції. Розробити систему опалення з можливістю роботи, як у звичайному, так і в черговому режимі. В адміністративній частині будівлі в приміщеннях, у яких працює велика кількість людей, зпроектувати спліт - систему.

Спліт-система ([англ. Split](#) — «розділяти») — це тип [кондиціонера](#) побутового або напівпромислового призначення. На відміну від кондиціонерів моноблокового виконання, кожна спліт-система включає в себе зовнішній блок, що виконує функції компресорно-конденсаторного агрегату, який виноситься з основного приміщення на зовнішню стіну будівлі, і внутрішній блок, який здійснює випаровування (розташовується всередині приміщення в місці, найбільш зручному для людей, що там працюють, із врахуванням оптимального розподілу повітряних потоків). З'єднані обидва блоки електричним кабелем і трубами з міді, які забезпечують вільну циркуляцію [фреону](#). Зовнішній блок також містить [вентилятор](#) і повинен бути розташований у місці, де атмосферне повітря зможе охолоджувати його природним шляхом — обдувом.

Контроль за температурним режимом здійснюється за допомогою пульта дистанційного управління, який здатний змінювати температурний режим (частоту вмикання / вимикання, вихідну температуру повітря, тощо) за бажанням користувача. Більшість моделей мають режим автоматично увімкнення / вимкнення по заданому таймером часу, змінювати напрямок потоку повітря та інші функції. 

Впровадити в систему очищення повітря та систему аспірації з можливістю його рециркуляції в холодний період, а також застосувати гнучкі повітроводи, спліт - систему й останні моделі припливно - витяжних клапанів. При проектуванні систем опалення застосувати сучасні регулюючі, запірно-регулюючі пристрої. [12]

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ФІРМИ «ЕДІСОН»

2.1. Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Відповідно до [1] за розрахункові умови для теплого періоду року приймаються параметри зовнішнього повітря А, для холодного періоду року - параметри^{°Б}. [13]

Таблиця 2.1

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Параметри зовнішнього повітря			
Період року	$t_n, ^\circ\text{C}$	Ентальпія I_n , кДж/кг	Швидкість вітру v , м/с
Теплий	22,5	49	1
Холодний	-25	-43,1	2
Перехідні умови	8	22,5	-

2.2. Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Таблиця 2.2

Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Параметри внутрішнього повітря			
Період року	$t_v, ^\circ\text{C}$	Відносна вологість ϕ , %	Рухливість повітря в приміщенні v , м/с
Теплий	26,5	75	0,5
Холодний Перехідні умови	15	75	0,4

2.3 Проектування чергового опалювання

Економічно доцільно застосовувати безканалъне повітряне опалення за допомогою повітряно-опалювальних агрегатів, які являють собою блоки калориферів з вентиляторами (найчастіше осьовими). Повітря із приміщення засмоктується вентилятором, продувається через калорифер і далі вже нагріте надходить знову в приміщення. Залежно від призначення такі агрегати виготовляють двох типів: 1) для роботи при повній рециркуляції повітря приміщень (опалювальні) і 2) для роботи на рециркуляційному повітрі з більшим відсотком підмішування зовнішнього повітря (повітряно-опалювальні). [14]

Повітряно-опалювальні агрегати невеликих розмірів і маси встановлюються на кронштейнах, які кріпляться до колон (стінам) або підвішуються до стелі на спеціальних підвісах. Перші агрегати називаються напідлоговими, другі – підвісними. [15]

Застосування повітряно-опалювальних агрегатів спрощує й здешевлює монтаж системи повітряного опалення, але разом з тим вони є джерелом значного шуму в цехах промислових будівель. Однак даний недолік нівелюється тим, що система повітряного опалення із застосуванням повітряно-опалювальних агрегатів буде включатися в роботу лише в неробочий час доби для підтримки температури внутрішнього повітря на рівні 5 °С у холодний період року.

Система чергового опалення призначена для підтримки в цехах промислових будинків у неробочий час (нічний час, вихідні, святкові дні й т.д.) температури 5 °С. У робочий час система чергового опалення як правило відключається. Іноді система чергового опалення проектується для цілодобової підтримки в цеху температури 5 °С. [16]

Відсутня кількість теплоти в робочий час компенсується за рахунок теплопостачання або перегріву подаваного припливного повітря.[4]

2.4 Проектування системи водяного опалення

Опалення, за визначенням у вітчизняній нормативній літературі, – підтримання в закритих приміщеннях нормованої оптимальної температури із середньою незабезпеченістю 50 год/рік. Відміною сучасного опалення є автоматичне підтримання (регулювання) у приміщенні температури повітря на індивідуальному рівні з метою забезпечення теплового комфорту. [17]

Опалення здійснюють комплексом технічних засобів, який називають системою опалення. До її складу входять засоби для отримання, транспортування і передачі теплоти в усі приміщення, що обігріваються. Система опалення обслуговується, як правило, комплексом автоматизованої системи управління. Автоматизована система управління підтримує задану температуру повітря у приміщенні незалежно від коливань параметрів оточуючого середовища (атмосферних умов). Класифікація систем водяного опалення надто розгалужена, що пов'язано з багатоваріантністю принципових схем, технічних та функціональних характеристик, які залежать як від технічних можливостей цих систем, так і від об'єктів застосування. [18]

Вибір системи починають техніко-економічними розрахунками з урахуванням якості вихідного теплоносія, ступеня забезпеченості ним і підтримання потрібної його якості у споживача. Системи опалення поділяються на горизонтальні і вертикальні. Для вертикальних систем існує можливість встановлення індивідуальних капілярних або електронних лічильників теплової енергії на опалювальних приладах за наявності централізовано затверджених методик обліку та узгодження з експлуатаційними організаціями.

Установлення таких лічильників доцільне при модернізації систем опалення. [19]

Система опалення. Опалення проектується для забезпечення в приміщеннях розрахункової температури повітря, з огляду на:

- а) втрати теплоти через конструкції, що обгороджують;
- б) витрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що інфільтрується;
- в) тепловий потік, що регулярно надходить від електричних приладів, освітлення, технологічного устаткування, комунікацій, матеріалів, людей і інших джерел; при цьому тепловий потік, що надходить до кімнат, варто приймати не менше чим 10 Вт на 1 м² підлоги.

Втрати теплоти через внутрішні конструкції приміщень, що обгороджують, допускається не враховувати, якщо різниця температур у цих приміщеннях дорівнює 3 °С і менше.

Витрати інфільтруючого повітря варто визначати, приймаючи швидкість вітру по параметрах Б.

Якщо швидкість вітру при параметрах Б менше, ніж при параметрах А, то опалювальні прилади варто перевіряти на параметри А.

Параметри теплоносія (температура, тиск) у системах опалення з трубами з термостійких полімерних матеріалів не повинні перевищувати гранично припустимі значення, зазначені в нормативній документації на їх виготовлення, але не більш 90 °С та 1,0 МПа. [20]

Для систем опалення і внутрішнього теплопостачання варто застосовувати в якості теплоносія воду, інші теплоносії допускається застосовувати при техніко-економічному обґрунтуванні.

Проект розробляємо на підставі технічного завдання й відповідно до діючих норм і правилами СНіП 2.04.02-84, СНіП 2.04.01-85, СНіП 3.05.01-85. Система запроектована двохтрубна з поверховим горизонтальним розведенням від стояків Т 1 і Т2. Параметри теплоносія: Т1=80 °С, Т2=70 °С. Трубопроводи прокладаються:

- стояки опалення Т1, Т2 у конструкції стін;

- горизонтальні ділянки магістралей по ряду Е - у конструкції стін;
- горизонтальні розведення й підведення до радіаторів - у конструкції підлоги.

Для опалення у робочій час приймаємо водяну двохтрубну вертикальну систему опалення у цеху та одноктрубну горизонтальну у адміністративних приміщеннях.

Трубопроводи системи опалення, проектуємо зі термостійких труб з полімерних матеріалів (у тому числі металополімерних), дозволених до застосування.

У комплекті з пластмасовими трубами застосовується сполучні деталі і вироби, що відповідають застосовуваному виду труб.

Труби з полімерних матеріалів, які застосовуються в системах опалення разом з металевими трубами або з приладами та устаткуванням, у тому числі в зовнішніх системах теплопостачання, що мають обмеження по вмісту розчиненого кисню в теплоносії, мають антидифузійний шар.

Теплову ізоляцію передбачаємо для трубопроводів систем опалення, що прокладаються в неопалюваних приміщеннях, у місцях, де можливе замерзання теплоносія, у штучно охолоджуваних приміщеннях, а також для попередження опіків і конденсації вологи на них.

Як теплову ізоляцію застосовуємо теплоізоляційні матеріали з теплопровідністю не більш $0,05 \text{ Вт/м} \cdot \text{С}$ та товщиною, що забезпечує на поверхні температуру не вище 40°С .

Швидкість руху теплоносія в трубах систем водяного опалення варто приймаємо в залежності від припустимого еквівалентного рівня звуку в приміщенні не вище 40 дБА – не більш 1,5 м/с у громадських будинках і приміщеннях.

Різниця тисків води в системі та зворотному трубопроводі на введенні до будинку для розрахунків систем опалення в типових проектах приймаємо 150 кПа.

Невраховані втрати тиску в системі опалення приймаємо рівними 10 % максимальних втрат тиску.

Еквівалентну шорсткість внутрішньої поверхні труб з полімерних матеріалів приймаємо не менше 0,01мм.

Прокладання трубопроводів опалення передбачається прихованою: у плінтусах, за екранами, шахтами і каналами.

Ухили трубопроводів води приймаємо 0,002. Трубопроводи в місцях перетину перекриттів, внутрішніх стін і перегородок прокладаємо в гільзах з негорючих матеріалів; краї гільз на одному рівні з поверхнями стін, перегородок і стель, але на 30 мм вище поверхні підлоги.

Закладення зазорів та отворів у місцях прокладання трубопроводів робимо з негорючих матеріалів, щоб забезпечити нормовану межу вогнестійкості огорожень.

Гідравлічні випробування пластмасових трубопроводів повинні передбачати підвищення тиску до необхідної величини протягом не менше 30 хв. Трубопровід вважають таким, що витримав випробування при падінні тиску в ньому не більше ніж на 0,06 МПа протягом наступних 30 хв і при подальшому падінні тиску протягом 2 годин не більше ніж на 0,02 МПа [5].

2.5 Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій будівлі

Огорожуючи конструкції будь-якої будівлі повинні задовольняти певним теплотехнічним вимогам. Опір теплопередачі R_m огорожуючи конструкцій за винятком заповнень світлових прорізів і огорожуючих конструкцій приміщень з залишками явної теплоти, варто приймати рівним

економічно доцільному $R_m^{ек}$, але не менш $R_m^{нео}$ необхідного й не менш $R_m^{норм}$ нормативного.

1. Конструкція зовнішньої стіни - тришарова панель, що складається послідовно з:

1) зовнішнього шару залізобетону (товщина $\delta_1 = 0,06$ м; щільність $\rho_1 = 2500$ кг/м³; відповідно до [3] коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 2,04$ Вт/(м·°C); коефіцієнт теплосасвоєння $S_1 = 19,70$ Вт/(м²·°C)); 2) шар пінополістиролу (щільність $\rho_{из} = 25$ кг/м³; відповідно до [3] коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{из} = 0,052$ Вт/(м·°C); коефіцієнт теплосасвоєння $S_{из} = 0,39$ Вт/(м²·°C)); 3) внутрішнього шару залізобетону (товщина $\delta_3 = 0,08$ м; щільність $\rho_3 = 2500$ кг/м³; відповідно до [3] коефіцієнт теплопровідності $\lambda_3 = 2,04$ Вт/(м·°C); коефіцієнт теплосасвоєння $S_3 = 19,70$ Вт/(м²·°C)).

Умови експлуатації огорожжуваних конструкцій, - Б.

Згідно [3] необхідний опір теплопередачі зовнішньої стіни визначається по формулі:

$$R_m^{ноб} = \frac{n \cdot (t_g - t_3)}{\alpha_g \cdot \Delta t_g}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$$

де t_g – розрахункова температура внутрішнього повітря для холодного періоду року, °C;

t_n – температура зовнішнього повітря для холодного періоду року, °C;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні конструкції, що обгороджує, стосовно зовнішнього повітря, відповідно до [3] $n = 1$;

α_g – коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, Вт/(м²·°C), $\alpha_g = 8,7$;

Δt_{ϵ} – розрахунковий перепад між температурою внутрішнього повітря й температурою внутрішньої поверхні конструкції, що огорожує, С, що розраховує згідно [3] по виразу:

$$\Delta t_{\epsilon} = t_{\epsilon} - t_p, ^{\circ}\text{C}$$

де t_p – температура точки роси, що знаходиться по i-d діаграмі вологого повітря при $t_{\epsilon} = 15 ^{\circ}\text{C}$ і $\varphi_{\epsilon} = 75 \%$.

Відповідно до [3] теплова інерція визначається по формулі:

$$D = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 + \dots + R_n \cdot S_n,$$

де $R_1, R_2, \dots, R_n$ – термічний опір окремих шарів конструкції, що огорожує, $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$;

$S_1, S_2, \dots, S_n$ – коефіцієнт теплотасвоєння матеріалу окремих шарів огорожуючих конструкції $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Згідно [3] термічний опір окремих шарів огорожуючих конструкцій знаходиться по виразу:

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n}, (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$$

де δ_n – товщина n-го шару огорожуючих конструкції, м;

λ_n – коефіцієнт теплопровідності n-го шару огорожуючих конструкцій, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Передбачається, що теплова інерція зовнішньої стіни перебуває в межах $1,5 < D \leq 4$. Отже, температура зовнішнього повітря для холодного періоду року t_z приймається рівній температурі найбільш холодної доби забезпеченістю 0,92. Згідно [3]

Відповідно до [3] економічно доцільний опір теплопередачі визначається по формулі:

$$R_m^{ек} = 0,5 \cdot R_m^{nom} + \frac{5,4 \cdot 10^{-4} \cdot c_{mz} \cdot z_{om} \cdot (t_{\epsilon} - t_n^{on})}{c_m \cdot \lambda_{из} \cdot R_m^{nom}}, (\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$$

де c_{mz} – вартість теплової енергії в цінах 2013 р., грн. /ГДж, $c_{mz} = 3,3$;

z_{om} – тривалість опалювального періоду, доб., згідно [3] $z_{om} = 209$;

t_n^{on} – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °C, згідно [3] $t_n^{on} = -2,2$;

c_m – вартість матеріалу одношарової або теплоізоляційного шару багатошарової конструкції, що обгороджує, грн./м³, для пінополістиролу $c_m = 70,6$;

$\lambda_{из}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу одношарової або теплоізоляційного шару багатошарової огорожувачих конструкцій, Вт/(м·°C).

$$R_m = R_m^{norm} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$$

де α_n – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні огорожувачих конструкцій, Вт/(м²·C), відповідно до [3] $\alpha_n = 23$.

Перетворивши формулу опору теплопередачі і з урахуванням вищенаведених умовних позначок, товщина теплоізоляційного шару зовнішньої стіни визначається в такий спосіб:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left(R_m - \frac{1}{\alpha_g} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_3}{\lambda_3} - \frac{1}{\alpha_n} \right), \text{ м}$$

Теплова інерція зовнішньої стіни знаходиться по формулі:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} \cdot S_1 + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}} \cdot S_{из} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \cdot S_3.$$

По вище указаній методиці розрахунок виконаний на ПЕОМ за допомогою Microsoft Excel і наведена в таблиці нижче.

2. Покриття - багатошарова конструкція, що складається послідовно з:

1) залізобетонної плити (товщина $\delta_1 = 0,1$ м; щільність $\rho_1 = 2500$ кг/м³; відповідно до [3] коефіцієнт теплопровідності $\lambda_1 = 2,04$ Вт/(м·°C); коефіцієнт теплосвоєння $S_1 = 19,70$ Вт/(м²·°C));

2) шаруючи руберойду (товщина $\delta_2 = 0,01$ м; відповідно до [3] коефіцієнт теплопровідності $\lambda_2 = 0,17$ Вт/(м·°С); коефіцієнт теплотасвоєння $S_2 = 3,53$ Вт/(м²·°С));

Таблиця 2.3

Опір теплопередачі

Нормативне				
R _{тн} =	2,5	м²С/Вт	БН 2.04. 01-97	Табл.5.1
Необхідне				
R _{т.тр} =	0,7	м²С/Вт	БН 2.04. 01-97	Розрахунок
n =	1		БН 2.04. 01-97	Табл.5.3
α _в =	8,7	Вт/(м²С)	БН 2.04. 01-97	Табл.5.4
Δt _в =	10	С	БН 2.04. 01-97	Табл.5.5
Економ.				
R _{те} =	5,3	м²С/Вт	БН 2.04. 01-97	Розрахунок
C _{те} =	7740	грн./ГДж		
Z _{от} =	246	доб		
t _{нот} =	-10,3	С		
Вид ізоляційного матеріалу			ППТ-25-А	
C _м =	192098	грн./м³		
λ =	0,041	Вт/(м²С)	БН 2.04. 01-97	Додаток
Для подальшого розрахунку приймаємо найбільшу величину				
R _т =	5,3	м²С/Вт		
Розрахунок товщини ізоляції				
α _н =	23	Вт/(м²С)		
залізобетон				
λ =	2,04	Вт/(мС)		
Шар-1				
δ =	0,06	м		
Шар-3				
δ =				
Шар-2(ізоляція)		м		
δ =	0,21	м		
Сумарна товщина стіни				
δ =	0,35			

3) шаруючи полістиролбетону (щільність $\rho_{из} = 500 \text{ кг/м}^3$; відповідно до [3] коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{из} = 0,11 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; коефіцієнт теплозасвоєння $S_{из} = 2,06 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$);

4) шаруючи цементно-піщаної стяжки (товщина $\delta_4 = 0,025 \text{ м}$; відповідно до [3] коефіцієнт теплопровідності $\lambda_4 = 0,93 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; коефіцієнт теплозасвоєння $S_4 = 11,09 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$);

5) шаруючи ізопласту (товщина $\delta_5 = 0,02 \text{ м}$; відповідно до [3] коефіцієнт теплопровідності $\lambda_5 = 0,17 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; коефіцієнт теплозасвоєння $S_5 = 3,53 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$).

Необхідний опір теплопередачі зовнішньої стіни визначається по формулі:

$$R_m'' = \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{в}}}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$$

де $\Delta t_{\text{в}}$ – розрахунковий перепад між температурою внутрішнього повітря й температурою внутрішньої поверхні обгороджуваних конструкцій, $^{\circ}\text{C}$, що розраховує згідно [3] по виразу:

$$\Delta t_{\text{в}} = 0,8 \cdot (t_{\text{в}} - t_p), ^{\circ}\text{C}$$

де t_p – температура точки роси, що знаходиться по i-d діаграмі вологого повітря при $t_{\text{в}} = 15 ^{\circ}\text{C}$ і $\varphi_{\text{в}} = 75 \%$.

Відповідно до i-d діаграми вологого повітря $t_p = 10,7 ^{\circ}\text{C}$.

$$\Delta t_{\text{в}} = 0,8 \cdot (15 - 10,7) = 3,44 ^{\circ}\text{C}.$$

Теплова інерція визначається по формулі:

$$D = R_1 \cdot S_1 + R_2 \cdot S_2 + \dots + R_n \cdot S_n,$$

Термічний опір окремих шарів обгороджуваних конструкцій, знаходиться по формулі:

$$R_n = \frac{\delta_n}{\lambda_n}, (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$$

Припускається, що теплова інерція покриття перебуває в інтервалі $D > 7$. Отже, температура зовнішнього повітря для холодного періоду року t_n приймається рівній температурі найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92. Згідно [3] $t_n = -25$ °C.

$$R_m^H = \frac{0,9 \cdot (15 - (-25))}{8,7 \cdot 3,44} = 1,203 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Економічно доцільний опір теплопередачі визначається по формулі:

$$R_m^{\text{ЭК}} = 0,5 \cdot R_m^{\text{mp}} + \frac{5,4 \cdot 10^{-4} \cdot c_{m\text{э}} \cdot z_{om} \cdot (t_{\text{в}} - t_n^{\text{om}})}{c_m \cdot \lambda_{uz} \cdot R_m^{\text{mp}}}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

$$R_m^{\text{ЭК}} = 0,5 \cdot 1,203 + \frac{5,4 \cdot 10^{-4} \cdot 3,3 \cdot 209 \cdot (15 - (-2,2))}{70,6 \cdot 0,11 \cdot 1,203} = 1,287 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Згідно [3] нормативне значення опору теплопередачі покриття приймається рівним $R_m^{\text{норм}} = 3,0$ (м²·°C)/Вт. Порівнюючи отримані значення R_m^{mp} , $R_m^{\text{ЭК}}$ і $R_m^{\text{норм}}$, вибирається більше, по якому і розраховується товщина теплоізоляційного шару зовнішньої стіни виходячи з формули:

$$R_m = R_m^{\text{норм}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

Перетворивши вище наведену формулу і з обліком вищенаведених умовних позначок, товщина теплоізоляційного шару покриття визначається в такий спосіб:

$$\delta_{i_3} = \lambda_{i_3} \cdot (R_m - \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} - \frac{\delta_5}{\lambda_5} - \frac{1}{\alpha_n}), \text{ м}$$

$$\delta_{i_3} = 0,11 \cdot (3,0 - \frac{1}{8,7} - \frac{0,1}{2,04} - \frac{0,01}{0,17} - \frac{0,025}{0,93} - \frac{0,02}{0,17} - \frac{1}{23}) \approx 0,29 \text{ м}.$$

Теплова інерція зовнішньої стіни знаходиться по формулі:

$$D = \frac{\delta_1}{\lambda_1} \cdot S_1 + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \cdot S_2 + \frac{\delta_{i_3}}{\lambda_{i_3}} \cdot S_{i_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} \cdot S_4 + \frac{\delta_5}{\lambda_5} \cdot S_5.$$

$$D = \frac{0,1}{2,04} \cdot 19,70 + \frac{0,01}{0,17} \cdot 3,53 + \frac{0,29}{0,11} \cdot 2,06 + \frac{0,025}{0,93} \cdot 11,09 + \frac{0,02}{0,17} \cdot 3,53 = 7,318.$$

Таким чином, значення теплової інерції зовнішньої стіни лежить в інтервалі $D > 7$. Отже, температура зовнішнього повітря для холодного періоду року t_n обрана правильно і повторного перерахування не потрібно.

3. Відповідно до [3] опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається рівним $R_m = 0,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

4. Згідно [3] опір теплопередачі зовнішніх воріт (дверей) розраховується по виразу:

$$R_m = 0,6 \cdot R_m^{n,c}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

де $R_m^{n,c}$ – нормативний опір теплопередачі зовнішньої стіни, $\text{(м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$, $R_m^{n,c} = 2,5$.

$$R_m = 0,6 \cdot 2,5 = 1,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

5. Опір теплопередачі неутепленої підлоги на ґрунті визначається по зонах шириною 2 м кожна, паралельним зовнішнім стінам, і приймається рівним:

- 1) для 1 зони $\rightarrow R_I = 2,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$;
- 2) для 2 зони $\rightarrow R_{II} = 4,3 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$;
- 3) для 3 зони $\rightarrow R_{III} = 8,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$;
- 4) для 4 зони $\rightarrow R_{IV} = 14,2 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

2.6 Розрахунок тепловтрат приміщенням

Розрахункові основні і додаткові втрати теплоти приміщення розраховуються як сума втрат теплоти через окремі огорожуючі конструкції, з округленням до 10 Вт по формулі:

$$Q = k \cdot A \cdot (t_p - t_{ext}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n, \text{ Вт}$$

де $k = \frac{1}{R_m}$ – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої огорожуючої

конструкції, Вт/(м² С);

R_m – опір теплопередачі зовнішньої огорожуючої конструкції, (м²·°С)/Вт;

A – розрахункова площа зовнішньої огорожуючої конструкції, м;

t_p – розрахункова температура повітря в приміщенні з урахуванням підвищення її залежно від висоти для приміщень висотою більше 4 м, °С;

$t_{ext} = t_n^b$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року, °С;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій, стосовно зовнішнього повітря згідно [3, табл. 5.3];

β – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати теплоти від частки основних залежно від орієнтації зовнішньої огорожуючої конструкції, по сторонах світла ($\beta = 0,15$ - північ, схід, північний схід, північний захід $\beta = 0,1$; - південний схід, південь, південний захід, захід).

Розрахункова температура внутрішнього повітря t_p приймається мінімальної із припустимих температур, при цьому керуються наступними правилами:

1) для всіх зовнішніх огорожень приміщення висотою менш 4 м, а також для частини вертикальних зовнішніх огорожень висотою 4 м від підлоги в приміщенні висотою більше 4 м розрахункова температура внутрішнього повітря t_p приймається рівній нормованій температурі повітря в робочій або обслуговувати зоні;

2) для даху і ліхтарів виробничих приміщень розрахункова температура видаляемого повітря, t_{yx} , визначається по виразу:

$$t_{yx} = t_p + \nabla t \cdot (H - 2), \text{ } ^\circ\text{C}$$

де ∇t – температурний градієнт, що враховує підвищення температури повітря по висоті приміщення на кожний метр вище робочої або обслуговувати зони, що, $^{\circ}\text{C}/\text{м}$, $\nabla t = 0,3 \dots 0,7$ – для приміщень без значних тепловідділень і $\nabla t = 0,7 \dots 2,0$ – для приміщень зі значними тепловідділеннями;

H – висота приміщення від підлоги до низу ферми, м;

Розрахунок втрат теплоти приміщенням цеху в цілому зведений у табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Сумарні втрати теплоти приміщенням цеху [7]

№, призначення приміщення	Площа приміщення, $\text{F}, \text{м}^2$	Найменування огородження	Орієнтація	Розміри, м	$A, \text{м}^2$	$k, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{}^{\circ}\text{C})$	$(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})_{\text{н}}, ^{\circ}\text{C}$	$1 + \Sigma \beta$	$Q, \text{Вт}$	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
101 виробниче	15 432	ЗС(нижн. зона)	Пн	24,41x4	45,8	0,2	58	1,2	603	
		ЗС(верхня зона)	Пн	24,41x2	22,9	0,2	60,8	1,2	316	
		ЗС(нижн. зона)	З	18,8x4	68,9	0,2	58	1,2	907	
		ЗС(верхня зона)	З	18,8x2	37,6	0,2	60,8	1,2	519	
		ЗС(нижн. зона)	Пв	24,41x4	43,49	0,2	58	1,1	525	
		ЗС(верхня зона)	Пв	24,41x2	48,82	0,2	60,8	1,1	618	
		Вікно	Пн	4,8x3,6	51,84	1,7	58	1,1	5512	3 вікна
		Вікно	Пд	4,8x3,6	51,84	1,7	58	1,05	5262	3 вікна
		Двері	Пд	1,1x2,1	2,31	0,6	58	1,05	56	
		Двері	З	3,0x2,1	6,3	0,6	58	1,1	161	

Продовження табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Підлога	-		123	0,5	58	1	3397	Зона1
			-		107	0,2	58	1	1443	Зона2
			-		188	0,1	58	1	1268	Зона3
			-		102,6	0,1	58	1	419	Зона4
		Стеля	-	24x18	432	0,3	60,8	1	8755	
							ΣQ=	29761		
102		ЗС(нижня зона)	Пн	36x4	40,32	0,2	58	1,2	531	
		ЗС(верхня зона)	Пн	36x2	72	0,2	60,8	1,2	993	
	15	ЗС(нижня зона)	Пд	36x4	62,28	0,2	58	1,1	751	
виробниче	647	ЗС(верхня зона)	Пд	36x2	72	0,2	60,8	1,1	911	
		Вікно	Пн	4,8x3,6	103,68	1,7	58	1,1	11025	6 вікон
		Вікно	Пд	4,8x3,6	69,12	1,7	58	1,1	7350	4 вікна
		Двері	Пд	3,0x2,1	12,6	0,6	58	1,05	307	2 двері
		Підлога			169,6	0,5	58	1	4684	Зона1
					216,24	0,2	58	1	2917	Зона2
					144	0,1	58	1	971	Зона3
					217	0,1	58	1	886	Зона4
		Стеля		36x18	647	0,3	60,8	1	13118	
							ΣQ=	44444		
103		ЗС(нижня зона)	Пн	3,2x4	11,432	0,2	58	1,2	150	
		ЗС(верхня зона)	Пн	3,2x2	6,4	0,2	60,8	1,2	88	
	15	Вікно	Пн	1,2x1,14	1,368	1,7	58	1,1	145	
		Підлога			5,44	0,5	58	1	150	Зона1
					5,44	0,2	58	1	73	Зона2
					5,44	0,1	58	1	37	Зона3
					0	0,1	58	1	0	Зона4
інструментальна	19,2	Стеля		3,2x6	19,2	0,3	60,8	1	389	
							ΣQ=	1034		
104 вузол керування	15	ЗС(верхня зона)	Пн	3,2x4	7,5	0,2	58	1,2	99	
	19,2	ЗС(нижня зона)	Пн	3,2x2	6,4	0,2	60,8	1,2	88	
		Двері	Пн	1x2,1	2,1	0,6	58	1,1	54	
		Підлога			5,44	0,5	58	1	150	Зона1
					5,44	0,2	58	1	73	Зона2
					5,44	0,1	58	1	37	Зона3
					0	0,1	58	1	0	Зона4
		Стеля		3,2x6	19,2	0,3	60,8	1	389	
							ΣQ=	890		
105		ЗС(нижня зона)	Пд	6,0x4	6	0,2	58	1,1	72	

Продовження табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
теплови й вузол	15	ЗС(верхня зона)	Пд	6,0х2	12	0,2	60,8	1,1	152		
	54,2	Вікно	Пд	5,0х3,6	18	1,7	58	1,1	1914		
		Підлога			11,2	0,5	58	1	309	Зона1	
					11,2	0,2	58	1	151	Зона2	
					11,2	0,1	58	1	76	Зона3	
					19,78	0,1	58	1	81	Зона4	
		Стеля		5,7х9,5	54,15	0,3	60,8	1	1097		
		ΣQ=								3852	
		106 Медична кімната	18	ЗС	Пн	6,25х3	17,454	0,2	61	1,2	242
19,4	ЗС		С	3,4х3	10,2	0,2	61	1,1	129		
	Вікно		С	1,14х1,14	1,2996	1,7	61	1,1	145		
	Підлога				6,8	0,5	61	1	198	Зона1	
					9,14	0,2	61	1	130	Зона2	
					3,5	0,1	61	1	25	Зона3	
					0	0,1	61	1	0	Зона4	
ΣQ=								868			
107	18	ЗС	С	5,0х3	12,40	0,2	61	1,1	157		
Лаборат орія	18,5	Вікно	С	1,14*1,14	2,5992	0,2	61	1,1	33	2 вікна	
		Підлога			9,96	0,5	61	1	289	Зона1	
					9,96	0,2	61	1	141	Зона2	
					9,96	0,1	61	1	71	Зона3	
					0	0,1	61	1	0	Зона4	
		ΣQ=								692	
108 коридор вестибю ль	18	ЗС	Пн	1,6х3	2,889	0,2	61	1,2	40		
	51,8	ЗС	Пд	51,4х3	12,820 8	0,2	61	1,1	163		
		ЗС	С	6,6х3	17,049	0,2	61	1,1	216		
		Вікно	Пд	1,14х1,14	2,5992	1,7	61	1,1	291	2 вікна	
		Двері	Пн	0,9х2,1	1,911	0,6	61	1,1	51		
		Двері	С	1,31х2,1	2,751	0,6	61	1,1	74		
		Підлога			16,9	0,5	61	1	491	Зона1	
					9,7	0,2	61	1	138	Зона2	
					7,55	0,1	61	1	54	Зона3	
				0,4	0,1	61	1	2	Зона4		
ΣQ=								1519			
109 Сходова клітка	16	ЗС	Пд	6,6х9,6	63,36	0,2	59	1,1	778		
	14,9	Вікно	Пд	1,14х1,14	2,5992	1,7	59	1,1	281		
		Підлога			10,2	0,5	59	1	287	Зона1	
					5,4	0,2	59	1	74	Зона2	
					0	0,1	59	1	0	Зона3	
					0	0,1	59	1	0	Зона4	
		Стеля			14,85	0,3	59	1	292		
	ΣQ=								1712		

Продовження табл. 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
110 Кімната майстра	20	ЗС	Пн	6,2х3	18,6	0,2	63	1,2	266	
	14,5	ЗС	С	3,05х3	7,8504	0,2	63	1,1	103	
		Вікно	С	1,14х1,14	1,2996	1,7	63	1,1	150	
		Підлога			12,6	0,5	63	1	378	Зона1
					2	0,2	63	1	29	Зона2
					0	0,1	63	1	0	Зона3
					0	0,1	63	1	0	Зона4
ΣQ=								926		
207 чоловічи й гардероб	18	ЗС	Пн	8,7х3	20,901	0,2	61	1,2	289	
	15,6	Вікно	Пн	1,14х1,14	5,1984	1,7	61	1,1	581	4 вікна
	ΣQ=								871	
208 червони й куточок	17 27,7	ЗС	Пн	6,5х3	18,204	0,2	60	1,2	248	
		ЗС	С	5,1х3	12,708	0,2	60	1,1	159	
		Вікно	Пн	1,14х1,14	1,2996	1,7	60	1,1	143	
		Вікно	С	1,14х1,14	2,5992	1,7	60	1,1	286	2 вікна
	ΣQ=								835	
210 Венткам ера	15	ЗС	Пн	3,1х3	8,0004	0,2	58	1,2	105	
	14,9	Вікно	Пн	1,14х1,14	1,2996	1,7	58	1,1	138	
	ΣQ=								244	
211 коридор	16	ЗС	З	1,6х3	2,49	0,2	59	1,2	33	
	17,8	Двері	З	1,1х2,1	2,31	0,6	59	1,1	60	
	ΣQ=								93	
301 душова з піддуше вой	20	ЗС	Пн	11,75х3	30,051	0,2	63	1,2	430	
	50	ЗС	З	6,25х3	18,75	0,2	63	1,2	268	
		Вікно	Пн	1,14х1,14	5,1984	1,7	63	1,1	144	4 вікна
		Стеля			49,95	0,3	63	1	1049	
		ΣQ=								1891
308	20	ЗС	Пн	6,5х3	18,204	0,2	63	1,2	260	
Кімната відпочин ку	27,7	ЗС	С	5,1х3	12,708	0,2	63	1,2	182	
		Вікно	Пн	1,14х1,14	1,2996	1,7	63	1,1	150	
		Вікно	С	1,14х1,14	2,5992	1,7	63	1,1	300	2 вікна
		Потовк			27,7	0,3	63	1	582	
	ΣQ=								1474	
310 коридор	16	ЗС	З	1,6х3	2,49	0,2	59	1,2	33	
	17,8	Двері	З	1,1х2,1	2,31	0,6	59	1,1	60	
		Стеля			17,8	0,3	59	1	350	
		ΣQ=								443

Тепло втрати приміщенням цеху в перехідні умови розраховуються по виразу:

$$Q_{n,y}^{m,n} = Q_p^{m,n} \cdot \frac{t_p - 8}{t_p - t_n}, \text{ Вт}$$

де $Q_p^{m,n}$ – втрати теплоти приміщенням цеху при розрахунковій температурі зовнішнього повітря в холодний період року t_n , Вт;

Втрати теплоти при температурі повітря в приміщенні цеху $t_p = 5^\circ\text{C}$, забезпечуваною роботою системи чергового опалення, визначаються по формулі:

$$Q_{+5}^{m,n} = Q_p^{m,n} \cdot \frac{5 - t_n}{t_p - t_n}, \text{ Вт}$$

2.7 Розрахунок теплонадходжень у приміщення

Розрахунок теплонадходжень від людей

Теплота, що надходить у приміщення, називається теплонадходженнями. Джерелами теплонадходжень є люди, освітлення, електродвигуни, нагріте технологічне встаткування, що остигають матеріали, сонячна радіація. Крім того, у приміщенні є теплові втрати через огорожуючі конструкції, втрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що уривається через відкриті прорізи, тепловтрати на нагрівання транспортних засобів і матеріалів, завезених з вулиці. Надлишкова теплота, залишкова кількість явної теплоти за винятком тепловтрат, що надходить у приміщення при розрахункових параметрах зовнішнього повітря після здійснення всіх технологічних заходів щодо їхнього зменшення. Згідно [14, п. 2.3] теплонадходження від людей розраховуються по виразу:

$$Q_{\text{люд}} = \sum_{i=1}^n n_i \cdot q_{\text{чел}_i} \cdot k_i, \text{ Вт}$$

де n – розрахункова кількість чоловік у приміщенні, $n = 32$;

$q_{\text{чел}}$ – кількість теплоти, виділювана одним чоловіком при певній температурі внутрішнього повітря й певному виді виконуваних їм робіт, Вт/чол.; відповідно до [4, табл. 2.2];

k – коефіцієнт, що враховує те, хто перебуває в розрахунковому приміщенні (для чоловіків $k = 1$, для жінок $k = 0,85$).

Розрахунок теплонадходжень від штучного освітлення

Передбачається, що від штучного освітлення теплота надходить у холодний період року й у перехідні умови. Теплонадходження від штучного освітлення визначаються по формулі:

$$Q_{\text{осв}} = E \cdot q_{\text{осв}} \cdot F \cdot \eta_{\text{осв}}, \text{ Вт} \quad (3.14)$$

де E – нормована освітленість приміщення цеху, лк;

$q_{\text{осв}}$ – питома тепловиділення від ламп, Вт/(м²·лк), в відповідності с [7, табл. 2.6];

F – площа підлоги приміщення цеху, м²;

$\eta_{\text{осв}}$ – частка теплоти, що надходить у приміщення цеху, згідно [7]

для будинків промислового призначення $\eta_{\text{осв}} = 1$.

Таким чином, теплонадходження від штучного освітлення в холодний період року й у перехідні умови будуть рівні:

Розрахунок надходжень теплоти за рахунок сонячної радіації

Розраховується надходження теплоти за рахунок сонячної радіації через заповнення світлових прорізів тільки в теплий період року. Кількість теплоти, що надходить у приміщення цеху щогодини розрахункової доби через заповнення світлових прорізів, знаходиться по формулі:

$$Q_{\text{II}} = Q_{\text{IIP}} + Q_{\text{IIT}} = (q_{\text{IIP}} + q_{\text{IIT}}) \cdot F_{\text{II}}, \text{ Вт}$$

де Q_{IIP} – кількість теплоти, що надходить у приміщення через заповнення світлових прорізів площею F_{II} за рахунок радіації, Вт;

Q_{IIT} – кількість теплоти, що надходить у приміщення через заповнення світлових прорізів площею F_{II} за рахунок теплопередачі, Вт;

q_{III} – питомі теплонадходження від сонячної радіації через горизонтальні, вертикальні й похилі поверхні вікон, Вт/м²;

q_{III} – питомі теплонадходження за рахунок теплопередачі через горизонтальні, вертикальні й похилі поверхні вікон, Вт/м²;

F_{II} – площа заповнення світлових прорізів, м².

Питомі теплонадходження від сонячної радіації через горизонтальні, вертикальні й похилі поверхні вікон розраховуються по виразу:

$$q_{III} = (q_n^e \cdot k_{инс} + q_p^e \cdot k_{обл}) \cdot k_{отн} \cdot \tau_2, \text{ Вт}$$

де q_n^e і q_p^e – кількість теплоти від сонячної радіації відповідно прямій і розсіяній, яке поступає у приміщення цеху кожною розрахунковою годинаю через 1 м² одинарного скла, Вт/м²; згідно [4, табл. 2.3]

$k_{отн}$ – коефіцієнт відносного проникання сонячної радіації через заповнення світлового прорізу, відмінного від одинарного, відповідно до [4, табл. 2.4];

τ_2 – коефіцієнт, що враховує затінення світлового прорізу плетіннями, згідно [4, табл. 2.5];

$k_{инс}$ – коефіцієнт інсоляції, визначений по наступній формулі:

$$k_{инс} = \left(1 - \frac{L_z \cdot \text{ctg} \beta - a}{H}\right) \cdot \left(1 - \frac{L_6 \cdot \text{tg} A_{c.o} - c}{B}\right),$$

де H – висота світлового прорізу, м;

B – ширина світлового прорізу, м;

a, c – відстань відповідно від горизонтального й вертикального елементів затінення до укосу світлового прорізу, м;

L_z, L_6 – розміри відповідно горизонтальних і вертикальних виступаючих елементів затінення, м;

β – кут (для горизонтальних пристроїв, що затінюють) між вертикальною площиною застління й проекцією сонячного променя на вертикальну площину, перпендикулярну розглянутої площини застління, град.

Кут β перебуває по наступному виразу:

$$\beta = \arctg \cdot (\operatorname{ctgh} \cdot \cos A_{c.o}), \text{ град.}$$

де h - висота стояння сонця, град., згідно [4, табл. 2.8] град.;

A_c – азимут сонця, град., відповідно до [4, табл. 2.8] град.;

$A_{c.o}$ – сонячний азимут засклення, град.; згідно [4, табл. 2.6] град.

$k_{обл}$ – коефіцієнт опромінення, обумовлений відповідно до [4, рис. 2.6] залежно від кутів β_1 і γ_1 :

$$\beta_1 = \arctg \frac{L_e}{H + a}, \text{ град.}$$

$$\gamma_1 = \arctg \frac{L_e}{B + c}, \text{ град.}$$

Оскільки вся теплота, що надійшла через заповнення світлових прорізів, проникає в приміщення цеху, то частина її акумулюється внутрішніми конструкціями, що обгороджують, приміщення.

З урахуванням викладеного вище, розрахункова кількість теплоти, що надходить у приміщення через заповнення світлових прорізів за рахунок сонячної радіації, перебуває по наступному виразу:

$$Q_{\text{ІІР}}^{\text{роз}} = Q_{\text{ІІР}} \cdot \frac{1,5 \cdot F_1 \cdot m_1}{F_1}, \text{ Вт}$$

де F_1 – площа підлоги, м^2 , $F_1 = 1008$;

m_1 – коефіцієнт, що враховує акумуляцію теплоти підлогою, $m_1 = 0,55$.

$$Q_{\text{ІІТ}} = q_{\text{ІІТ}} \cdot F_{\text{ІІ}}, \text{ Вт}$$

$$q_{\text{ІІТ}} = \frac{(t_{\text{н.ум}} - t_{\text{в}})}{R_{\text{ІІ}}}, \text{ Вт/м}^2$$

де $t_{\text{в}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$R_{\text{ІІ}}$ – опір теплопередачі заповнення світлових прорізів, $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$, згідно [4, табл. 2.4];

$t_{н.ум}$ – умовна температура зовнішнього середовища, °C, що розраховує по наступній формулі:

$$t_{н.усл} = t_{н.ср} + 0,5 \cdot A_{t_n} \cdot \beta_2 + \frac{S_6 \cdot k_{инс} + D_6 \cdot k_{обл}}{\alpha_n} \cdot \rho_{II} \cdot \tau_2, \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $t_{н.ср}$ – середня температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця, °C, згідно [2, табл. 3.3];

A_{t_n} – добова амплітуда температури зовнішнього повітря, °C, відповідно до [2, табл. 3.3];

β_2 – коефіцієнт, що враховує гармонійну зміну температури зовнішнього повітря, згідно [24, табл. 2.9];

S_6, D_6 – кількість теплоти відповідно прямій і розсіяній радіації, що надходить на вертикальну поверхню, Вт/м²; відповідно до [4, табл. 2.10];

ρ_{II} – наведений коефіцієнт поглинання сонячної радіації заповненням світлових прорізів, згідно [4, табл. 2.4];

α_n – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороження, Вт/(м²·°C), визначаємо по формулі в залежності від швидкості вітру:

$$\alpha_n = 5,8 + 11,6 \cdot \sqrt{v_n}, \text{ Вт/(м}^2\text{·}^\circ\text{C)}$$

Розрахунок надходжень теплоти через покриття

Кількість теплоти, що надходить в приміщення цеху через 1 м² покриття, визначається по формулі:

$$q_{Icp} + \Delta q_I = k_{покр} \cdot (t_{н.ср} + \frac{\rho_{покр} \cdot q_{ср}^2}{\alpha_n^2} - t_6^{покр}) + \frac{\alpha_6 \cdot \beta_{II}}{\nu_{покр}} \cdot (0,5 \cdot A_{t_n} \cdot \beta_2 + \frac{\rho_{покр} \cdot A_{q_6}}{\alpha_n}),$$

Вт/м²

де q_{Icp} – середнє за добу кількість теплоти, що надходить на горизонтальну поверхню покриття, Вт/м²;

Δq_I – частина, що змінюється протягом доби, теплонадходження, Вт/м²;

$k_{покp} = \frac{1}{R_m^{покp}}$ – коефіцієнт теплопередачі покриття, Вт/(м²·°C);

$R_m^{покp}$ – опір теплопередачі покриття, (м²·°C)/Вт,;

$\rho_{покp}$ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею покриття,;

q_{cp}^e – середня добова кількість сумарної (прямій і розсіяній) теплоти, що надходить на поверхню покриття, Вт/м², прийняте відповідно до [4, табл. 2.12];

α_n^e – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні покриття, Вт/(м²·°C), визначаємо по формулі в залежності від швидкості вітру:

$$\alpha_n^e = 8,7 + 2,6 \cdot \sqrt{v_n}, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$$

β_{II} – коефіцієнт, що враховує наявність у конструкції покриття повітряного прошарку (при відсутності повітряного прошарку $\beta_{II} = 1$, при її наявності $\beta_{II} = 0,6$);

$t_{\theta}^{покp}$ – температура повітря під покриттям приміщення цеху, °C;

$\nu_{покp}$ – значення загасання коливань температури зовнішнього повітря в конструкції покриття;

β_2 – коефіцієнт, що враховує гармонійну зміну температури зовнішнього повітря, згідно [34, табл. 2.9];

A_{q_e} – кількість теплоти, рівна різниці сумарної сонячної радіації в щогодини (з урахуванням періоду запізнювання температурних коливань) і середньої за добу сумарної сонячної радіації, Вт/м², і перебуває по виразу:

$$A_{q_e} = (S_e + D_e) - q_{cp}^e.$$

$R_m^{покp}$ – опір теплопередачі покриття, (м²·°C)/Вт,;

$\rho_{покp}$ – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею покриття,;

q_{cp}° – середня добова кількість сумарної (прямій і розсіяної)

теплоти, що надходить на поверхню покриття, Вт/м², прийняте відповідно до [4, табл. 2.12];

α_n° – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні покриття, Вт/(м²·°C), визначається по формулі в залежності від швидкості вітру:

Значення загасання коливань температури зовнішнього повітря в конструкції покриття визначається по формулі:

$$\nu_{покр} = e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(S_1 + \alpha_e) \cdot (S_2 + Y_1) \cdot (S_3 + Y_2) \cdot \dots \cdot (\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1) \cdot (S_2 + Y_2) \cdot \dots \cdot (S_n + Y_n) \cdot \alpha_n},$$

де $S_1, S_2, \dots, S_n$ – коефіцієнт теплосасвоєння матеріалу окремих шарів покриття, Вт/(м²·°C);

$Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ – коефіцієнт теплосасвоєння окремих шарів покриття, Вт/(м²·°C);

α_e – коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні покриття, Вт/(м²·°C);

α_n – коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні покриття, Вт/(м²·°C),

Коефіцієнт теплосасвоєння 1 шаруючи покриття (розглядаючи послідовно зсередини назовні) розраховується по виразу:

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_e}{1 + R_1 \cdot \alpha_e}, \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}$$

де R_1 – термічний опір 1 шаруючи покриття, (м²·°C)/Вт.

Коефіцієнт теплосасвоєння і-го шаруючи покриття перебуває по формулі:

$$Y_i = \frac{R_i \cdot S_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i \cdot Y_{i-1}}, \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}$$

де Y_{i-1} – коефіцієнт теплосасвоєння (і-1) шаруючи покриття, Вт/(м²·°C).

Кількість теплоти, що надходить у приміщення цеху через всю площу покриття, розраховується по формулі:

$$Q_I = (q_{Icp} + \Delta q_I) \cdot F_I, \text{ Вт} \quad (3.33)$$

де F_I – площа поверхні покриття, м^2 , $F_I = 1008$.

Розрахунок теплонадходження від електродвигунів технологічного встаткування. У сучасному виробництві практично всі верстати й механізми приводяться в рух електродвигунами. Механічна енергія, що витрачає верстатами, внаслідок тертя частин механізмів, тертя оброблюваних матеріалів переходить у теплоту. Теплонадходження від електродвигунів, які встановлені у приміщенні цеху, і приводять в дію встаткування при значенні коефіцієнта повноти завантаження $k_n = 1$, визначаються по виразу:

$$Q_{ог} = 1000 \cdot N_y \cdot (1 - \eta + k_m \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт}$$

де N_y – настановна потужність електродвигунів, кВт;

η – ККД електродвигуна; 1) при настановній потужності двигуна 0,5...3 кВт $\eta = 0,7...0,8$; 2) при настановній потужності двигуна 3,1...10 кВт $\eta = 0,82...0,85$; k_m – коефіцієнт переходу теплоти в приміщення:

1) для металорізальних верстатів без охолодження емульсією різального інструменту $k_m = 1$;

2) те ж з охолодженням $k_m = 0,9$;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію:

1) для металорізальних верстатів $k_c = 0,2$;

2) для зварювального й деревообробного виробництв $k_c = 0,5$

З огляду на те що конструкція вікон у приміщенні однакова при різній площі теплонадходження розраховані за вищеописаною методикою зведені в наступну таблицю:

Таблиця 2.8

Питомі теплонадходження

Найменування	Орієнтація	Питомі теплонадходження	Од. вим.
Вікно	Пв	70	Вт/м ²
	Пд	320	Вт/м ²
	С	485	Вт/м ²
	З	485	Вт/м ²
Покриття	-	20	Вт/м ²

Визначені вище теплонадходження в приміщення цеху наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9

Загальний баланс теплонадходжень у приміщення цеху

Розрахунок кількості шкідливостей у приміщенні						
№	Найменування шкідливості	Позначення	Од. вим.	Значення величин		
				теплий період	перехідні умови	холодний період
1	Надлишкова теплота	$\Sigma Q_{\text{и}}$	Вт	116371	65710	65710
1,1	теплонадходження від людей	$Q_{\text{люд}}$	Вт	2048	4320	4320
1,2	теплонадходження від освітлення	$Q_{\text{осв}}$	Вт	0	5790	5790
1,3	теплонадходження від устаткування	$Q_{\text{ус}}$	Вт	55600	55600	55600
1,4	теплонадходження через засклення	$Q_{\text{зас}}$	Вт	49000	0	0
1,5	теплонадходження через покриття	$Q_{\text{пок}}$	Вт	9723	0	0
2	Надлишкова волога	M	г/год	6208	3520	3520
3	Вуглекислий газ	m_{CO_2}	г/год	1920	1920	1920

2.8 Розрахунок теплового балансу і вибір системи опалення

Система чергового опалення призначена для підтримки в цехах промислових будівель у неробочий час (нічний час, вихідні, святкові дні й

т.д.) температури 5 °С. У робочий час система чергового опалення як правило відключається. Іноді система чергового опалення проектується для цілодобової підтримки в цеху температури 5 °С. [21]

Відсутня кількість теплоти в робочий час компенсується за рахунок теплонадходження або перегріву поданого припливного повітря.

Тепловий баланс складається на основі розрахунків теплонадходження і тепловтрат в усі періоди року (таблиці 2.8 і 2.9). Тепловий баланс приміщення цеху представлений у таблиці 2.10. [22]

Таблиця 2.10

Тепловий баланс приміщення цеху

Таблиця теплового балансу					
Період року	Загальні втрати теплоти	Втрати теплоти при $t_{в}=+5^{\circ}\text{C}$ (Чергове опалення)	Сумарні теплонадходження	надлишок(+) або нестача(-) теплоти з урахуванням роботи чергового опалення	надлишок(+) або нестача(-) теплоти без обліку роботи чергового опалення
Холодний	74200	61410	65710	52920	-8490
Перехідні умови	8020	0	65710	0	57690
Теплий	0	0	116370	0	116370
Вивід:	У даному цеху для холодного періоду року варто застосувати систему чергового опалення, що буде працювати як у неробоче, так і в робочий час. Надлишок теплоти в робочий час у розмірі 52920 Вт буде компенсуватися подачею припливного повітря з температурою нижче температури в робочій зоні цеху.				

2.9 Вибір опалювальних агрегатів

Вибір повітряний - опалювальних агрегатів

Загальне число агрегатів, необхідне для чергового опалення цеху, розраховується по формулі:

$$N_{agr} = \frac{k \cdot Q_{m.n}}{0,28 \cdot Q_{agr}},$$

де k – коефіцієнт, що залежить від зони забору повітря (при заборі повітря з робочої зони він дорівнює 1,1, з верхньої – 1,3);

$Q_{т.п}$ – тепловтрати приміщення, кВт;

Q_{agr} – теплопродуктивність агрегату, тис. кДж/год, обумовлена по [7, табл. 3.1].

$$N_{agr} = \frac{1,3 \cdot 45,75}{0,28 \cdot 126} = 1,7.$$

До установки приймається два повітряно-опалювальних агрегати марки АПВС50-30 теплопродуктивністю (потужністю) 126 тис. кДж/год і продуктивністю по повітрю 4030 кг/год кожний.

Розрахунок поверхні нагрівальних приладів системи водяного опалення

До установки приймаються чавунні радіатори типу МС140-108, розташовувані відкрито під заповненнями світлових прорізів (вікнами) будинку цеху. Відповідно до завдання на проектування, теплоносія – перегріта вода з параметрами 140-70 °С. Система чергового опалення підтримує в неробочий час у приміщенні цеху 5 °С. Нагрівальні прилади підключаються за схемою “згори - униз”. При розрахунку поверхні нагрівальних приладів системи опалення тепловіддача від магістральних трубопроводів, стояків і підводок до нагрівальних приладів не враховується. Номінальний необхідний тепловий потік від опалювального приладу в приміщення цеху розраховується по виразу [19]:

$$Q_{н.т} = \frac{Q_{np}}{\varphi_k}, \text{ Вт}$$

де φ_k – комплексний коефіцієнт приведення номінального необхідного теплового потоку від опалювального приладу в приміщення до розрахункових умов, обумовлений по формулі:

$$\varphi_{\kappa} = \left(\frac{\Delta t_{cp}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{np}}{360} \right)^p \cdot b \cdot \psi \cdot c;$$

Q_{np} – необхідний тепловий потік від опалювальних приладів у приміщення, Вт, що знаходиться по виразу:

$$Q_{np} = \frac{Q_{m.n}}{m};$$

Δt_{cp} – середня розрахункова різниця температур первинного й вторинного теплоносіїв, °С, що розраховує по формулі:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_z + t_o}{2} - t_g;$$

t_z , t_o – температура відповідно в що подає й зворотній магістралях теплової мережі, °С;

G_{np} – витрата води в опалювальному приладі, кг/год, обумовлений по виразу:

$$G_{np} = \frac{3,6 \cdot Q_{np}}{c \cdot (t_z - t_o)};$$

c – питома теплоємність води, кДж/(кг·°С), $c = 4,187$ кДж/(кг·°С);

b – коефіцієнт обліку атмосферного тиску для опалювальних приборів, згідно [6, табл. 9.1] $b = 1$);

ψ – коефіцієнт обліку напрямку руху теплоносія води в приладі, що перебуває по формулі:

$$\psi = 1 - a \cdot (t_z - t_o);$$

a , n , p , c – експериментальні числові показники, відповідно до [6, табл. 9.2] $a = 0,006$, $n = 0,3$, $p = 0,02$, $c = 1,039$;

$Q_{m.n}$ – втрати теплоти при температурі повітря в будівлі цеху $t_g = 5$ °С, забезпечуваною роботою системи чергового опалення, Вт;

m – число місць установки опалювальних приборів.

$$Q_{np} = \frac{45750}{14} = 3267,857 \text{ Вт.}$$

$$G_{np} = \frac{3,6 \cdot 3267,857}{4,187 \cdot (140 - 70)} = 40,139 \text{ кг/год.}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{140 + 70}{2} - 5 = 100 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

$$\psi = 1 - 0,006 \cdot (140 - 70) = 0,58.$$

$$\varphi_k = \left(\frac{100}{70} \right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{40,139}{360} \right)^{0,02} \cdot 1 \cdot 0,58 \cdot 1,039 = 0,917.$$

$$Q_{n.m} = \frac{3267,857}{0,917} = 3563,705 \text{ Вт.}$$

Мінімально припустиме число секцій опалювального прибору розраховується по виразу [20]:

$$N_{\min} = \frac{Q_{n.m} \cdot \beta_4}{q_{n.m} \cdot \beta_3}, \text{ шт.}$$

де $q_{n.m}$ – номінальний необхідний тепловий потік від однієї секції радіатора типу МС140-108, Вт, згідно [6, дод. X] $q_{n.m} = 185$;

β_4 – коефіцієнт урахування способу установки нагрівального прибору, відповідно до [6, табл. 9.12] $\beta_4 = 1$;

β_3 – коефіцієнт урахування числа секцій у нагрівальному приборі, згідно [6, табл. 9.] $\beta_3 = 0,96$.

$$N = \frac{3563,705 \cdot 1}{185 \cdot 0,96} = 21 \text{ шт.}$$

2.10 Розробка теплової завіси

Повітряно-теплові завіси влаштовуються в опалювальних будівлях для забезпечення необхідної температури повітря в робочій зоні і на постійних робочих місцях, розташованих поблизу воріт, дверей і технологічних прорізів.

Повітряні завіси знайшли широке застосування як пристрої, що прискорюють прохід повітря через відкриті ворота, які за технологічним

процесом не можна приймати постійно закритими. Завдяки цим пристроям через ворота, що взимку відкриваються, унеможлиблюється прорив холодного повітря у виробничі приміщення. Повітряні завіси застосовуються також у проймах між двома цехами, коли один з них опалюється, а інший не опалюється: у проймах зовнішніх огорожень, через які проходить виробниче устаткування (транспортери і т.п.).

Повітряні завіси дають можливість підтримувати взимку у виробничих приміщеннях необхідні санітарними нормами метеорологічні умови і при цьому значно скорочувати витрати тепла. [23]

Повітряними завісами можна скористатися для запобігання переміщення повітря з одного приміщення, у якому є концентрація шкідливих парів, газів або пилу (хоча б у розмірах, гранично допустимими за нормами), в інше, де виділення цих шкідливих для здоров'я речовин немає. Очевидно, вперше повітряні завіси були застосовані саме для вирішення такої задачі. Повітряні завіси знаходять широке застосування у виробничій промисловості. Так, наприклад, транспортуванні готової продукції і сировини через цехові ворота в робоче приміщення проривається велика кількість холодного повітря, що впливає на обслуговуючий персонал і якість продукції, що випускається. Пристрій повітряних завіс біля воріт забезпечує підтримку в цеху необхідної температури і при цьому запобігає прориву холодного повітря в робоче приміщення. Повітряні завіси підрозділяються на нижні бічні, одnobічні двобічні з однаковими і різними кутами виходу потоку повітря. [25]

Бічні (одnobічні та двобічні) завіси застосовуються при високому стоянні ґрунтових вод, можливого забрудненні підлоги в прорізі воріт, а також, коли у воротах на тривалий час може зупинятися транспорт [22] .

Бічні завіси використовуються з одним вентилятором на кожен стояк. Дані завіси в даний час затверджені як типові і розроблені для розсувних та розпашних воріт розміром 3×3; 4×3; 4×4,2; 4,7×5,6 м. Завіси

можуть бути встановлені з калориферами і без них. Калорифери нестандартні і встановлюються відповідно до розрахунків. Компонування вентиляційних агрегатів повітряних завіс дозволяє встановлювати повітроводи для забору повітря з верхньої зони приміщення в цехах, де взимку великі надлишки тепла.

Завіси, як правило, обладнуються калориферами для підігріву повітря, що подається у завісу. Калорифери можуть не встановлюватись у «гарячих» цехах при заборі повітря з верхньої зони приміщення і в деяких випадках при застосуванні вентиляційних агрегатів на майданчиках над воротами. Можливість обійтися без додаткового підігріву повітря кожен раз повинна бути перевірена розрахунком. [24]

У воріт промислових будівель, як правило, проектується повітряні завіси шиберного типу, які в результаті часткового перекриття прорізу повітряним струменем скорочують прорив зовнішнього повітря через відкритий проріз, а в приміщення надходить суміш холодного зовнішнього з нагрітим повітрям повітряної завіси. При цьому температура суміші повинна бути дорівнює нормованій температурі поблизу воріт. Температуру суміші повітря t_{cm} , що надходить у приміщення при роботі повітряної завіси варто приймати не менш: 1) 14 °C – при легкій роботі; 2) 12 °C – при роботі середньої ваги; 3) 8 °C – при важкій роботі [25].

У воріт промислових будинків звичайно встановлюються бічні двосторонні завіси шиберного типу з розташуванням вентилятора й калорифера на вертикальному коробі для випуску повітря. Повітряний струмінь направляється під кутом 30° до площини прорізу. Висота щілини дорівнює висоті прорізу.

Вихідні дані для розрахунку повітряно-теплової завіси: 1) температура суміші повітря, що надходить у приміщення при роботі повітряної завіси $t_{cm} = 12^{\circ}\text{C}$; 2) висота будинку від підлоги до низу ферми $H = 12$ м; 3) розміри воріт 3×4 м; 4) розрахункова температура зовнішнього

повітря для холодного періоду року $t_n = -25,0$ °C; 5) розрахункова температура внутрішнього повітря для холодного періоду року $t_g = 15$ °C; 6) розрахункова швидкість вітру для холодного періоду року $v_n = 4,1$ м/с; 7) розрахунковий барометричний тиск у місці передбачуваного будівництва $P_g = 1000$ ГПа (750 мм рт. ст.). [26]

Загальна витрата повітря, що подається завісою шиберного типу знаходиться по виразу:

$$G_z = 5100 \cdot \bar{q} \cdot \mu_{np} \cdot F_{np} \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho_{cm}}, \text{ кг/ГОД}$$

де $\bar{q}$ – відношення кількості повітря, що подається завісою, до витрати повітря, що проходить у приміщення через проріз при роботі завіси; рекомендується приймати $\bar{q} = 0,6...0,7$;

μ_{np} – коефіцієнт витрати прорізу при роботі завіси, обумовлений відповідно до [7, табл. 2.49] залежно від типу воріт (розсувного або розстібні), виду завіси (бічної або нижня) і відносної площі;

$$\bar{F} = \frac{F_{np}}{F_{ц}}$$

F_{np} – площа прорізу воріт, м², $F_{np} = 3 \cdot 4 = 12$;

$F_{ц}$ – площа повітрявипускних щілин, м²;

ρ_{cm} – щільність суміші повітря, що подається завісою при температурі $t_{cm} = 12$ °C, кг/м³, що розраховує по формулі [26]:

$$\rho_{cm} = \frac{353}{273 + t_{cm}},$$

ΔP – різниця тисків повітря із двох сторін зовнішнього огороження на рівні прорізу, обладнаного завісою, Па.

При розрахунках повітряно-теплових завіс шиберного типу величина відносної площі $\bar{F}$ приймається в межах 20...30....30 При $\bar{F} = 20$ згідно [7, табл. 2.49] для розсувного прорізу $\mu_{np} = 0,32$. [27]

$$\rho_{cm} = \frac{353}{273+12} = 1,239 \text{ кг/м}^3.$$

Значення різниці тисків повітря із двох сторін зовнішнього огороження на рівні прорізу ΔP , обладнаного завісою, можна знайти по формулі:

$$\Delta P = \Delta P_T + k_1 \cdot \Delta P_{\epsilon},$$

де k_1 – поправочний коефіцієнт, що враховує ступінь герметичності будинку; відповідно до [4, табл. 7.3] для будинків з аераційними прорізами, закритими в холодний період року $k_1 = 0,5$;

ΔP_T – гравітаційний тиск, Па, обумовлений по виразу:

$$\Delta P_T = 9,81 \cdot h_{расч} \cdot (\rho_n - \rho_{\epsilon}),$$

де $h_{расч}$ – відстань по вертикалі від центра прорізу, обладнаного завісою, до рівня нульових тисків, де тиск зовні й усередині будівлі рівна (висота нейтральної зони), м; згідно [4, табл. 7.4] для будівель з аераційними прорізами, закритими в холодний період року $h_{расч} = 3,6$;

ρ_n – щільність повітря, що відповідає розрахунковій температурі зовнішнього повітря для холодного періоду року $t_n = -25,0$ °С, кг/м³;

ρ_{ϵ} – щільність повітря, що відповідає розрахунковій температурі внутрішнього повітря для холодного періоду року $t_{\epsilon} = 15$ °С, кг/м³;

ΔP_{ϵ} – вітровий тиск, Па, що розраховує по формулі:

$$\Delta P_{\epsilon} = c \cdot v_n^2 \cdot \frac{\rho_n}{2},$$

де c – розрахунковий аеродинамічний коефіцієнт, значення якого для вертикального огороження у відповідності зі БНіП 2.01. 07-85 приймається рівним 0,8. [28]

$$\rho_n = \frac{353}{273+t_n} = \frac{353}{273+(-25,0)} = 1,423 \text{ кг/м}^3.$$

$$\rho_{\epsilon} = \frac{353}{273 + t_{\epsilon}} = \frac{353}{273 + 15} = 1,226 \text{ кг/м}^3.$$

$$\Delta P_T = 9,81 \cdot 3,6 \cdot (1,423 - 1,226) = 7 \text{ Па.}$$

$$\Delta P_{\epsilon} = 0,8 \cdot 4,1^2 \cdot \frac{1,423}{2} = 9,6 \text{ Па.}$$

$$\Delta P = 7 + 0,5 \cdot 9,6 = 11,8 \text{ Па.}$$

$$G_3 = 5100 \cdot 0,6 \cdot 0,32 \cdot 12 \cdot \sqrt{11,8 \cdot 1,239} = 44859,4 \text{ кг/год.}$$

До установки приймається бічна двостороння повітряно-теплова завіса ЗВТЗ-1 з основними технічними параметрами, приведеними в [4, табл. 7.1].

Виходячи з формули уточнюється дійсне значення відносини кількості повітря, що подається завісою, до витрати повітря, що проходить у приміщення через проріз при роботі завіси:

$$\overline{q_o} = \frac{G_3^o}{5100 \cdot \mu_{np} \cdot F_{np} \cdot \sqrt{\Delta P \cdot \rho_{cm}}};$$

$$\overline{q_o} = \frac{39000}{5100 \cdot 0,32 \cdot 12 \cdot \sqrt{11,8 \cdot 1,239}} = 0,52.$$

Необхідна температура повітря, що подається завісою, перебуває на підставі рівняння теплового балансу по вираженню:

$$t_3 = t_n + \frac{t_{cm} - t_n}{\overline{q_o} \cdot (1 - \overline{Q})}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $\overline{Q}$ – відношення теплоти, що втрачається із повітрям, що йде через відкритий проріз назовні, до теплової потужності завіси; згідно [4, мал. 7.3 а] $\overline{Q} = 0$.

$$t_3 = -25,0 + \frac{12 - (-25,0)}{0,52 \cdot (1 - 0)} = 45,9 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Теплова потужність калориферів повітряно-теплової завіси визначається по формулі:

$$Q_3 = 0,28 \cdot G_3^o \cdot (t_3 - t_{нач}), \text{ Вт}$$

де $t_{нач}$ – температура повітря, що забирається для завіси, °С, прийнята рівній температурі суміші повітря, що надходить у приміщення при роботі повітряної завіси $t_{см}$, тобто $t_{нач} = t_{см} = 12$.

$$Q_3 = 0,28 \cdot 39000 \cdot (45,9 - 12) = 367590,9 \text{ Вт.}$$

Дане значення дійсної продуктивності по теплоті повітряно-теплової завіси ЗВТЗ-1 близько до розрахункового значення ($Q_3^p = 368200$ Вт). Відхилення дійсного значення продуктивності по теплоті від розрахункового не перевищує припустимих меж в 10 %

$$\eta = \frac{Q_3^p - Q_3}{Q_3^p} \cdot 100 = \frac{368200 - 367590,9}{368200} \cdot 100 = 0,2 < 10 \text{ \%}.$$

Повітряно-теплова завіса складається з двох агрегатів стійкового типу правого і лівого виконання.

Агрегат повітряно-теплової завіси є вертикальний короб, на якому розміщені калорифер і вентиляторний агрегат.

Дані комплектуючого обладнання:

- вентилятор осьовий Ц14-46 № 6,3 індекс ОВ 109-19;
- електродвигун типу 4А160S8.УЗ, ісп.ІМ3081, частота обертання 1420 об / хв;
- калорифер типу КВБ – 6П.

Повітряно-теплова завіса типу ЗВТЗ-1 використовується для воріт з отвором 3,6 х 4,2 м. Повітряно-теплова завіса працює в режимі ручного управління.

Область застосування

Повітряно-теплова завіса призначена для запобігання проникнення холодного повітря у виробничі приміщення при відкриванні воріт і встановлюється біля в'їзних воріт у промислових будівлях категорій В, Г і Д за пожежо - та вибухобезпеки в кліматичних зонах з помірним кліматом.

Умови експлуатації

Повітряні завіси можуть знайти своє застосування у виставкових приміщеннях, магазинах, кафе, ресторанах, готелях, громадських будівлях і т.п. [29]

Завіси перешкоджають: проникненню холодного повітря в зимовий час; проникненню теплого повітря в літній час; виникнення протягів; знижують енергетичні витрати; оптимізують ефективність використовуваного обладнання для кондиціонування повітря. Технічні характеристики представлено у таблиці 2.11

Таблиця 2.11

Технічні характеристики [30]

Характеристики	Параметри
Ефективна потужність,кВт	368,2
Теплоносій	Перегріта вода
Температура теплоносія на вході,°С, не більше	150
Граничний тиск теплоносія,МПа, не більше	1,2
Еквівалентний рівень звукової потужності,дБ, не більше	85
Калорифер	КВБ – 6П
Настановна потужність кожного електродвигуна,кВт	7,5
Продуктивність - по повітрю, тис.м ³ / год	32,5
Продуктивність - по теплу,кВт	368-50
Габаритні розміри, мм, не більше:	:
діаметр повітряводу, мм	445
ширина повітряводу з роздатковим патрубком	445
висота	55650
Маса, кг, не більше	2015

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ КОМПАНІЇ «ЕДІСАН»

3.1. Вибір і розрахунок систем місцевої вентиляції

Визначення витрат повітря

Захистно-знепилювальні кожухи встановлюються над заточувальними, обдирково-шліфувальними й полірувальними верстатами. [30]

Витрата повітря, що видаляються місцевими відсмоктувачами від таких верстатів, визначається по формулі:

$$L = a \cdot d_{кр}, \text{ м}^3/\text{Год}$$

де a – питома величина відсмоктування повітря, $\text{м}^3/(\text{мм} \cdot \text{Год})$: 1) для заточувальних і шліфувальних верстатів з абразивним колом $a = 2 \text{ м}^3/(\text{мм} \cdot \text{Год})$; 2) для полірувальних верстатів з повстяним колом $a = 4 \text{ м}^3/(\text{мм} \cdot \text{Год})$; 3) для полірувальних верстатів з матер'яним колом $a = 6 \text{ м}^3/(\text{мм} \cdot \text{Год})$;

$d_{кр}$ – діаметр кола, мм.

Витрата повітря, що видаляє місцевим відсмоктувачем від одного плоскошліфувального верстата, буде дорівнює:

$$L = 2 \cdot 250 = 500 \text{ (м}^3/\text{Год)}.$$

Витрата повітря, що видаляється місцевими відсмоктувачами від чотирьох (4) плоскошліфувальних верстатів, складе:

$$L_{м.о}^1 = 4 \cdot 500 = 2000 \text{ (м}^3/\text{Год)}.$$

Витрата повітря, що відсмоктується від укриття при наявності в ньому джерела теплонадходження, знаходиться по виразу:

$$L = 120 \cdot \sqrt[3]{h \cdot Q \cdot F^2}, \text{ м}^3/\text{Год}$$

де h – висота робочого прорізу, м;

F – площа робочого прорізу, м^2 ;

Q – тепловиділення в укритті, що йдуть на нагрівання повітря в ньому, Вт, прийняте рівними 50...70...70% від повної теплопродуктивності джерела.

Витрата повітря, що видаляється з укриття однієї мийки деталей, буде дорівнює:

$$L = 120 \cdot \sqrt[3]{0,5 \cdot 30000 \cdot 0,4^2} = 1606,639 \approx 1610 \text{ (м}^3 \text{ /год)}.$$

Витрата повітря, що відсмоктує з укриття трьох (3) мийок деталей, складе:

$$L_{\text{м.о}}^2 = 3 \cdot 1610 = 4830 \text{ (м}^3 \text{ /год)}.$$

Сумарна продуктивність двох систем місцевих відсмоктувачів дорівнює:

$$L_{\text{м.о}} = L_{\text{м.о}}^1 + L_{\text{м.о}}^2 = 2000 + 4830 = 6830 \text{ (м}^3 \text{ /год)}.$$

Витрата повітря для вентиляції приміщень промислових будинків визначається після розрахунку тепловтрат і теплонадходжень, складання теплового балансу й вибору системи опалення, визначення кількості вологи, шкідливих і вибухонебезпечних газів, що надходять у робочу зону, визначення продуктивності місцевих відсмоктувачів, вибору схеми організації повітрообміну.

Витрата припливного повітря розраховується для теплих, холодного періодів року й перехідних умов для асиміляції надлишкової теплоти по формулі [31]:

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{м.о}} + \frac{3,6 \cdot \sum Q_{\text{изб}} - c \cdot \rho \cdot L_{\text{м.о}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{пр}})}{c \cdot \rho \cdot (t_{\text{yx}} - t_{\text{пр}})}, \text{ м}^3/\text{год}$$

де $L_{\text{м.об}}$ – витрату повітря, що видаляється із робочої зони приміщення системами місцевих відсмоктувачів і на технологічні потреби, $\text{м}^3/\text{год}$; [32]

$\sum Q_{\text{изб}}$ – надлишковий потік явної теплоти в приміщення, Вт;

c – теплоємність повітря, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, $c = 1,005$;

ρ – щільність повітря, кг/м^3 , $\rho = 1,2$;

t_{yx} – температура повітря, що видаляється із приміщення за межами що обслуговує або робочої зони, $^{\circ}\text{C}$;

t_{np} – температура припливного повітря, $^{\circ}\text{C}$;

t_v – температура внутрішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Тепловий баланс приміщення цеху можна записати в такий спосіб:

$$Q_{np} + 3,6 \cdot \sum Q_{изб} = Q_{м.о} + Q_{yx}, \text{ Вт}$$

Розписавши що складають Q_{np} , $Q_{м.про}$ і Q_{yx} , тепловий баланс приміщення можна представити інакше:

$$c \cdot \rho \cdot L_{np} \cdot t_{np} + 3,6 \cdot \sum Q_{изб} = c \cdot \rho \cdot L_{м.о} \cdot t_v + c \cdot \rho \cdot L_{yx} \cdot t_{yx}, \text{ Вт}$$

де Q_{np} – потік теплоти, що надходить у приміщення цеху разом із припливним повітрям, Вт;

$Q_{м.об}$ – потік теплоти, що йде із приміщення цеху внаслідок роботи систем місцевих відсмоктувачів, Вт;

Q_{yx} – потік теплоти, що йде із приміщення цеху разом з повітрям, Вт. [33]

Розрахунок повітрообміну для теплового періоду року

Вихідні дані для розрахунку: 1) $L_{м.о} = 26780 \text{ м}^3/\text{год}$; 2) $\sum Q_{изб} = 262540$

Вт; 3) $t_{yx} = 29,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$; 4) $t_{np} = 21,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$; 5) $t_v = 25,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$; 6) $L_{yx} = L_{np} - L_{м.о}$.

$$L_{np} = 26780 + \frac{3,6 \cdot 262540 - 1,005 \cdot 1,2 \cdot 26780 \cdot (25,1 - 21,1)}{1,005 \cdot 1,2 \cdot (29,1 - 21,1)} = 111360 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$1,005 \cdot 1,2 \cdot 111360 \cdot 21,1 + 3,6 \cdot 262540 = 3778877,4 \text{ Вт}.$$

$$1,005 \cdot 1,2 \cdot 26780 \cdot 25,1 + 1,005 \cdot 1,2 \cdot (111360 - 26780) \cdot 29,1 = 3778947,9 \text{ Вт}.$$

Розрахунок повітрообміну для перехідних умов

Вихідні дані для розрахунку:

1) $L_{м.о} = 26780 \text{ м}^3/\text{год}$;

2) $\sum Q_{изб} = 230290 \text{ Вт}$;

3) $t_{yx} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$$4) t_{np} = 9 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$5) t_g = 15 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$6) L_{yx} = L_{np} - L_{m.o}.$$

$$L_{np} = 19580 + \frac{3,6 \cdot 230290 - 1,005 \cdot 1,2 \cdot 26780 \cdot (15 - 9)}{1,005 \cdot 1,2 \cdot (19 - 9)} = 79460 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$1,005 \cdot 1,2 \cdot 79460 \cdot 9 + 3,6 \cdot 230290 = 1691502,8 \text{ Вт}.$$

$$1,005 \cdot 1,2 \cdot 26780 \cdot 15 + 1,005 \cdot 1,2 \cdot (79460 - 26780) \cdot 19 = 1691559,7 \text{ Вт}.$$

Розрахунок повітрообміну для холодного періоду року

Вихідні дані для розрахунку:

$$1) L_{m.o} = 26780 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$2) \sum Q_{изб} = 179970 \text{ Вт};$$

$$3) t_{yx} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$4) t_{np} = 9 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$5) t_g = 15 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$6) L_{yx} = L_{np} - L_{m.o}.$$

Виходячи з формули (2.1) визначається температура припливного повітря:

$$t_{np} = \frac{c \cdot \rho \cdot L_{m.o} \cdot t_g + c \cdot \rho \cdot L_{yx} \cdot t_{yx} - 3,6 \cdot \sum Q_{изб}}{c \cdot \rho \cdot L_{np}}, \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{np} = \frac{1,005 \cdot 1,2 \cdot 26780 \cdot 15 + 1,005 \cdot 1,2 \cdot (79460 - 26780) \cdot 19 - 3,6 \cdot 179970}{1,005 \cdot 1,2 \cdot 79460} = 10,9 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$1,005 \cdot 1,2 \cdot 79460 \cdot 10,9 + 3,6 \cdot 179970 = 1692425,5 \text{ Вт}.$$

$$1,005 \cdot 1,2 \cdot 79460 \cdot 15 + 1,005 \cdot 1,2 \cdot (79460 - 26780) \cdot 19 = 1691559,7 \text{ Вт}.$$

Розрахунок роздачі припливного повітря

Запроектовані до встановлення приколонні регульовані повітророзподільники віялового типу НРВ-2 по шести пар уздовж цеху з кожної з його сторін і по шести подвоєних пар з середині цеху.

При вході припливного струменя в робочу зону приміщення у цеху повинні бути виконані наступні умови [34]:

1) максимальна швидкість припливного повітря на осі струменя при вході в робочу зону приміщення цеху не повинна перевищувати $v_n = K \cdot v_e = 1,8 \cdot 0,4 = 0,72 \text{ м/с}$;

2) максимальна різниця температур між температурою повітря на осі припливного струменя й температурою повітря в робочій зоні не повинна перевищувати $\Delta t_n = 2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Вихідні дані для розрахунку повітря розподілу: 1) витрата припливного повітря на один повітророзподільник $L_0 = 1450 \text{ м}^3/\text{год}$; 2) розрахункова площа одного повітророзподільника $A_0 = 0,056 \text{ м}^2$; 3) надлишкова температура припливного о повітря $\Delta t_0 = t_e - t_{np} = 15 - 9 = 6 \text{ }^\circ\text{C}$; 4) площа приміщення цеху, перпендикулярна потоку повітря, що доводиться на один повітророзподільник (струмінь) $A_p = 3 \cdot 12 = 36 \text{ м}^2$; 5) швидкісний коефіцієнт повітророзподільника $m = 2$; 6) температурний коефіцієнт повітророзподільника $n = 1,6$; 7) коефіцієнт місцевого опору повітророзподільника НРВ-2 $\zeta = 3$.

Швидкість повітря на виході з повітророзподільника знаходиться по формулі [35]:

$$v_0 = \frac{L_0}{3600 \cdot A_0}, \text{ м/с}$$
$$v_0 = \frac{1450}{3600 \cdot 0,056} = 7,2 \text{ м/с}.$$

Шлях розвитку струменя розраховується по виразу:

$$x = \frac{H}{\sin \alpha}, \text{ м}$$

де H – відстань по вертикалі від місця виходу повітря з повітророзподільника до входу його в робочу зону приміщення цеху, м, $H = 1,5$;

α – кут випуску струменя з повітророзподільника до обрію, град.,
прийнятий рівним $\alpha = 10^\circ$.

$$x = \frac{1,5}{\sin 10^\circ} = 8,6 \text{ м.}$$

Коефіцієнт стиснення визначається по формулі:

$$k_c = k_{con}^T + \frac{0,9 \cdot L_{y\partial}}{m \cdot L_{np}} \cdot \frac{x}{\sqrt{A_p}} \cdot \sqrt{\frac{A_0}{A_p}},$$

де $L_{y\partial}$ – витрата повітря, що видаляється наприкінці розвитку струменя, м³/год;

L_{np} – витрата повітря, що подається одним повітророзподільником, м³/год, $L_{y\partial} = L_{np} = 1450$;

k_{con}^T – коефіцієнт стиснення для тупикової схеми розвитку струменя, прийнятий згідно [5, табл. 17.3] залежно від параметрів $\bar{A}$ і $\bar{x}$.

Параметр $\bar{A}$ знаходиться по виразу:

$$\bar{A} = \frac{A_0}{A_p},$$

$$\bar{A} = \frac{0,056}{36} = 0,002.$$

Параметр $\bar{x}$ розраховується по формулі:

$$\bar{x} = \frac{x}{m \cdot \sqrt{A_p}}.$$

$$\bar{x} = \frac{8,6}{2 \cdot \sqrt{36}} = 0,7.$$

При $\bar{A} = 0,002$ і $\bar{x} = 0,7$ $k_{con}^T = 1$.

$$k_c = 1 + \frac{0,9 \cdot 1450}{2 \cdot 1450} \cdot \frac{8,6}{\sqrt{36}} \cdot \sqrt{\frac{0,056}{36}} = 1,03.$$

Швидкість і надлишкова температура повітря на осі припливного струменя при вході її в робочу зону розрахункового приміщення визначаються відповідно по вираженнях:

$$v_x = \frac{m \cdot v_0 \cdot \sqrt{A_0}}{x} \cdot k_c \cdot k_n \cdot k_e, \text{ м/с}$$

$$\Delta t_x = \frac{n \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{A_0}}{x} \cdot \frac{k_e}{k_c \cdot k_n}, \text{ } ^\circ\text{C}$$

де k_n – коефіцієнт неізотермічності;

k_e – коефіцієнт взаємодії;

k_c – коефіцієнт стиснення.

Відповідно при похилій подачі охолодженого повітря під кутом $\alpha = 10^\circ$ до горизонту коефіцієнт неізотермічності k_n приймається рівним 1,18 і 1,02 відповідно.

Згідно тому, що $\frac{x}{l} = \frac{8,6}{3} = 2,9 < 10$, те $k_e = 1$.

Відповідно до того, що $k_{con}^T = 1 > 0,85$, те $k_c = 1,03$.

$$v_x = \frac{2 \cdot 7,2 \cdot \sqrt{0,056}}{8,6} \cdot 1,03 \cdot 1,18 \cdot 1 = 0,48 \text{ м/с.}$$

$$\Delta t_x = \frac{1,6 \cdot 6 \cdot \sqrt{0,056}}{8,6} \cdot \frac{1}{1,03 \cdot 1,02} = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Порівняння отриманих значень максимальної швидкості на осі струменя при вході в робочу зону приміщення цеху v_x і надлишкової температури Δt_x з нормованими значеннями:

$$v_x = 0,48 < 0,72 \text{ м/с.}$$

$$\Delta t_x = 0,3 < 2 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

3.2. Аеродинамічний розрахунок однієї припливної і однієї витяжної механічної системи вентиляції

Аеродинамічний розрахунок припливної механічної системи вентиляції

Аеродинамічний розрахунок припливної системи з механічним спонуканням зводиться до визначення діаметрів перетину повітроводів на

різних ділянках вентиляційної мережі d , мм, а також втрат тиску на цих ділянках P , Па, при заданій витраті повітря L , м³/год, і рекомендованій швидкості, що, v , м/с. [36]

Ділянка - це відрізок повітроводу, що характеризується постійною витратою повітря. Границями між окремими ділянками є трійники.

При вв'язуванні відгалужень розбіжність у втратах тиску повинне бути не більше 15 %, якщо повітря надходить в одне приміщення (цех) і не більше 10 %, якщо повітря надходить у різні приміщення (цехи).

При проектуванні вентиляційних систем варто використати уніфіковані деталі повітроводів, за винятком систем аспірації й пневмотранспорту. [37]

Повітроводи, по яких транспортується не запилене повітря, звичайно розраховуються методом питомих втрат тиску на тертя по наступній формулі:

$$P = R \cdot l + Z, \text{ Па}$$

де P - втрати тиску на ділянці повітроводу, Па;

R - питомі втрати тиску на тертя, Па/м;

l - довжина ділянки повітроводу, м;

Z - втрати тиску в місцевих опорах, Па, обумовлені по виразу:

$$Z = \sum \zeta \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2},$$

де $\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів на розрахунковій ділянці повітроводу;

ρ – щільність повітря, кг/м³, $\rho = 1,2$;

v – швидкість руху повітря у повітроводі, м/с.

Рекомендується приймати наступні швидкості повітря у повітроводах виробничих будівель:

- 1) у магістралях до 12 м/с;
- 2) у відгалуженнях до 6 м/с.

Аеродинамічний розрахунок припливної системи вентиляції наведений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Аеродинамічний розрахунок припливної системи вентиляції з механічним спонуканням

№ діл.	L, м³/год	l, м	Розміри повітроводів, мм			v, м/с	R, Па/м	n	$K_1 \cdot R \cdot l \cdot n$, Па	P_d , Па	$\Sigma K_2 \cdot \zeta$	Z, Па	P, Па	ΣP , Па
			a	b	d (d _{екв})									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L=17400 м³/год														
НРВ-2	2900	—	—	—	—	7,2	—	—	—	31,0	3,09	95,9	95,9	95,9
1	2900	10	—	—	450	5,1	0,6	1	6,2	15,4	2,16	33,3	39,5	135,4
2	5800	6	—	—	500	8,2	1,3	1	7,9	40,4	0,23	9,2	17,1	152,5
3	8700	6	—	—	560	9,8	1,6	1	9,6	57,8	0,21	11,9	21,5	174,0
4	11600	6	—	—	630	10,3	1,5	1	9,2	64,1	0,21	13,2	22,4	196,3
5	14500	6	—	—	710	10,2	1,2	1	7,6	62,1	0,22	13,4	21,1	217,4
6	17400	7	—	—	800	9,6	1,0	1	6,9	55,5	1,03	57,1	64,0	281,4
18 СТД 5289	17400	—	—	—	—	4,5	—	—	—	12,0	1,24	14,9	14,9	296,3
Ув'язування відгалужень														
P _{расп 7} = 135,4 Па														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
НРВ-2	2900	—	—	—	—	7,2	—	—	—	31,0	3,09	95,9	95,9	95,9
7	2900	4	—	—	400	6,4	1,1	1	4,4	24,7	1,50	37,1	41,5	137,4
Нев'язання 1,5 %														
P _{расп 8} = 152,5 Па														
НРВ-2	2900	—	—	—	—	7,2	—	—	—	31,0	3,09	95,9	95,9	95,9
8	2900	4	—	—	450	5,1	0,6	1	2,5	15,4	3,47	53,4	55,9	151,8
Нев'язання 0,4 %														
P _{расп 9} = 174,0 Па														
НРВ-2	2900	—	—	—	—	7,2	—	—	—	31,0	3,09	95,9	95,9	95,9
9	2900	4	—	—	450	5,1	0,6	1	2,5	15,4	4,19	64,5	67,0	162,9
Нев'язання 6,4 %														
P _{расп 10} = 196,3 Па														
НРВ-2	2900	—	—	—	—	7,2	—	—	—	31,0	3,09	95,9	95,9	95,9
10	2900	4	—	—	450	5,1	0,6	1	2,5	15,4	5,59	86,1	88,6	184,5
Нев'язання 6,0 %														
P _{расп 11} = 217,4 Па														
НРВ-2	2900	—	—	—	—	7,2	—	—	—	31,0	3,09	95,9	95,9	95,9
11	2900	4	—	—	450	5,1	0,6	1	2,5	15,4	6,84	105,3	107,7	203,7
Нев'язання 6,3 %														

Примітка – поправочні коефіцієнти на втрати тиску на тертя (K_1) і в місцевих опорах (K_2), що враховують температуру переміщуваного повітря, прийняті рівними 1,02 і 1,03 відповідно.

Місцеві опори на ділянках розрахункового напрямку

Повітророзподільник НРВ-2 – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 3 = 3,09$.

Ділянка 1:1) поворот на 90° у сталевому повітря воді –
 $K_2 \cdot \zeta_1 = 1,03 \cdot 0,3 = 0,31$;

2) трійник на прохід – $K_2 \cdot \zeta_2 = 1,03 \cdot 0,4 = 0,41$;

3) діафрагма (діаметр отвору 361 мм) – $K_2 \cdot \zeta_3 = 1,03 \cdot 1,4 = 1,44$;

$$K_2 \cdot \sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 1,03 \cdot (0,3 + 0,4 + 1,4) = 2,16.$$

Ділянка 2:1) трійник на прохід – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 0,22 = 0,23$.

Ділянка 3:1) трійник на прохід – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 0,2 = 0,21$.

Ділянка 4:1) трійник на прохід – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 0,2 = 0,21$.

Ділянка 5:1) трійник на прохід – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 0,21 = 0,22$.

Ділянка 6:1) два повороти на 90° у сталевому повітроводі –
 $K_2 \cdot \zeta_1 = 1,03 \cdot 2 \cdot 0,3 = 0,62$;

2) перехід за вентилятором – $K_2 \cdot \zeta_2 = 1,03 \cdot 0,1 = 0,10$;

3) конфузор перед вентилятором – $K_2 \cdot \zeta_3 = 1,03 \cdot 0,3 = 0,31$;

$$K_2 \cdot \sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 1,03 \cdot (2 \cdot 0,3 + 0,1 + 0,3) = 1,03.$$

Повітрязаборні ґрати СТД 5289 (150×580 мм) – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 1,2 = 1,24$.

Місцеві опори на відгалуженнях від розрахункового напрямку

Ділянка 7:1) трійник на відгалуження – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 1,46 = 1,50$.

Ділянка 8:1) трійник на відгалуження – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 3,37 = 3,47$.

Ділянка 9:1) трійник на відгалуження – $K_2 \cdot \zeta = 1,03 \cdot 4,07 = 4,19$.

Ділянка 10:1) трійник на відгалуження – $K_2 \cdot \zeta_1 = 1,03 \cdot 3,43 = 3,53$.

2) діафрагма (діаметр отвору 346 мм) – $K_2 \cdot \zeta_2 = 1,03 \cdot 2 = 2,06$;

$$K_2 \cdot \sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 = 1,03 \cdot (3,43 + 2) = 5,59.$$

Ділянка 11:1) трійник на відгалуження – $K_2 \cdot \zeta_1 = 1,03 \cdot 4,44 = 4,57$.

2) діафрагма (діаметр отвору 342 мм) – $K_2 \cdot \zeta_2 = 1,03 \cdot 2,2 = 2,27$;

$$K_2 \cdot \Sigma \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 = 1,03 \cdot (4,44 + 2,2) = 6,84.$$

Аеродинамічний розрахунок місцевої витяжної механічної системи вентиляції

Таблиця 3.2

**Аеродинамічний розрахунок місцевої витяжної системи
вентиляції з механічним спонуканням**

№ діл.	L, м ³ /год	l, м	Розміри повітроводу, мм			v, м/с	R, Па/м	n	R·l·n, Па	P _д , Па	Σζ	Z, Па	P, Па	ΣP, Па
			a	b	d (d _{екв})									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L=9000 м ³ /год														
ПРВ	1800	-	-	-	-	3,8	-	-	-	8,9	3	26,6	26,6	26,6
1	1800	5,5	-	-	355	5,1	0,8	1	4,5	15,3	5,81	89,0	93,4	120,0
2	3600	3,5	-	-	355	10,1	2,9	1	10,3	61,2	0,51	31,2	41,5	161,5
3	5400	3,5	-	-	400	11,9	3,5	1	12,1	85,5	0,3	25,6	37,7	199,3
4	7200	3,5	-	-	500	10,2	1,9	1	6,8	62,3	0,3	18,7	25,5	224,7
5	9000	6,5	-	-	560	10,2	1,7	1	10,9	61,8	1,3	80,4	91,2	316,0
6	9000	13,3	-	-	560	10,2	1,7	1	22,2	61,8	1,3	80,4	80,4	396,3
Ув'язування відгалужень														
P _{расп 7} = 120,0 Па														
ПРВ	1800	-	-	-	-	3,8	-	-	-	8,9	3	26,6	26,6	26,6
7	1800	2	-	-	250	10,2	4,6	1	9,2	62,3	1,42	88,4	97,6	124,3
Нев'язання 3,5 %														
P _{расп 8} = 161,5 Па														
ПРВ	1800	-	-	-	-	3,8	-	-	-	8,9	3	26,6	26,6	26,6
8	1800	2	-	-	250	10,2	4,6	1	9,2	62,3	2,03	126,4	135,6	162,2
Нев'язання 0,4 %														
P _{расп 9} = 199,3 Па														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ПРВ	1800	-	-	-	-	3,8	-	-	-	8,9	3	26,6	26,6	26,6
9	1800	2	-	-	355	5,1	0,8	1	1,6	15,3	10,88	166,6	168,2	194,8
Нев'язання 2,2 %														
P _{расп 10} = 224,7 Па														
ПРВ	1800	-	-	-	-	3,8	-	-	-	8,9	3	26,6	26,6	26,6
10	1800	2	-	-	355	5,1	0,8	1	1,6	15,3	11,66	178,5	180,1	206,8
Нев'язання 8,0 %														

Місцеві опори на ділянках розрахункового напрямку

Панель рівномірного усмоктування ПРВ – $\zeta = 3$.

Ділянка 1:1) поворот на 90° у сталевому повітроводі – $\zeta_1 = 0,3$;

2) трійник на прохід – $\zeta_2 = 1,01$;

3) діафрагма (діаметр отвору 244 мм) – $\zeta_3 = 4,5$;

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 0,3 + 1,01 + 4,5 = 5,81.$$

Ділянка 2:1) трійник на прохід – $\zeta = 0,51$.

Ділянка 3:1) трійник на прохід – $\zeta = 0,30$.

Ділянка 4:1) трійник на прохід – $\zeta = 0,3$.

Ділянка 5:1) три повороти на 90° у сталевому повітря воді –
 $\zeta_1 = 3 \cdot 0,3 = 0,9$;

2) конфузор за вентилятором – $\zeta_2 = 0,3$;

3) перехід перед вентилятором – $\zeta_3 = 0,1$;

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 + \zeta_3 = 3 \cdot 0,3 + 0,3 + 0,1 = 1,3.$$

Ділянка 6:1) витяжна шахта з парасолем круглого перетину – $\zeta = 1,3$.

Місцеві опори на відгалуженнях від розрахункового напрямку

Ділянка 7:1) трійник на відгалуження – $\zeta = 1,42$.

Ділянка 8:1) трійник на відгалуження – $\zeta_1 = 1,33$.

2) діафрагма (діаметр отвору 215 мм) – $\zeta_2 = 0,7$;

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 = 1,33 + 0,7 = 2,03.$$

Ділянка 9:1) трійник на відгалуження – $\zeta_1 = -0,12$.

2) діафрагма (діаметр отвору 210 мм) – $\zeta_2 = 11$;

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 = -0,12 + 11 = 10,88.$$

Ділянка 10:1) трійник на відгалуження – $\zeta_1 = 0,66$.

2) діафрагма (діаметр отвору 210 мм) – $\zeta_2 = 11$;

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 = 0,66 + 11 = 11,66.$$

3.3. Підбір вентиляційного обладнання компанії

Підбір фільтра

Число комірок фільтра n знаходиться по виразу:

$$n = \frac{L}{L_{ном}},$$
$$n = \frac{17400}{1540} = 11,3.$$

До установки приймаються 12 фільтрів.

Загальна площа фільтруючої поверхні визначається по формулі:

$$F_{\phi} = n \cdot f, \text{ м}^2$$

де f – площа робочого перетину комірки фільтра, м^2 , $f = 0,22$.

$$F_{\phi} = 12 \cdot 0,22 = 2,64 \text{ м}^2.$$

Дійсне питоме повітряне навантаження фільтра розраховується по виразу:

$$y\phi = \frac{L}{F_{\phi}}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$$
$$y\phi = \frac{17400}{2,64} = 6590,9 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Початковий опір фільтра (по діаграмі залежно від дійсного питомого повітряного навантаження фільтра) становить $\Delta P_n = 34 \text{ Па}$.

Пилеємність фільтра при збільшенні його опору на 100 Па знаходиться по діаграмі залежно від $\Delta P_k = 100 + \Delta P_n$, Па.

$$\Delta P_k = 100 + 34 = 134 \text{ Па}.$$

При $\Delta P_k = 134 \text{ Па}$ $ПФ = 2600 \text{ г/м}^2$.

Кількість пилу, що осідає на фільтрах у добу (за 12 годин робочого часу), визначається по наступній формулі:

$$G_c = c_n \cdot L \cdot E \cdot \tau, \text{ г/доб.} \quad (3.60)$$
$$G_c = 0,001 \cdot 17400 \cdot 0,82 \cdot 12 = 171,2 \text{ г/доб.}$$

Тривалість роботи фільтра без регенерації знаходиться по виразу:

$$m = \frac{ПФ \cdot F_{\phi}}{G_c}, \text{ доб.}$$

$$m = \frac{2600 \cdot 2,64}{171,2} = 40,1 \text{ доб.}$$

Підбір калорифера

Нагрівання повітря у вентиляційних установках здійснюється в теплообмінних апаратах, називаних калориферами. Установка калориферів стосовно минаючого через неї повітря може бути паралельною й послідовною. При виборі схеми установки калориферів по повітрю варто походити з того, щоб масова швидкість перебувала в межах 3...12...12 кг/(м²·с).

Калорифер підбирається для нагрівання $L = 17400 \text{ м}^3/\text{год}$ повітря від температури $t_n = t_n^B = -25,0 \text{ }^\circ\text{C}$ до $t_k = 9,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Теплоносій – перегріта вода з параметрами $t_e = 140 \text{ }^\circ\text{C}$ і $t_o = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

Щільність повітря при $t_k = 9,9 \text{ }^\circ\text{C}$ визначається по формулі:

$$\rho_k = \frac{353}{273 + t_k}, \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_k = \frac{353}{273 + 9,9} = 1,248 \text{ кг/м}^3.$$

Кількість теплоти, необхідне для підігріву припливного повітря, розраховується по наступному виразу

$$Q = 0,28 \cdot c \cdot \rho_k \cdot L \cdot (t_k - t_n), \text{ Вт}$$

де c – питома теплоємність повітря, кДж/(кг·°C), $c = 1,005$.

$$Q = 0,28 \cdot 1,005 \cdot 1,248 \cdot 17400 \cdot (9,9 - (-25,0)) = 211533,9 \text{ Вт.}$$

Площа живого перетину калорифера для проходження повітря знаходиться по формулі:

$$f_s = \frac{L \cdot \rho_k}{3600 \cdot (v\rho)_k^{don}}, \text{ м}^2$$

де $(v\rho)_k^{np}$ – припустима масова швидкість повітря в калорифері, кг/(м²·с), відповідно до технічного обґрунтування по експлуатації калориферів $(v\rho)_k^{np} = 3...12$.

Для наступних розрахунків припустима масова швидкість повітря в калорифері $(v\rho)_\kappa^{\text{доп}}$ приймається рівної 8 кг/(м²·с).

$$f_\epsilon = \frac{17400 \cdot 1,248}{3600 \cdot 8} = 0,75 \text{ м}^2.$$

Відповідно приймається до установки калорифер КВС1133 з наступними основними технічними характеристиками:

$$1) F_n = 80,3 \text{ м}^2; 2) f_\epsilon^\circ = 1,66 \text{ м}^2; 3) f_w = 0,00261 \text{ м}^2.$$

Дійсна масова швидкість повітря в калорифері визначається по виразу:

$$(v\rho)_\kappa^\circ = \frac{L \cdot \rho_\kappa}{3600 \cdot f_\epsilon^\circ}, \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}.$$

$$(v\rho)_\kappa^\circ = \frac{17400 \cdot 1,248}{3600 \cdot 1,66} = 3,6 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)}.$$

Масова витрата води в калорифері розраховується по наступній формулі:

$$G_w = \frac{3,6 \cdot Q}{c_w \cdot (t_z - t_o)}, \text{ кг/год}$$

де c_w – питома теплоємність води, кДж/(кг·°C), $c = 4,19$.

$$G_w = \frac{3,6 \cdot 211533,9}{4,19 \cdot (140 - 70)} = 2596,4 \text{ кг/год}.$$

Швидкість руху (що рекомендована) води по трубках калорифера лежить у межах 0,2...0,5 м/с.

Швидкість руху води по трубках калорифера знаходиться по виразу:

$$v_w = \frac{G_w}{3600 \cdot f_w \cdot \rho_w}, \text{ м/с}$$

де ρ_w – щільність води, кг/м³, $\rho_w = 1000$.

$$v_w = \frac{2596,4}{3600 \cdot 0,00261 \cdot 1000} = 0,28 \text{ м/с}.$$

За знайденим значенням масової швидкості повітря в калорифері $(v\rho)_\kappa^\circ$, кг/(м²·с), і швидкості руху води по трубках калорифера v_w , м/с,

визначається коефіцієнт теплопередачі калорифера k , Вт/(м²·°C) і його аеродинамічний опір ΔP_a , Па. Згідно [5, табл. II. 25] $k = 25,7$, $\Delta P_a = 42,8$.

Необхідна поверхня нагрівання калорифера розраховується по формулі:

$$F_n^{mp} = \frac{Q}{k \cdot (t_w^{cp} - t_e^{cp})}, \text{ м}^2$$

де t_w^{cp} – середня арифметична температура води, °C, обумовлена по виразу:

$$t_w^{cp} = \frac{t_e + t_o}{2}, \text{ °C}$$

$$t_w^{cp} = \frac{140 + 70}{2} = 105 \text{ °C}.$$

t_e^{cp} – середня арифметична температура повітря, °C, що розраховує по наступній формулі:

$$t_e^{cp} = \frac{t_n + t_k}{2}, \text{ °C}$$

$$t_e^{cp} = \frac{-25,0 + 9,9}{2} = -7,55 \text{ °C}.$$

$$F_n^{mp} = \frac{211533,9}{25,7 \cdot (105 - (-7,55))} = 73,1 \text{ м}^2.$$

Загальне число встановлюваних калориферів знаходиться по виразу:

$$n = \frac{F_n^{mp}}{F_n} = \frac{73,1}{80,3} = 0,91.$$

Знайдене число округляється до найближчого цілого ($n = 1$) і перераховується дійсна площа поверхні нагрівання калорифера по формулі:

$$F_n^{\partial} = n \cdot F_n, \text{ м}^2$$

$$F_n^{\partial} = 1 \cdot 80,3 = 80,3 \text{ м}^2.$$

Тепловий потік обраної калориферної установки не повинен перевищувати розрахунковий більш, ніж на 10 %, тобто:

$$\eta = \frac{F_n^{\partial} - F_n^{mp}}{F_n^{mp}} \cdot 100, \%$$

$$\eta = \frac{80,3 - 73,1}{73,1} \cdot 100 = 9,8 < 10 \%$$

Підбір вентиляторів

1. Продуктивність вентилятора для припливної системи з механічним спонуканням з урахуванням 10 %-го запасу визначається по формулі:

$$L_g = 1,1 \cdot L, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L_g = 1,1 \cdot 17400 = 19140 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Тиск, що розвиває вентилятор, з урахуванням 10 %-го запасу розраховується по наступному виразу:

$$P_g = 1,1 \cdot (\Delta P_c + \Delta P_{\phi} + \Delta P_{\kappa}), \text{ Па}$$

де ΔP_c – втрати тиску у вентиляційній мережі, визначений по розрахунковій ділянці, Па, $\Delta P_c = 299$;

ΔP_{ϕ} – втрати тиску у фільтрі, Па, $\Delta P_{\phi} = 134$;

ΔP_{κ} – втрати тиску в калориферній установці, Па, $\Delta P_{\kappa} = \Delta P_a = 43$.

$$P_g = 1,1 \cdot (299 + 134 + 43) = 523,6 \text{ Па}.$$

Відповідно до [5, мал. І.7] до установки приймається вентилятор У.Ц4-75-8 (виконання 1) з діаметром робочого колеса $D = D_{ном}$, частотою обертання робочого колеса $n = 965$ про/хв, настановною потужністю $N_g = 5,5$ кВт і дійсним ККД $\eta_o = 0,81$ при максимально можливому ККД для даної серії вентиляторів $\eta_{max} = 0,85$ ($\frac{\eta_o}{\eta_{max}} = \frac{0,81}{0,85} = 0,95 > 0,9$).

Необхідна потужність на валу електродвигуна знаходиться по формулі:

$$N_n = \frac{L_g \cdot P_g}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_o \cdot \eta_n}, \text{ кВт}$$

де η_n – ККД передачі, згідно [4, табл. 11.3] $\eta_n = 1$.

$$N_n = \frac{19140 \cdot 523,6}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,81 \cdot 1} = 3,44 \text{ кВт.}$$

Встановлена потужність електродвигуна вентилятора розраховується по формулі:

$$N_{\epsilon} = k_z \cdot N_{np}, \text{ кВт}$$

де k_z – коефіцієнт запасу потужності, відповідно до [4, табл. 11.4]

$$k_z = 1,15.$$

$$N_{\epsilon} = 1,15 \cdot 3,44 = 3,95 \text{ кВт.}$$

2. Продуктивність вентилятора для місцевої витяжної системи з механічним спонуканням визначається по формулі:

$$L_{\epsilon} = 1,1 \cdot 9000 = 9900 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тиск, що розвиває вентилятором, з урахуванням 10 %-го запасу розраховується по наступному виразу:

$$P_{\epsilon} = 1,1 \cdot \Delta P_{\text{суст}}, \text{ Па}$$

де $\Delta P_{\text{суст}}$ – втрати тиску у витяжній системі, що розраховує місцевій,

$$\Delta P_{\text{суст}} = 401 \text{ Па,}$$

$$P_{\epsilon} = 1,1 \cdot 401 = 441,1 \text{ Па.}$$

Згідно [5, рис. I.6] до встановлення приймається вентилятор У.Ц4-75-6,3 (виконання 1) з діаметром робочого колеса $D = 1,1 \cdot D_{\text{ном}}$, частотою обертання робочого колеса $n = 950$ про/хв, настановною потужністю $N_y = 2,2$ кВт і дійсним ККД $\eta_o = 0,76$ при максимально можливому ККД для даної серії вентиляторів $\eta_{\text{max}} = 0,83$ ($\frac{\eta_o}{\eta_{\text{max}}} = \frac{0,76}{0,83} = 0,92 > 0,9$).

Необхідна потужність на валу електродвигуна знаходиться по формулі:

$$N_n = \frac{L_{\epsilon} \cdot P_{\epsilon}}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_o \cdot \eta_n}, \text{ кВт}$$

де η_n – ККД передачі, згідно [4, табл. 11.3] $\eta_n = 1$.

$$N_n = \frac{9900 \cdot 441,1}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,76 \cdot 1} = 1,6 \text{ кВт.}$$

Установлена потужність електродвигуна вентилятора розраховується по форм:

$$N_y = k_z \cdot N_{np}, \text{ кВт}$$

де k_z – коефіцієнт запасу потужності, відповідно до [4, табл. 11.4]

$$k_z = 1,2.$$

$$N_y = 1,2 \cdot 1,6 = 1,9 \text{ кВт.}$$

3. Продуктивність дахових вентиляторів для витяжної системи загальобмінної вентиляції з механічним спонуканням з урахуванням 10 %-го запасу для теплого й холодного періодів року, а також перехідних умов визначається по формулі:

$$L_g = 1,1 \cdot L, \text{ м}^3/\text{год}$$

$$L_g^m = 1,1 \cdot 42290 = 46520 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$L_g^x = L_g^{n,y} = 1,1 \cdot 26340 = 28980 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Відповідно до [5, рис. I.25 і табл. I.29] до встановлення приймаються два дахових радіальних вентиляторів ВКР12,50 із частотою обертання робочого колеса й двигуна $n_g = 380$ й $n_{og} = 950$ об/хв відповідно, потужністю двигуна $N_{og} = 4,0$ кВт типу 4A112MB6 і виконанням по способу монтажу ІМ 1081 (ДЕРЖСТАНДАРТ 2479-79). Передбачається, що в теплий період року кожний вентилятор буде розвивати статичний тиск $P_g = 14$ Па, а в холодний період року й перехідні умови – $P_g = 260$ Па.

РОЗДІЛ 4. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ІННОВАЦІЙ КАЛУСЬКОГО ДЕРЕВООБРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА

4.1 Запровадження енергозберігаючих інновацій на місці споживання теплоенергії

Як показали дослідження ефективний розвиток підприємства з теплопостачання в значній мірі полягає в поєднанні його інноваційно-інвестиційного потенціалу та інноваційно-інвестиційної активності, максимізація та інтенсифікація яких дозволяє забезпечити його інноваційно-інвестиційний розвиток. На нашу думку важливим напрямком реалізації інноваційно-інвестиційного розвитку, є впровадження сучасних енергозберігаючих технологій на підприємствах з теплопостачання. Тому, перед нами постає завдання визначення найбільш привабливих з точки зору інновацій та інвестицій енергозберігаючих проектів. Для цього розглянемо можливі енергозберігаючі інновації та класифікуємо їх. Комплексною програмою енергозбереження України [14] передбачено у теплоенергетиці такі заходи: заміна морально застарілих котлів на нові з більшим ККД., впровадження нових методів антикорозійного захисту теплових мереж, ефективне теплоізоляційне покриття трубопроводів, автоматизація процесів генерації та транспортування енергії, використання пластинчатих теплообмінників, розробка та впровадження нових типових проектів з оптимальним поєднанням помірно централізованих та децентралізованих систем теплопостачання, використання альтернативних і нетрадиційних джерел енергії. [39]

В енергетичній стратегії України на період до 2030 року та дальшу перспективу [18] визначено напрями державної політики в розвитку систем теплозабезпечення:

- реконструкція теплових електростанцій, запровадження сучасних

технологій комбінованого виробництва тепла, експлуатація водогрійних котлів.

- будівництво та реконструкція теплових мереж з використанням попередньо ізольованих пінополіуретаном труб.
- використання силових пристроїв при регулюванні продуктивності електричних механізмів для власних потреб.
- впровадження діагностичного обладнання.
- створення централізованих систем обліку теплопостачання, впровадження оперативно-диспетчерського управління теплопостачанням.
- впровадження енергетичного аудиту і науково обґрунтованих схем теплопостачання населених пунктів.
- вдосконалення способів збору платежів за поставлене тепло.

Науковці виділяють три сфери у теплопостачанні, де існують втрати теплової енергії, і де можна запровадити інновації по зниженню даних втрат, тобто, інновації по енергозбереженню [12] (рис 4.1).

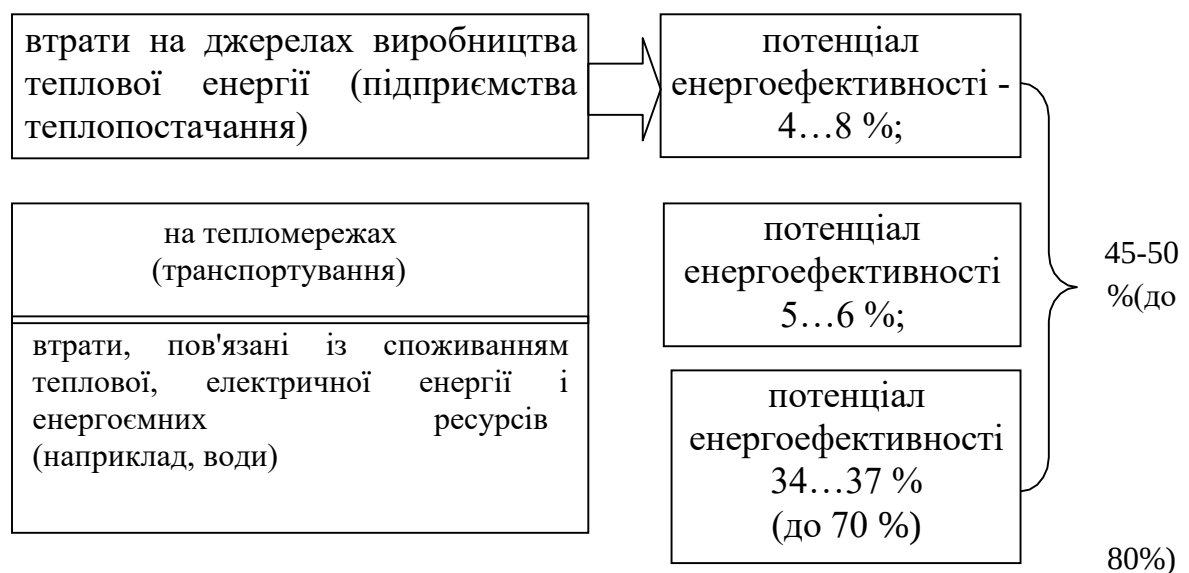


Рис.4.1 - Ділянки виникнення втрат теплової енергії та потенціал енергоефективності інновацій

Розглянемо більш детально запропоновані напрямки впровадження

енергозберігаючих інновацій. З рисунку видно, що найефективнішим напрямком є зменшення втрат енергії на місці її споживання. Реалізація даного методу можлива наступним чином [18] (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Запровадження енергозберігаючих інновацій на місці споживання теплоенергії

Інновація	Можливість реалізації на підприємстві з теплопостачання
1	2
1. Через значний вплив середнього температурного напору на теплопродуктивність водопідігрівачів, перевагу потрібно надавати організації проточному русі теплоносія та води, що нагрівається.	+
2. Щоб калорифери повітряного опалювання працювали ефективніше потрібно періодично чистити їх тепло- передавальну поверхню (парою чи стислим повітрям). Ефективність теплопередачі значно залежить від чистоти поверхонь для теплообміну.	+
3. При опалюванні виробничих, побутових та адміністративних приміщень потрібно використовувати водяне та повітряне опалювання.	+
4. У приміщеннях де знижена температура повітря, що визначено умовами виробництва, за малої кількості працівників потрібно використовувати автономне повітряне опалення з подачею теплого повітря тільки в робочу зону.	+
5. При виборі способу опалювання потрібно враховувати, що для парового опалювання характерне простота виконання і мала металоємність.	+
6. Великим недоліком системи парового опалювання є значні (20%) перевитрата теплоти, через складність регулювання температури та гідравлічні удари, які створюють шуми в опалювальних приміщеннях.	+
7. Для парового опалювання в якості теплоносія використовується пар під тиском до 0,15-0,18 МПа.	+

8. Потрібний постійний контроль утеплення вікон та дверей. Нещільність або відсутність утеплення приводять до 60% витрат теплоти на опалювання.	+
9. Установка теплового екрану в міжрамному просторі вікна дозволяє економити до 10% теплоенергії на опалювання будівлі.	+
10. Перевід системи опалення на черговий режим в не- робочий час, святкові та вихідні дні дозволяє заощадити 10-20% тепловитрат по відношенню до теплопостачання будинку.	+
11. Запровадження пофасадного регулювання опалювання дозволяє заощадити 2-4% тепловитрат по відношенню до теплопостачання будинку.	+
12. Зниження температури в житлових будинках в нічний час дозволяє заощадити 2-4% по відношенню до теплопостачання будинку.	+
13. Видалення накипу на стінках котлоагрегатів і теплообмінників дозволяє знизити витрати тепла на 30%.	+
14. Відновлення теплоізоляції на трубопроводах дозволяє знизити втрати тепла на 8-9% від загального тепло- споживання.	+
15. Застосування терморегуляторів дозволяє заощадити близько 50% тепла, а при установці терморегулятора в системі опалювання дозволяє економити близько 15%.	+
18. Встановлення конденсатовідвідників збільшить ККД паровикористовуючого пристрою за рахунок зме- ншення частки пролітної пари на 8-10%.	+
19. Переведення системи з «пари» на «гарячу воду» дозволяє економити 25-30% тепла.	+
20. Застосування закритої схеми збору та повернення конденсату дозволяє економити до 15% теплоенергії.	+
21. Використання інфільтрації холодного повітря в опа- лювальних приміщеннях приводить до додаткових вит- рат 10-15 ккал на кожен м ³ холодного повітря.	+
22. Тепло від вторинних енергоресурсів, безперервного продування котлів та випару з деаератора, слід викори- стовувати на низькопотенціальні теплові процеси: опа- лювання, вентиляцію, гаряче водопостачання, отрима- ння холоду.	+
23. Використання пластинчастих теплообмінників замість трубчастих та використання енергоефективних опалю- вальних приладів дозволяє економити 15-20% тепла.	+

Таблиця показала, що лише на деякі заходи щодо енергозберігання підприємство має вплив. Це вказує на те, що в даному напрямку підприємство з теплопостачання не може повністю контролювати ситуацію та забезпечити виконання даних заходів. Отже, потрібний комплексний підхід до вирішення проблеми з енергозбереження при участі кількох партнерів.

1. Економія теплоенергії за рахунок глибокої утилізації тепла вологих газів.
2. Перевід парових котлів на водогрійний режим.
3. Раціональне розподілення навантаження між кількома котлами, що працюють одночасно.
4. Редукування пари з одночасним виробленням електричної енергії.
5. Використання теплової енергії безперервного продування котлів.

Ці заходи повністю підпадають під повноваження підприємств з теплопостачання і можуть бути використані при розробці відповідних програм з енергозбереження для підприємств з теплопостачання.

У секторі теплозабезпечення доцільними також є заходи, які стосуються вдосконалення джерел теплопостачання [18]:

- використання сучасних котельних пальників з низькою емісією оксиду сірки та азоту;
- застосування ефективної та надійної автоматики для регулювання та захисту котлоагрегатів та котелень;
- впровадження мікроконтролерної системи управління технологічними процесами роботи котла;
- закільцьовка діючих джерел тепла та створення можливості паралельної їх роботи;
- диспетчеризація обліку та контролю технологічного процесу розподілу теплової енергії;
- автоматизація системи управління та контролю за процесом

виробництва теплоенергії;

- коригування управління процесів горіння газу за вмістом CO у відхідних газах з регулюванням тягодуттєвими машинами за допомогою тиристорних перетворювачів;

- встановлення на котельнях ефективних утилізаторів тепла відхідних газів, що дозволить заощадити природний газ;

- впровадження сучасних технологій хімічної підготовки води котелень; запровадження ефективних технологій приготування та спалювання в котлах рідкого палива – паливних емульсій. Що дасть можливість спалювати високов'язкий та некондиційний мазут;

- використання стаціонарних газоаналізаторів для оптимізації процесів горіння;

- використання електронасосних агрегатів з широким діапазоном робочих характеристик для оптимізації витрат енергії на привід насосів.

Дані напрямки можуть бути використані на конкретних підприємствах з централізованого тепlopостачання та стати базою при розробці дієвої програми з енергозбереження.

Енергозберігаючі програми у сфері транспортування теплоенергії полягають в повній заміні зношених труб на попередньо ізольовані, з меншими втратами тепла. Дані проекти досить затратні, порівняно з іншими і мають дуже тривалий період окупності [8].

Заходи по енергозбереженню в системах опалення умовно можна розділити на чотири групи [9]:

1. Організація обліку та контролю по використанню енергоносіїв;
2. Об'ємно-планувальні та будівельно-конструктивні заходи по енергозбереженню;
3. Технічні заходи енергозбереження: удосконалювання інженерних систем та їхніх елементів;

4. Енергозбереження через утилізацію природної теплоти та холоду, використання вторинних джерел енергії, зменшення втрат тепла.

Заходи по енергозбереженню за терміном окупності умовно розподіляють на [12]: довготермінові, що потребують значного капіталу (високозатратні), з терміном окупності > 5 років; середньотермінові (середньо затратні) з терміном окупності від 2 до 5 років;

Ці заходи, виходячи з обсягу інвестицій, можуть бути також поділені на високовитратні, низьковитратні й безвитратні.

Також енергозберігаючі заходи поділяються: за рівнем: державні; регіональні; на підприємстві; за сферою: економічні; організаційні; технічні.

Оскільки напрямків і способів енергозбереження є досить багато перед нами постає питання вибору найбільш ефективних для нашого підприємства. Тому, пропонуємо визначити напрями енергозбереження враховуючи критерії, визначені експертами на основі попередніх досліджень та практичного досвіду та базуючись на розглянуті напрями енергозбереження:

- критерій інноваційності (K1) – енергозберігаючі заходи повинні бути інноваційними;
- критерій ефективності (K2) – енергозберігаючі заходи повинні мати економічний ефект, максимально економити енергоресурси;
- критерій інвестиційної можливості (K3) – для реалізації енергозберігаючих заходів підприємство повинно володіти потрібним інвестиційним капіталом;
- критерій екологічності (K4) – дані заходи повинні також мати екологічний ефект та позитивно впливати на навколишнє середовище;
- критерій доступності ресурсів (K5) – ресурси (технічні, матеріальні, людські та ін.) мають бути доступні підприємству.

Напрями, по яким здійснюватимемо енергозбереження наведені нижче. Їх узагальнення ми зробили на основі розглянутих класифікацій та напрямків.

1. Розвиток системи теплопостачання (P1).
2. Розвиток інженерних комунікацій з централізованого гарячого водопостачання (P2).
3. Розвиток джерел теплопостачання (P3).
4. Розвиток економії теплових ресурсів при споживанні (P4).
5. Розвиток системи централізованого опалення (P5). Розвиток системи централізованого опалення передбачає:

- закриття малоефективних котелень та підключення споживачів до централізованого теплопостачання;
- модернізацію котелень через заміну фізично та морально застарілих котлів на сучасні високоефективні;
- заміну старих труб на нові попередньоізольовані у пінополіуретан;
- застосування когенерації.

Розвиток систем теплопостачання включає:

- заміну старих труб на нові попередньоізольовані у пінополіуретан;
- запровадження сучасної автоматизованої системи диспетчеризації.

Розвиток інженерних систем централізованого гарячого водопостачання включає такі заходи:

- реконструкцію теплорозподільних станцій з побудовою індивідуальних теплових пунктів у будівлях;
- заміну теплообмінників на розподільних станціях і котельнях;
- встановлення частотних перетворювачів на гарячеводних насосних установках;
- заміну старих труб на нові попередньоізольовані у пінополіуретан.

Для вибору найбільш привабливого та реального для практичної реалізації напрямку енергозбереження використаємо метод ієрархій запропонований Т. Сааті [18].

Сутністю даного методу полягає в декомпозиції проблем на більш прості складові з подальшою обробкою суджень методом парних порівнянь.

Даний метод базується на процедурах синтезу множинних суджень, отриманні пріоритетних критеріїв та знаходженні альтернативних рішень.

Метою таких досліджень є розроблення оціночно-аналітичної системи процедур з пошуку найбільш доцільних напрямків енергозбереження на підприємстві, які задовольняють загальному критерію – інноваційно-інвестиційного розвитку підприємства на базі інноваційно-інвестиційної активності та інноваційно-інвестиційного потенціалу.

4.2 Ієрархічна модель для вибору оптимального напрямку енергозбереження

Будуємо ієрархічну модель вирішення поставленого завдання (рис 9), де, на першому місці – стоїть мета, на другому – критерії, яким відповідатиме впровадження з енергозбереження, на третьому – можливі напрямки енергозбереження.



Рис. 4.2 Ієрархічна модель для вибору оптимального напрямку енергозбереження [11]

Спочатку здійснимо ранжування для визначення важливості визначених критеріїв досягнення кінцевої мети, після в розрізі кожного критерію порівнюватимемо вибрані напрями енергозбереження, що дозволить визначити найбільш оптимальний напрямок енергозбереження для

підприємства. Розрахунки виконаємо при допомозі пакету Microsoft Office – Excel. Результати порівняння запишемо в табл. 9. По результатах табл. 9 робимо висновок, що найперспективнішим є розвиток системи централізованого опалення (він переважає за всіма критеріями), на 2-му місці - розвиток інженерних систем централізованого гарячого водопостачання, який досить привабливий за критерієм ефективності та доступності ресурсів. 3-є місце – розвиток систем теплопостачання. Він поступається попереднім двом по критерію ефективності, але є досить ефективним за критерієм екологічності.

Таблиця 4.2

Матриця глобальних пріоритетів

Альтернативи	Критерії					Глобальні пріоритети
	Критерій інноваційності (K1)	Критерій ефективності (K2)	Критерій інвестиційної можливості (K3)	Критерій екологічності (K4)	Критерій доступності ресурсів (K5)	
	Числове значення вектора пріоритету					
	0,051941	0,029762	0,143309	0,270611	0,504387	
Розвиток систем теплопостачання (P1).	0,089349	0,209052	0,118348	0,316581	0,198337	0,213531
Розвиток інженерних систем централізованого гарячого водопостачання(P2)	0,113971	0,323612	0,125357	0,088792	0,343368	0,230732
Розвиток джерел теплопостачання(P3)	0,091478	0,081292	0,046402	0,203364	0,077125	0,107752
Розвиток економії теплоресурсів у споживачів (P4)	0,089361	0,047676	0,070332	0,032278	0,037809	0,043951
Розвиток систем централізованого опалення (P5)	0,615838	0,338381	0,639554	0,358993	0,343365	0,404053

Отже ми пропонуємо три пріоритетні напрямки впровадження інновацій з енергозбереження для дослідного підприємства. На базі цього буде будуватися концепція розвитку деревообробного підприємства.

Також досліджено, що найбільшу увагу підприємству необхідно приділити інноваційним проектам з енергозбереження які є найбільш економічними та екологічними. Таке рішення винесене на базі теоретичних дослідженнях, державній програмі розвитку теплоенергетики та практичному обґрунтуванні.

Представлені проекти мають специфічні особливості, що необхідно врахувати при оцінці їх ефективності, що спонукає до розробки методичного підходу для розрахунку економічної ефективності реконструкції тепломереж. Що, спонукає до розробки дієвої концепції реалізації енергозберігаючих проектів в м. Калуш на деревообробному підприємстві, адже саме вона забезпечить інноваційно-інвестиційний розвиток теплопостачання.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА КОМПАНІЇ «ЕДІСАН»

5.1 Організація охорони праці на підприємстві

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально – економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально – профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку в процесі праці. Повністю безпечних та нешкідливих виробництв не існує. Задача охорони праці – звести до мінімуму ймовірність враження або захворювання працюючого персоналу з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Створення безпечних умов праці у деревообробному виробництві необхідно передбачати у стадії проектування та реконструкції цехів, підприємств та розроблення технологічних процесів.

До потенційних джерел виробничого травматизму, наприклад, відносяться: деревообробні підприємства, які маючи недостатню площу, нераціональне розташування в них станків, не відповідна відстань між ними за розмірами матеріалів, що обробляються, розміри, що не відповідають вимогам норм безпеки проїздів, проходів, майданчиків для заготовок і деталей у робочих місць біля станків; недостатньо механізовані процеси переміщення важких лісоматеріалів, пилокпродукції, заготовок, деталей, відходів, недодержання поточності технологічного процесу. Технологічні процеси у деревообробному виробництві, як правило, являють собою комплекс взаємно пов'язаних транспортних та технологічних операцій. Тому важливою умовою для досягнення високої продуктивності та безпеки праці, являються поточність та постійний зв'язок у просторі та часі циклів технологічного процесу, або усунення накопичення матеріалів, що обробляються та станків в проїздах, проходах та загромодження площі на підприємстві.

Важливим фактором, що забезпечує більш безпечні умови праці, являється механізація та автоматизація технологічних процесів та внутрішньо цехового транспорту – поступове усунення робітників від виконання фізично важких та небезпечних трудових операцій. Введення поточних механізованих та автоматизованих ліній дозволить значно поліпшити та полегшити умови праці.

Наприклад в основних процесах станкової обробки деревини 80 – 85% складають прохідні (поточні) операції та 25 – 20% позиційні. Технологія деревообробного виробництва дозволяє значно ширше застосовувати станки з прохідними операціями та механізувати станкову обробку деревини в умовах крупносерійного та масового виготовлення виробів. Одним з головних перешкод до широкої механізації та усунення потенційних джерел підвищеної небезпеки праці в дерево обробляючому виробництві являється велика кількість станків з ручною подачею, що експлуатуються на підприємствах з індивідуальним та дрібносерійним виготовленням виробів з деревини.

Дані про виробниче травмування при механічній обробці деревини показує, що більшість травм (65) наносяться працюючими ріжучими інструментами, друге місце займають травми, отримані викинутим матеріалом та відходами ($11^{\circ} + 10^{\circ} = 21\%$) та значно менша частина травмування (44) відносяться до інших видів робіт.

З метою охорони праці на адміністрацію підприємств (закладів) полягає, по-перше, проведення інструктажу працівників та службовців по техніці безпеки, виробничої санітарії, протипожежної охорони та іншими правилами охорони праці, по-друге – організацію праці по відбору за фахом, по-третє – здійснення постійного контролю за виконанням працівниками всіх вимог інструкцій по охороні праці.

Інструктаж та навчання правилам безпечних прийомів та заходів праці повинен бути організований на всіх підприємствах незалежно від

характеру та ступеню небезпеки виробництва, а також кваліфікації та стажу праці осіб, виконуючих працю (ГОСТ 12.0.004 – 79).

На головного інженера підприємства полягає оперативне керівництво організації інструктажу (навчання) та відповідальність за його проведення в цілому по підприємству. Безпосередньо контроль за своєчасним проведенням інструктажу здійснюється начальником відділу (бюро), старший інженер або інженер по охороні праці.

Начальник підприємства (в масштабі цеху) та майстер виробничої ділянки (безпосередньо на робочих місцях) несуть відповідальність за своєчасне та якісне проведення інструктажу. Існує декілька видів інструктажу: ввідний, первинний, на робочому місці, повторний, позаплановий, текучий.

Ввідний інструктаж зобов'язані пройти всі щойно прибулі на підприємство, а також командировані та учні, прибулі на практику. Ввідний інструктаж проводить інженер по охороні праці.

Первинний інструктаж на робочому місці проводять з усіма щойно прийнятими на підприємство, переведеними з одного підрозділу в інший, командированими та іншими.

Повторний інструктаж проводять не рідше ніж за шість місяців. Метою цього інструктажу – є відновлення пам'яті у працівника правил по охороні праці, а також розібрання конкретних порушень з практики цеху або підприємства.

Позаплановий інструктаж проводять при зміні технологічного процесу, зміні правил охорони праці, введення новітньої техніки, при порушенні працівником вимог безпеки праці, які можуть привести або привели до травматизму, аварій, вибуху або пожежі; при перервах у праці – для робіт, яким висуваються додаткові вимоги безпеки праці більш ніж на 30 календарних днів, для інших робіт – 60 днів.

Плинний інструктаж проводять з робітниками перед виробничими роботами, на які оформлюється допуск – наряд. Первинний інструктаж на робочому місці, повторний, позаплановий, текучий проводить безпосередньо керівник робіт. Відомості про проведення інструктажу заносять до журналу реєстрації ввідного інструктажу, журнал (особиста картка) реєстрації інструктажу на робочому місці або допуск – наряд. [10]

5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

Реальні виробничі умови характеризуються як правило, наявністю деяких небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Небезпечним виробничим фактором зветься фактор, дія якого на працюючого у визначених умовах призводить до травматизму або до іншого раптового, різкого погіршення здоров'я.

Шкідливим фактором зветься такий виробничий фактор, дія якого на працюючого у визначених умовах призводить до захворювання або зниження працездатності.

Між небезпечним та шкідливим фактором часто не можна провести чіткої лінії. Один і той же фактор може призвести до нещасного випадку.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що діють у деревообробному підприємстві:

- рухомі машини та механізми; рухомі частини виробничого обладнання; пересувні вироби; заготівки; матеріали;
- підвищена пильність та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена або понижена вологість повітря;

- підвищена або понижена рухомість повітря;
- відсутність або недолік природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- понижена контрастність.

Опалення

Виробничі та допоміжні приміщення деревообробних підприємств обладнуються системами опалення, забезпечуючи рівномірну температуру у відповідності з вимогами будівельних норм та правил (ДБН А.3.2-2-2009.) та санітарних норм (СН 245 – 71). Температура повітря виробничих приміщень у неробочий час (за необхідністю підтримування у них плюсової температури) повинна бути +5°C (чергове опалення).

У виробничих приміщеннях слід застосовувати наступні системи опалення: парове низького тиску до 1,5 кг·с, водяне з температурою теплоносія до 130°C та повітряне з опалювальними агрегатами або об'єднане з установками приливної вентиляції.

Для вбудованих у споруді цеху службово-побутових приміщень можливе застосовування наступні системи опалення: парове з високим тиском до 3 – 4 кг·с при об'ємі приміщень до 500 м³, парове низького тиску до 1,5 кг·с при будь – якому об'ємі приміщень та водяне при температурі теплоносія до 150°C. Для опалення виробничих та службово-побутових приміщень застосовують гладенькі радіатори.

За санітарними нормами СН 245-71 протягом сезону опалення, максимальна температура поверхні опалювальних приладів повинна бути: у виробничих приміщеннях без виділення пилу або з виділенням неспалахуючого та невибухового неорганічного пилу не більше ніж 130°C при теплоносії постійних параметрів та не більше ніж 150°C при теплоносії змінних параметрів; при виділенні у повітря приміщення неспалахуючого та невибухового сублімаційного пилу – не більше 110°C

при теплоносії постійних параметрів та не більш ніж 130°C при теплоносії змінних параметрів; при виділенні легко перегінних речовин або вибухового пилю, а також спалахуючих газів за узгодженням з місцевими органами державного пожежного та санітарного нагляду.

Встановлення систем опалення залежить в значній мірі від пожежної та вибухової характеристики матеріалів, відходів (деревинного пилю) газів, що виділяється у виробничих приміщеннях та гранично допустимих концентрації (ГДК) цих виділень згідно СН 245-71 (наприклад в обробляючих приміщеннях цеху).

Освітлення

Одним з факторів утворення сприятливих умов, а також безпечних умов праці, являється добре освітлення місця праці, обслуговуючого обладнання, обробляючого матеріалу, усієї площі підприємства, проїздів, проходів, складських приміщень, відчинених складів та лісоматеріалів, а також допоміжних приміщень деревообробного підприємства. Природне освітлення належить передбачувати для усіх виробничих та допоміжних приміщень з постійним знаходженням в них людей.

Допускається об'єднане – природне та штучне освітлення виробничих приміщень у деяких випадках на окремих ділянках робіт, технологічних процесів, яких вимагають умови технології, з урахуванням санітарних вимог, а також у виробничих приміщеннях, у яких присутність людей не перевищує 50% робочого класу.

Природне освітлення деревообробному підприємства повинне задовольняти вимогам будівельних норм та правил (ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення), та санітарних норм СН 245-71. Природне освітлення виробничих приміщень деревообробного підприємства може бути боковим (через вікна), верхнє (через світлові ліхтарі та пройми у верхніх покриттях) та комбіноване (бокове та верхнє).

Штучне (електричне) освітлення у деревообробних підприємствах застосовується загальне та комбіноване. Загальне освітлення створюється рівноважним або локалізованим розташуванням світильників, комбіноване освітлення складається із загального та місцевого освітлення. Місцеве освітлення призначене для безпосереднього освітлення на робочому місці. Одне місцеве освітлення не допускається. Найменша освітленість на робочих поверхнях та приміщеннях нормується за ДБН В.2.5-28-2006.

Установлено 9 розрядів зорової роботи. I – IV мають підрозряди а – 2, в яких враховується ступінь світлості тону та контрасту об'єктів розміщення з фоном. У деревообробних підприємствах переважають роботи п'яти розрядів IV – VI, VIII – IX по характеру зорової точності (середній, малий, грубий, загального спостереження за ходом виробничого процесу та роботи на складах громіздких речей лісоматеріалів).

Згідно з вимогами ДБН В.2.5-28-2006.та вказівок по проектуванню електричного освітлення виробничих будівель для деревообробних підприємств крім робочого, необхідно передбачати аварійне освітлення з метою евакуації людей

Аварійне освітлення повинне відповідати вимогам правил основних проходів та сходів не менше 0,3 Лк. Живлення аварійного освітлення від мережі допускається при автоматичному перемиканні на джерела живлення аварійного освітлення.

При ремонті користуються ручними та переносними світильниками напругою 36 В, а при більшій небезпеці враження електричним струмом (резервуари, котли та інше) – 12 В. Живлення переносних світильників ремонтного освітлення, як правило, забезпечується від стаціонарних понижуючих трансформаторів. З'єднання з понижуючим трансформаторам напругою 36 – 12 В здійснюють гнучкими шланговими дротами.

В установках для штучного сушіння деревини використовують місцеве освітлення напругою 12 В. Освітлення при лабораторних роботах у лісосушильних камерах, забезпечується ручним електричним ліхтариком.

Збільшення освітлення окремих ділянок штабелів лісоматеріалів досягається системою локалізованого освітлення світильниками з кронштейнами, закріплених на легко рухомих опорах. Робочі зони штабелювання можна освітлювати прожекторами, що забезпечують освітленість 0,5 Лк. Показники освітлення на робочих поверхнях у виробництві повинні відповідати санітарним нормам СН 245-71 та ДБН В.2.5-28-2006. Норми загального освітлення адміністративних та допоміжних приміщень також приймаються відповідно до ДБН.

При проектуванні освітлювальних установок належить вводити коефіцієнт запасу, що враховує зменшення освітлення у процесі експлуатації обладнання та установок.

Тип світильників вибирають враховуючи безпеку, довговічність, стабільність світлотехнічних характеристик та врахування особливостей деревообробного виробництва. У приміщеннях підприємства, світильники загального освітлення розмішувати в зручних безпечних місцях для їхнього обслуговування. Не слід установлювати світильники над громіздким обладнанням (лісопильними рамами), відкритими стрічками транспортерів, а також де ускладнене устанавлення драбини. З драбини світильники можна підвішувати на висоті не більше ніж чотири метри від рівню підлоги. Світильники аварійного освітлення з лампами не більше 150 В виділяють з числа світильників робочого освітлення. В інших випадках ставлять додаткові світильники, що вимикаються тільки під час аварійного режиму.

Обмеження шуму

Основні причини сильного шуму деревообробних станків: велика швидкість руху робочих органів з підручними інструментами та невдале

розташування їх відносно інших частин станку; геометрична неточність, наявність зазорів та недостатня жорсткість у спряженнях конструктивних елементів станку; биття обертаючихся робочих органів (валів, шпинделів, супортів, шківів) та ріжучих інструментів із-за нерівноваги; відсутність звукоізоляційного покриття у захисних спорудах та стружкоприймачах у ріжучих інструментів; ненадійна будівля фундаментів та невикористання віброізолюючих прокладок; нераціональна форма ріжучих інструментів з гострими гранями, прорізами, щілинами, великою кількістю різців, набагато виступаючих за межі корпусу інструментів.

Станки зі смуговими та стрічковими пилками. Рівень шуму цих станків перевищує санітарні норми на 20 – 30 дБ (4 – 10 разів).

Зниження шуму при роботі лісопилкових рам може бути досягнуто шляхом екранування джерел шумоутворення установкою х екранів у зоні руху пилкової рами, а також у шатунів та кривошипного валу. Шумопоглинаючими екранами можуть слугувати огороження рухомих конструктивних елементів лісорами, а також приймальники для видалення пневмотранспортом стружки та кускових відходів. З цією метою поверхні загородження приймальників належить облицьовувати звукопоглинаючими матеріалами – повстиною, гумою та ін.

5.3 Вибір та обґрунтування системи пожежогасіння

Деревообробне підприємство за ступеню вогнестійкості відноситься до II категорії, а по вибухобезпечності – до категорії „В”. Тому приміщення необхідно захистити від пожеж за допомогою системи пожежогасіння. Пожежі та спалахування можуть виникати на підприємстві в місцях накопичення деревини, щіпок, стружки, пилу – основних речовин, що виділяються при роботі деревообробного підприємства.

Речовиною для пожежогасіння може бути вода або піна. Маючи на увазі, що на деякій відстані від підприємства розташована станція технічної води, працююча цілодобово та безперервно, а також для встановлення системи пожежогасіння на підприємстві необхідно допоміжне обладнання (а це зменшення площі) під установку виготовлення піни. Таким чином обираємо для гасіння пожежі воду.

Передбачаємо встановлення нової спринклерної системи пожежогасіння та залишаємо пожежні крани. Пуск спринклерної установки автоматичний. Система постійно заповнена водою.

Також передбачена автоматична подача сигналу про виникнення пожежі в приміщеннях підприємства на пожежний постах, з цілодобовим надходженням чергового персоналу. Система також обладнується автоматичним відмиканням підрозділів підприємства від лінії електромережі під час подачі води (спрацьовують спрінклери).

Деревообробне підприємство обладнано автоматичною системою пожежогасіння. Автоматична станція пожежогасіння призначена для виявлення вогнища пожежі, подачі сигналу та спрацювання установки подачі та розподілу вогнегасящої речовини в приміщеннях, що знаходяться під захистом, гасіння пожежі в початковій стадії горіння.

Інтенсивність подачі води – $0,14 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$, що захищається одним спринклером – 12 м^2 , тривалість роботи установки – 60 хвилин – згідно ДБН В.1.1.7–2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва.

Основним водоживленням установки пожежогасіння є існуюча насосна станція технічної води, котра працює цілодобово з параметрами $320 \text{ м}^3/\text{с}$ при 70 мм. вод. ст. Приймаємо за сигнальний прилад – прилад з тепловими пожежними датчиками. Пожежна система представляє собою два незалежних один від одного замкнуті системи (кожна для свого прольоту). Кожна секція підключається до вузла керування через систему клапанів. Від кінця системи у визначених місцях передбачені відгалуження

з двома спринклерної. Кільце для другого прольоту також має відгалуження до пілочки, клейової та комори. Використовують зрошувачі типа СВЭ – 15. Також в системі передбачені пожежні крани діаметром 70 мм. Пуск системи автоматичний або ручний.

Розрахунок системи пожежогасіння

Автоматична установка пожежогасіння, що встановлена на підприємстві, призначена для:

- визначення вогнища пожежі;
- подача сигналу про пожежу та спрацювання установки;

Вогнегасяча речовина – вода. Передбачуємо спринклерну пожежну систему, а також залишаємо в пожежні крани. Пуск спринклерної установки автоматичний.

Згідно ДБН В.1.1.7–2002 приймаємо:

1. Інтенсивність зрошування – 0,14 [л/с·м²];
2. Площина, що захищається одним спринклером – 12 [м²];
3. Тривалість роботи – 60 хвилин;
4. Площина для витрати води – 288 [м²];

Розрахункова кількість пожеж – 1.

Основним водоживленням є насоса станція технічної води, що працює з параметрами $Q = 320 \text{ м}^3/\text{г}$, $H = 70 \text{ мм. вод. ст.}$

Напір у найвіддаленішого спринклера повинен складати не менше ніж $h = 10 \text{ м.}$

Приймаємо діаметри ділянок 1-2-3 трубопроводів рівним Ø133 мм, діаметр умовного проходу Ø125 мм. Діаметр ділянки 3 – 4 – приймаємо – Ø152 мм., діаметр умовного проходу – Ø150 мм. Витрати води необхідно визначати множенням нормативної інтенсивності зрошування на площині зрошення (площина для розрахунку витрати води):

$$Q_{\text{г}} = 288 \cdot 0,14 = 40,32 \text{ л/с}$$

Витрати через пожежні крани визначаємо по прототипу:

$$Q_{\Pi} = 11.4 \text{ л/с.}$$

Розрахункова витрата води дорівнює:

$$Q = Q_{\epsilon} + Q_{\Pi} = 40,32 + 11,4 = 51,72 \text{ [л/с]}.$$

Отримаємо швидкість $v = 6,6 \text{ м/с}$ (ділянка 1-2-3) тобто умови витримуються – швидкість менша 10 м/с.

Витрата напору на ділянці трубопроводів визначають за формулою:

$$H_1 = Q^2/B;$$

де: Q – витрати води на ділянці, л/с;

B – характеристика трубопроводів.

$$B = R_1/L;$$

де: R_1 – коефіцієнт, прийнятий по таблиці в ДБН;

L – довжина розрахункової ділянки трубопроводу, м.

Ділянка 1-2-3:

$$B_{1-2-3} = 13190/116 = 113,7.$$

$$H_{1-2-3} = (51,72)^2/113,7 = 23,53 \text{ м.}$$

Ділянка 3-4:

$$B_{3-4} = 18690/19,5 = 958,5.$$

$$H_{3-4} = (51,72)^2/958,5 = 2,8 \text{ м.}$$

Загальні витрати на ділянці 1-2-3-4 на тертя:

$$H_1 = H_{1-2-3} + H_{3-4} = 23,52 + 2,8 = 26,33 \text{ м.}$$

Враховуючи місцеві витрати в трубопроводі, як 20% від опору тертя в трубопроводі:

$$H_m = 0,2 \cdot 26,33 = 5,27 \text{ м.}$$

Сумарні витрати в трубопроводі;

$\sum H = H + H_m + H_c$, де H_c – статична висота і дорівнює 13,3 м.

Параметри	Q , [л/с]	h , [м]	H_c , [м]	H_m , [м]	H_1 , [м]	$H_{\text{вуз.}}$, [м]
Секція №1	51,72	10	13,3	5,27	26,33	54,9

$H_{\text{вуз.}}$ – необхідний напір на відмітці підлоги біля вузла керування.

Вода по магістралі надходить до підприємства з напором 65 м. Це значить, що система буде працювати в необхідному режимі.[12,13,14,15]

5.4 Заходи з охорони навколишнього середовища

Основні напрямки по вирішенню проблеми захисту навколишнього середовища.

1. Удосконалення технологічних процесів та розробка нового обладнання з меншим рівнем викидів домішок та відходів у навколишнє середовище.

2. Заміна токсичних відходів нетоксичними та заміна відходів, які неможливо утилізувати на відходи з можливістю їх подальшого стилізування та інше.

До пасивних заходів захисту відносяться заходи по обмеженню викидів виробництва з подальшою утилізацією. Активною формою захисту навколишнього середовища від шкідливих дій викидів виробничих підприємств є „безвідходна технологія” – комплекс заходів у технологічних процесах, в результаті яких скорочується шкідливі викиди до мінімуму. До комплексу цих заходів входять:

1. Створення та впровадження нових процесів отримання продукції з утворенням найменшої кількості відходів;

2. Розробка системи переробки відходів виробництва у вторинні матеріальні ресурси;

3. Розробка безстічних технологічних систем та водооборотних циклів (з очищенням стічних вод);

4. Створення територіальних промислових комплексів, що мають замкнену структуру матеріальних потоків сировини та відходів в середині комплексу.

Усі промислові відходи за агрегатним станом підрозділяються на рідкі, тверді та газоподібні. В залежності від фізико-хімічних властивостей відходів, та від їхньої кількості, застосовують різні заходи знешкодження та переробки: механічні, хімічні, біологічні, сорбційні (поглинаючі), термічні а також комбіновані. При роботі деревообробного підприємстві мають місце викиди до атмосфери дрібних деревинних відходів (пилу, стружки та інше), а також випаровування клею. На підприємстві передбачується збір пилу та тирси системами пневмотранспорту до складу яких входять циклони. Зібрану стружку та тирсу складають у контейнери.

Каналізаційні стоки підприємства являють собою тільки господарчо-побутові, вони скидаються до системи міської каналізації. В мережі господарчо-побутової каналізації передбачена ревзія для очищення мережі. Ревзія установлена в колодязі. Всі води, що використовуються у технологічному циклі деревообробного підприємства направляються на очищення та використовуються знову.[16]

5.5 Безпека життєдіяльності

Стійкість об'єкта – це здатність його в надзвичайних ситуаціях протистояти дії різноманітних вражаючих факторів.

Також під стійкістю об'єкту розуміють його спроможність виконувати свої функції в умовах надзвичайної ситуації НС.

Безперебійна діяльність об'єкту багато в чому залежить від здатності перерахованих вище елементів протистояти руйнуючій дії сил як природного, так і техногенного характеру. Ця здатність, а також здатність об'єкту до відновлення у разі пошкодження називається стійкістю.

Стійкість функціонування об'єкту — це обмеження або запобігання загрози життя і здоров'ю персоналу, населення, а також матеріального

збитку об'єкту; забезпечення відновлення здоров'я людей і порушеного виробництва в мінімально короткі терміни.

Основні вимоги по стійкому функціонуванню об'єкту висловлені в «Нормах проектування інженерно-технічних заходів» (ІТМ-ГО).

Оцінка стійкості організацій до дії вражаючих чинників різних НС полягає в своєчасному виявленні найбільш вірогідних НС на даній території; оперативному аналізі і оцінці вражаючих чинників НС; об'єктивній оцінці стану об'єкту і його елементів в результаті НС; визначенні максимальних значень вражаючих параметрів; екстреності визначення основних заходів і рішучості дій по забезпеченню стійкості роботи об'єкту. При цьому, в першу чергу, оцінюється стійкість об'єкту до найбільш небезпечних вражаючих чинників, наприклад, до вибухів ядерних або звичайних боєприпасів, що в свою чергу гарантує стійкість будови до інших вражаючих чинників: землетрусів, пожеж, зараження радіоактивними і хімічними речовинами і т.п.

При експлуатації систем можуть трапитись НС природного та техногенного характеру:

- Землетрус;
- Пожежа;
- Ураган
- Відмова вентиляційного обладнання;
- Аварія на АЕС.

Отже, своєчасна перевірка приладів електропостачання, планові профілактичні роботи, перевірка проводки, кабелів, блоків керування додержання правил техніки безпеки є підґрунтям для безвідмовної, та безпечної роботи системи вентиляції.

ВИСНОВКИ

У представлений до захисту кваліфікаційній роботі виконано комплексне проектування систем вентиляції та опалення для деревообробного підприємства компанії «Едісан» із одночасним дослідженням ефективності застосування теплових завіс у виробничих та адміністративних приміщеннях.

Підприємство, що розглядається у роботі, функціонує з 2003 року та спеціалізується на виготовленні широкого спектра продукції з деревини. Компанія займає стабільні позиції на ринку деревообробної продукції завдяки поєднанню високої якості виробів, використанню сучасних технологій обробки деревини та індивідуальному підходу до кожного замовлення. Виробничі потужності розташовані за адресою: вул. Промислова, 13, м. Івано-Франківськ. Підприємство входить до структури Mercury Holding Group та здійснює діяльність у сфері виготовлення столярних виробів різного призначення.

Кадровий склад підприємства сформовано з фахівців, які мають відповідну професійну підготовку у сфері деревообробки, дизайну, художньої обробки деревини та суміжних напрямів. Це забезпечує високий рівень технологічної культури виробництва та стабільну якість кінцевої продукції. Значна частина фінансових ресурсів підприємства спрямовується на модернізацію виробничої бази, впровадження високотехнологічного обладнання та вдосконалення технологічних процесів, що дозволяє підвищувати точність і якість виготовлення продукції.

Асортимент продукції підприємства є достатньо широким і включає іконостаси, ікони, ексклюзивні меблі, більйардні столи, дверні та віконні блоки з масиву деревини, дерев'яні будинки з каліброваного бруса, сауни, настінні декоративні панелі, а також інші столярні вироби індивідуального та серійного виробництва. Особливістю підприємства є виконання складних

художніх та архітектурних виробів із дотриманням вимог естетики та технологічних стандартів.

Метою кваліфікаційної роботи є науково-обґрунтоване проєктування та модернізація систем опалення і вентиляції деревообробного підприємства «Едісан» з метою забезпечення нормативних параметрів мікроклімату, підвищення енергоефективності будівель та вдосконалення умов праці персоналу, з урахуванням впливу теплових завіс як елементів зменшення тепловтрат.

Об'єктом дослідження виступає система теплогазопостачання та мікрокліматичного забезпечення виробничих і адміністративних приміщень деревообробного підприємства «Едісан». Предметом дослідження є процеси формування повітряного середовища, теплового балансу будівель та функціонування інженерних систем опалення, вентиляції й аспірації.

У роботі визначено основні завдання, спрямовані на досягнення поставленої мети, зокрема: аналіз вихідних даних об'єкта, визначення розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря, виконання теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій, розробка системи опалення та вентиляції, а також обґрунтування застосування теплових завіс як енергозберігаючого елемента.

У першому розділі роботи наведено загальну характеристику об'єкта дослідження, включаючи аналіз архітектурно-планувальних рішень виробничої будівлі, технологічних особливостей деревообробного виробництва, а також огляд нормативної бази, що регламентує проєктування систем опалення, вентиляції та аспірації.

Другий розділ присвячено проєктуванню системи водяного опалення виробничого підприємства. У межах розділу виконано розрахунок параметрів зовнішнього та внутрішнього повітря, визначено теплові втрати будівлі, обґрунтовано вибір системи опалення та розроблено режими її роботи,

включаючи черговий режим експлуатації для зниження енергоспоживання у періоди неповного завантаження.

За результатами розрахунків також виконано проектування системи аспірації для ефективного видалення деревного пилу, тирси та стружки. Запропоновано технічні рішення із частковою рециркуляцією очищеного повітря у холодний період року, що дозволяє зменшити тепловтрати та скоротити витрати енергії на підігрів припливного повітря.

Третій розділ роботи присвячено розробці та вдосконаленню системи вентиляції підприємства. Спроектовано загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію виробничих приміщень, а також модернізовано систему вентиляції адміністративної частини будівлі. Виконано підбір основного вентиляційного обладнання, включаючи вентилятори, калорифери та фільтри. Додатково розраховано ефективність роботи теплової завіси, яка застосовується для зменшення інфільтраційних тепловтрат через ворітні прорізи.

У роботі також впроваджено сучасні підходи до очищення повітря та організації аспіраційних систем із можливістю рециркуляції в холодний період року. При проектуванні систем використано сучасні регульовальні та запірно-регульовальні пристрої, що забезпечують автоматизацію та енергоефективність роботи інженерних систем. Окремо розроблено технологічні рішення щодо монтажу дахових вентиляторів та їх інтеграції в загальну систему вентиляції.

Четвертий розділ роботи спрямований на впровадження енергозберігаючих рішень у системах теплопостачання підприємства. Розглянуто та обґрунтовано ієрархічну модель вибору оптимальних напрямків енергозбереження, що дозволяє зменшити експлуатаційні витрати та підвищити загальну ефективність використання теплової енергії.

П'ятий розділ містить аналіз стану охорони праці на підприємстві, оцінку потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а також

визначення заходів щодо забезпечення безпечних умов праці та зниження ризиків виробничого травматизму.

Таким чином, виконана кваліфікаційна робота має комплексний характер і спрямована на вирішення актуальних інженерних задач у сфері забезпечення мікроклімату виробничих будівель, підвищення енергоефективності систем опалення та вентиляції, а також покращення умов праці на деревообробному підприємстві.

Актуальність теми та своєчасність вивчення окресленої тематики кваліфікаційної роботи полягає в необхідності забезпечення енергоефективного, безпечного та нормативно керованого мікроклімату у виробничих приміщеннях деревообробної галузі, яка характеризується підвищеною інтенсивністю виділення шкідливих факторів (деревний пил, стружка, надлишкове тепло та можливі вибухонебезпечні пилоповітряні суміші).

У сучасних умовах зростання вартості енергоресурсів та посилення вимог до енергозбереження особливої ваги набуває питання зниження тепловтрат будівель і оптимізації роботи систем опалення та вентиляції. Для деревообробних підприємств це є критично важливим, оскільки вони одночасно мають значні теплові навантаження від обладнання та великі втрати теплоти через відкривання воріт, роботу аспіраційних систем і повітрообмін виробничих приміщень. Окрему значущість має забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища відповідно до санітарно-гігієнічних вимог, оскільки перевищення концентрації пилу та недостатній повітрообмін безпосередньо впливають на безпеку праці, працездатність персоналу та довговічність обладнання. Це зумовлює необхідність впровадження сучасних систем вентиляції з можливістю рециркуляції повітря, ефективного очищення та автоматичного регулювання.

Додатковим чинником актуальності є розвиток енергоефективних технологій, зокрема застосування теплових завіс, які дозволяють суттєво

зменшити інфільтраційні втрати теплоти через технологічні прорізи будівель. Їх використання є особливо доцільним у виробничих цехах із частим відкриванням воріт, що характерно для деревообробних підприємств.

Таким чином, актуальність роботи визначається необхідністю комплексного вирішення задач модернізації систем опалення та вентиляції з урахуванням вимог енергоефективності, безпеки виробництва та забезпечення нормативного мікроклімату у виробничих і адміністративних приміщеннях деревообробного підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ : Мінрегіон України, 2013.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ : Мінрегіон України, 2021.
3. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Київ : Мінрегіон України, 2017.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Київ : Мінрегіон України, 2011.
5. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII. – Київ : Верховна Рада України, 2017.
6. Закон України «Про енергозбереження» №74/94 (зі змінами). – Київ : Верховна Рада України, 2015.
7. Zhuvahina, I. (2026, April). Strategic transformation of the Ukrainian peat industry: from state-owned stagnation to private-sector modernization. In *Імперативи економічного зростання в контексті реалізації Глобальних цілей сталого розвитку*. Київський національний університет технологій та дизайну.
8. ASHRAE Standard 62.1-2022. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. – Atlanta : ASHRAE, 2022.
9. ASHRAE Handbook – Fundamentals. – Atlanta : ASHRAE, 2021.
10. Zhuvahina, I. (2025). Стратегія переходу регіонального енергетичного сектору на місцеві паливні ресурси: обґрунтування інвестиційних проєктів. *Modern engineering and innovative technologies*, (42-01), 232-242.
11. Iryna, Z. Strategic transformation of the ukrainian peat industry: from state-owned stagnation to private-sector modernization. *технологій та дизайну*, 2026.

12. EN 16798-1:2019. Energy performance of buildings – Ventilation for buildings.
13. Chorna, M., Buhrimenko, R., Smirnova, P., Shynkar, S., & Zhuvakina, I. (2019). Use of consolidation strategies in order to improve the corporate security: methodological aspect. *Journal of Security & Sustainability Issues*, 8(4), 783.
14. Жувагіна, І. О., & Замарайкіна, Т. С. (2022). Потенціал торговельного підприємства: загальнонаукові підходи до формування та реалізації.
15. Iermakova, O., Zhuvahina, I., Metelytsia, V., & Dmytryshyn, R. (2024, December). Conceptual principles of ecologically safe development of aquaculture. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1429, No. 1, p. 012004). IOP Publishing.
16. Taranenko, I., Chychun, V., Korolenko, O., Goncharenko, I., & Zhuvahina, I. (2021). Management of the Process of E-Commerce Development in Business on the Example of the European Union. *Studies of Applied Economics*, 39(5).
17. Chorna, M., Bezghinova, L., Dorokhov, O., Zhuvahina, I., & Volosov, A. (2021). Efficiency of Retail Enterprises in Context of Achievement of Competitive Advantages: Ukrainian Realities. *TEM Journal*, 10(3), 1072.
18. Murashko, O., Havrylyuk, R., Zhuvahina, I., Chornovol, A., & Andriyenko, M. (2021). Economic and legal aspects of EU insurance market development.
19. Жувагіна, І.О., & Дмитро, В.Б. (2025, October). Економіко-технічні засади підвищення ефективних показників дизелів при використанні біопалив. In *The 11 th International scientific and practical conference “European congress of scientific discovery”(October 13-15, 2025) Barca Academy Publishing, Madrid, Spain. 2025. 326 p.*

20. Calautit J. K., Hughes B. R. CFD modelling of ventilation systems in buildings. – Energy and Buildings, 2018.
21. Nielsen P. V. Fifty years of CFD for indoor air distribution. – Building and Environment, 2016.
22. Heiselberg P. Ventilation effectiveness in industrial halls. – Energy and Buildings, 2016.
23. Zhai Z. Q. Applications of CFD in building ventilation design. – Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020.
24. Жувагіна, І. О., & Колісніченко, А. О. (2018). Механізм управління розвитком та ефективним використанням трудового потенціалу підприємства.
25. Жувагіна, І. О., & Флакей, М. Д. (2023, March). Визначення пріоритетів у промисловості України. In *The 3 rd International scientific and practical conference “Innovations and prospects in modern science” (March 13-15, 2023) SSPG Publish, Stockholm, Sweden. 2023. 350 p.* (p. 331).
26. Жувагіна, І. О., & Химорода, І. І. (2022, October). Стратегічні імперативи забезпечення стійкого функціонування промислових підприємств як основи розвитку національної економіки. In *The 10 th International scientific and practical conference “Eurasian scientific discussions” (October 23-25, 2022) Barca Academy Publishing, Barcelona, Spain. 2022. 474 p.* (p. 405).
27. Жувагіна, І. О. (2021). Суднобудування–стартове виробництво морської індустрії.
28. Gil-Lopez T. Air curtain systems for energy saving in buildings. – Applied Thermal Engineering, 2019. (Scopus)
29. Yu W., Li X. Energy-efficient ventilation in industrial facilities. – Energy Reports, 2021
30. Zhang J. Thermal comfort assessment in industrial environments. – Building and Environment, 2020.

31. Proskurnia O. M., Hanus O. I. Економіка енергетики: навчальний посібник. – Харків : ХП, 2026.
32. Харченко С. О. Системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря : навчальний посібник. – Київ : Кондор, 2018.
33. Безродний М. К., Притула Н. О. Теплові насоси та енергоефективні системи теплопостачання. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019.
34. Бойко О. В. Енергоефективні технології в будівництві : навчальний посібник. – Львів : ЛНУП, 2020.
35. Kovshun, N., Solodkyu, V., Zhuvahina, I., Malanchuk, L., Banar, O., & Krysak, A. (2025, December). Substantiation of Business Projects for the Transition of Regional Heat and Power Industry to the Use of Local Fuels: Energy, Economic and Environmental Aspects. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1576, No. 1, p. 012011). IOP Publishing.
36. Iryna, Z. (2022, June). War in ukraine and its economic consequences. In *The 12 th International scientific and practical conference “International scientific innovations in human life” (June 8-10, 2022)* Cognum Publishing House, Manchester, United Kingdom. 2022. 991 p. (p. 843).
37. Жувагіна, І. О. (2024). Штучний інтелект в бізнесі: сучасні тренди та перспективи інтегрування. *Матеріали публікуються за оригіналами, наданими авторами. Претензії до організаторів не приймаються. Головний редактор д. т. н., проф. Петренко ВО Науковий редактор д. т. н., проф. Молоканова ВМ Науковий редактор к. т. н., доц. Дорожко ГК*, 342.
38. Zhuvahina, I., Naumenko, V., & Naumenko, M. (2017). The state of digitalization of ukraine's economy on the path to european integration.
39. Іваненко С. П. Енергозбереження в системах теплогазопостачання : навчальний посібник. – Одеса : ОДАБА, 2023.