

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Мірошніченко Ігор Петрович

«ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ
ТОВ «СУМСЬКА СИЛКАТНА ЦЕГЛА»»

Магістерська робота
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Керівник роботи:

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (наукове звання та наукова ступінь)

Суми 2020

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 56 с., 3 таблиці, 6 рисунків, 6 літературних джерел.

Мета роботи – енергетичне обстеження ремонтно-механічного цеху ТОВ «Сумська силікатна цегла» та підготовка на його основі комплексу рекомендацій щодо впровадження у цеху системи опалення.

Відповідно до поставленої мети були вирішені наступні задачі:

- проведено інженерне обстеження будівлі ремонтно-механічного цеху;
- проведено енергетичне обстеження будівлі ремонтно-механічного цеху;
- розраховані теплові втрати будівлі та необхідна товщина ізоляції будівлі;
- надані рекомендації щодо впровадження системи опалення у ремонтно-механічному цеху.

Об'єкт дослідження – основні та допоміжні процеси ТОВ «Сумська силікатна цегла».

Предмет дослідження – енергетичне обстеження ремонтно-механічного цеху ТОВ «Сумська силікатна цегла».

Методи розрахунку: вирішення поставлених задач проводилося з використанням аналітичного методу, методів теплотехнічного та математичного розрахунку, методу комп'ютерного моделювання та графічного методу.

Ключові слова: енергетичне обстеження, система опалення, теплові втрати, теплоутилізатор.

Тема роботи – «Енергетичне обстеження ремонтно-механічного цеху ТОВ «Сумська силікатна цегла»».

ВСТУП.....	3
1 ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ.....	5
1.1 Аналіз технічного стану будівлі ремонтно-механічного цеху ТОВ «Сумська силікатна цегла».....	5
1.2 Розрахунок дійсного коефіцієнта теплопередачі.....	8
1.3 Розрахунок теплових витрат через огорожу.....	12
1.4 Розрахунок експлуатаційних теплоприпливів.....	13
1.5 Розрахунок теплоприпливів від вентиляції.....	14
1.6 Розрахунок теплоприпливів від технологічного навантаження.....	14
1.7 Сумарні теплоприпливи.....	15
1.8 Розрахунок необхідної товщини ізоляції.....	15
2 СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ЦЕХУ.....	21
2.1 Основні енергетичні параметри.....	21
2.2 Розрахунок системи опалення цеху.....	25
2.3 Тепловий розрахунок теплоутилізатора.....	27
2.4 Висновки та рекомендації.....	30
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	32
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера на об'єкті.....	32
3.2 Правила виконання робіт на обладнанні, що знаходиться під напругою.....	39
3.3 Порядок евакуації відвідувачів із ремонтно-механічного цеху.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56

ВСТУП

Товариство з обмеженою відповідальністю «Сумська силікатна цегла» – один з найпотужніших в Україні виробників сучасних, якісних і екологічно чистих стінних будівельних матеріалів і один з флагманів по виробництву пористого бетону. Підприємство розташоване на площі 16,4 гектара у м. Суми. Крім головного офісу у м. Суми ТОВ «Сумська силікатна цегла» має дилерську мережу майже по всій території України.

Товариство з обмеженою відповідальністю «Сумська силікатна цегла» є наслідувачем успішних традицій виробництва силікатної цегли у Сумському регіоні. Підприємство розпочало свою виробничу діяльність у 2014 році на базі виробничих потужностей ТОВ «Сілікатобетон» і вже встигло успішно зайняти своє місце на ринку будівельних матеріалів. Колектив підприємства складається з висококваліфікованих фахівців, які мають багаторічний досвід по виробництву силікатної цегли, а також молоді, що з успіхом переймає напрацьований досвід та впроваджує нові віяння часу у виробничі процеси.

ТОВ «Сумська силікатна цегла» випускає силікатну цеглу одинарну та потовщени, незабарвлену та кольорову, рядову та лицьову. За індивідуальним замовленням виготовляється сколота та фасонна силікатна цегла. Вся продукція сертифікована та відповідає вимогам ДСТУ Б.В.2.7-80:2008. Основним принципом співпраці із споживачами, будь то великі будівельні компанії чи приватні забудовники, є індивідуальний підхід до кожного на взаємовигідних умовах.

Основна продукція підприємства – силікатна цегла і блоки пористого бетону. Всі вироби сертифіковані, мають паспорта якості та відповідають вимогам державних стандартів України.

ТОВ «Сумська силікатна цегла» – член асоціації «Будівельні матеріали України», член Будівельної Палати України. Переможець регіонального конкурсу «100 кращих товарів Сумщини» 2007 і 2008 років в категоріях «Промислові товари для населення» і «Енергозберігаючі технології». Підприємство активно

підтримує державну цільову програму «Розвиток виробництва пористобетонних виробів і їх використання в масовому будівництві».

Неодноразово нагороджувалася за свою роботу дипломами міжнародних виставок, почесними відзнаками Президента України, Уряду, Парламенту України, Української Православної Церкви, мерів Києва, Сум та інших міст.

Одним з основних видів продукції залишається випуск силікатної цегли. На підприємстві введено в експлуатацію новий німецький прес з виробництва силікатної цегли потужністю 3 млн. шт. на місяць. Це обладнання дозволяє виготовляти лицьову цеглу найвищого гатунку і задовольнити потреби найвибагливішого покупця.

Крім силікатної цегли підприємство випускає блоки з пористого бетону автоклавного твердіння (газобетон). Цей вид будівельних матеріалів є найперспективнішим в будівельній галузі. Блоки виробляються з піску, вапна цементу і алюмінієвої пудри і за своїми якостями і екологічної привабливістю не поступаються деревині твердих порід. Втім, на відміну від деревини, вони не гниють, не старіють, не ушкоджуються шкідниками і гризунами і легко обробляється навіть деревообробними інструментами.

На даний час підприємством знайдені стійкі пігменти і розроблені способи об'ємного фарбування цегли в різноманітні кольори (коричневий, рожевий, жовтий, сірий, зелений, помаранчевий, червоний). Таке фарбування забезпечує його абсолютну колірну надійність: дрібні щербини і навіть відколи, яких неможливо уникнути при зведенні стіни, не псують зовнішнього вигляду будівлі. Розроблено спосіб одержання цегли колотої, призначеної для формування «обличчя» стіни. Навіть конструктивно непоказний фасад, споруджений з кольорової і фактурної цегли, стає виразним.

1 ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ РЕМОНТНО-МЕХАНІЧНОГО ЦЕХУ

1.1 Аналіз технічного стану будівлі ремонтно-механічного цеху ТОВ «Сумська силікатна цегла»

Ремонтно-механічний цех ТОВ «Сумська силікатна цегла» являє собою одноповерхову будівлю, яка поділена на робочі ділянки. Основні технологічні процеси виробничого цеху відбуваються з використанням електричної енергії. Постачальником електроенергії є ПАТ «Сумиобленерго». Допоміжні процеси включають підігрів води для побутових та технологічних потреб.



Рисунок 1.1 – Фото розташування ремонтно-механічного цеху з супутнику

Ремонтно-механічний цех має загальну площу будівлі 874,8 м². Висота будівлі 8,7 м, об'єм будівлі 7611 м³. Відсоток зносу будівлі за оцінювальним актом складає 40%. Інженерне обстеження будівлі показало, що цех має електроосвітлення, холодне та гаряче водопостачання, міську центральну каналізацію, систему припливно-витяжної вентиляції, систему підведеного

газопостачання, будівля має підведені системи теле- та радіокомунікації. При цьому будівля не має ліфтів чи вбудованих котелень.

Будівля ремонтно-механічного цеху має у своєму складі 17 приміщень: адміністративно-господарчі, виробничі, технологічні, складські приміщення душові кімнати та роздягальні. Загальна довжина будівлі РМЦ складає 48,6 м, ширина – 18 м. Найбільше приміщення має площу 411,1 м².

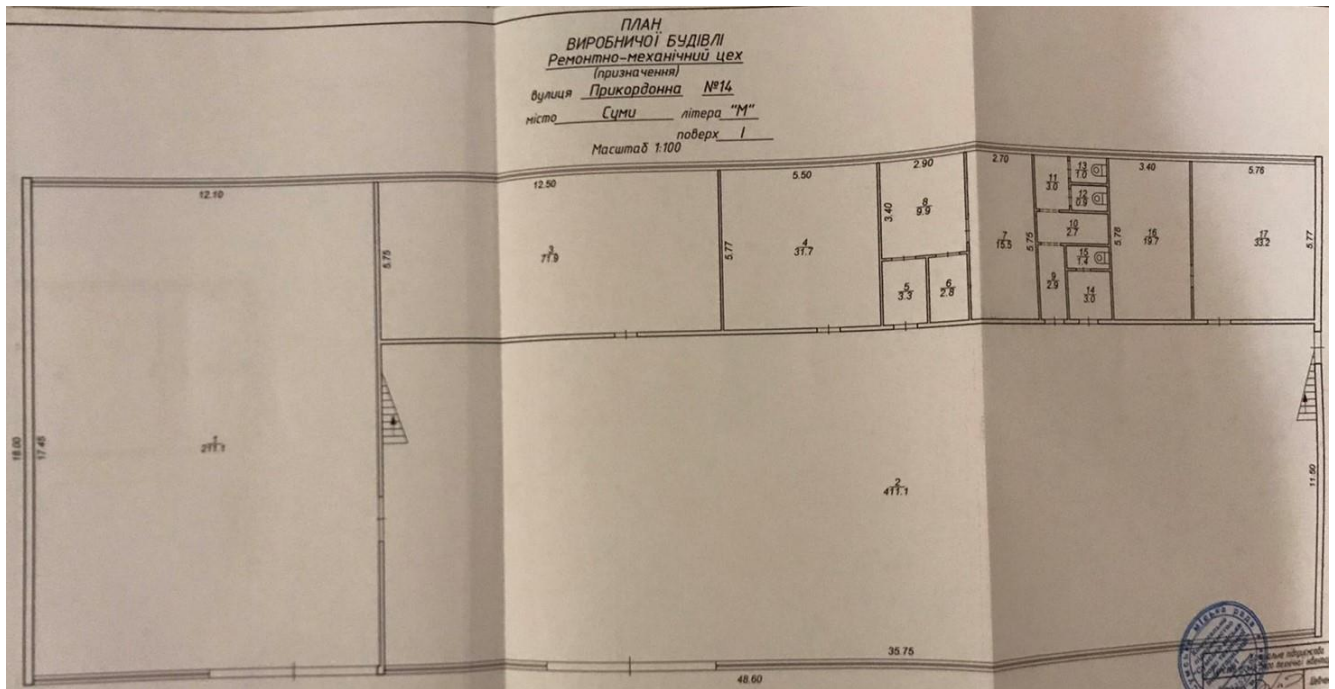


Рисунок 1.2 – План будівлі ремонтно-механічного цеху

Всього у будівлі ремонтно-механічного цеху працює 14 чоловік. Роботи, що проводяться у будівлі можна поділити на наступні роботи: важкі та дрібні токарні роботи, фрезерні та зварювальні роботи, складальні роботи тощо. Приміщення будівлі розподілені на робочі зони:

1 – ділянка термічної обробки:

- кількість працюючих людей – 5 чол.;
- обладнання, що розташоване у приміщенні: термічні печі – 2 шт., пневмомолот – 1 шт., зварювальний трансформатор на 18 постів – 1 шт., механічна пила – 1 шт., гідравлічний прес – 1 шт.;

2 – токарно-слюсарна ділянка:

- кількість працюючих людей – 8 чол.;
- обладнання, що розташоване у приміщенні: зубофрезерний верстат – 2 шт., токарний верстат – 2 шт., радіально-свердлильний верстат – 2 шт., стругальний верстат – 2 шт., плоско-шліфувальний верстат – 2 шт., вертикально-фрезерний – 1 шт., вертикально-свердлильний верстат – 1 шт., верстатний стіл – 3 шт;

3 – кабінет керівника РМЦ;

4 – інструментальний склад;

5-11 – побутові приміщення;

12, 13, 15 – санвузол;

14 – душова кімната;

16, 17 – роздягальні.

Наразі у приміщеннях ремонтно-механічного цеху система опалення взагалі не працює. Для опалення робочих ділянок використовуються теплові вентилятори і лише для адміністративних приміщень, роздягалень та душових кімнат, що не відповідає санітарним нормам.

Для системи опалення, що працювала раніше, використовувались парові котли, що розташовуються на території підприємства. Гаряча пара з котлів, в першу чергу, призначена для використання у автоклавній обробці силікатної цегли та газобетону, решта йшла на опалення будівель підприємства. Пристрої опалення, що використовувались у приміщеннях РМЦ: батареї неоребрені, з діаметром 110 мм, три труби розташовується по всьому периметру основи будівлі. Також для додаткового підігріву приміщень РМЦ раніше використовувались аеродвері та припливно-опалювальна вентиляція, але на даний час це все не працює.

Для системи гарячого водопостачання приміщення раніше також використовувались парові бойлери. На теперішній час для системи ГВП використовується газовий котел з сусідньої будівлі. Середньомісячна витрата

гарячої води ремонтно-механічного цеху складає 15 м³ на місяць, що у масштабах підприємства має невеликі обсяги.

Наразі до будівлі РМЦ існує підведена система газопостачання та електропостачання, що відкриває можливості їх використання для системи опалення та гарячого водопостачання приміщень.

Будівля ремонтно-механічного цеху складається з наступних конструктивних елементів:

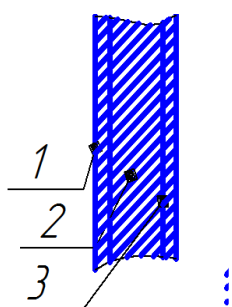
- фундамент та цоколь: бетонні склянкового типу;
- стіни: без оздоблення, з внутрішнім оздобленням, із зовнішнім оздобленням: залізобетонні панелі (заповнення, підшивка, штукатурка тощо);
- перегородки: без оздоблення, з внутрішнім оздобленням: цегляні;
- підлога: бетон, плитка;
- дах (горищний, суміщений): крокви і обрешітка, покрівля: рулонна суміщена з перекриттям;
- прорізи в стінах: вікна, двері: дерево метал;

Енергетичне обстеження будівлі РМЦ показало, що найбільша кількість теплових витрат буде відбуватись через вікна та двері, що мають велику площу покриття будівлі, але сильно застарілі. Також зовнішні стіни будівлі не мають утеплення, що є причиною теплових втрат.

1.2 Розрахунок дійсного коефіцієнта теплопередачі

Попередній розрахунок теплових втрат будівлі РМЦ для визначення дійсного коефіцієнту теплопередачі [1, 2, 4].

Зовнішня стіна РМЦ з північної сторони:



1, 3 - Штукатурка

2 - Бетон суцільний

Для кожного матеріалу обираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини: $\lambda_1 = \lambda_3 = 0,91$ Вт/мК; $\delta_1 = \delta_3 = 0,02$ м;

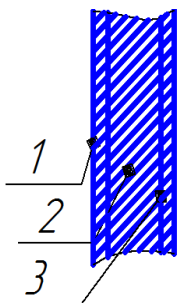
$$\lambda_2=1,75 \text{ Вт/мК}; \delta_2=0,15\text{м}; \alpha_{\text{н}} = 23,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}; \alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}},$$

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75}} = 3,35 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Зовнішня стіна РМЦ зі східного боку:



1,3 - Штукатурка

2 - Цегла силікатна

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти

теплопровідності і товщини: $\lambda_1 = \lambda_3 = 0,91 \text{ Вт/мК}; \delta_1 = \delta_3 = 0,02\text{м};$

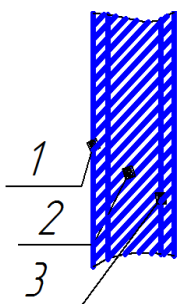
$$\lambda_2=0,81 \text{ Вт/мК}; \delta_2=0,25\text{м}; \alpha_{\text{н}} = 23,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}; \alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}},$$

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,25}{0,81}} = 1,92 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Зовнішня стіна РМЦ з південного боку:



1,3 - Штукатурка

2 - Бетон суцільний

4 - Скло

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти

теплопровідності і товщини: $\lambda_1 = \lambda_3 = 0,91 \text{ Вт/мК}; \delta_1 = \delta_3 = 0,02\text{м};$

$$\lambda_2 = 1,75 \text{ Вт/мК}; \quad \delta_2 = 0,15 \text{ м}; \quad \lambda_4 = 1,15 \text{ Вт/мК}; \quad \delta_4 = 0,004 \text{ м}; \quad \alpha_{\text{н}} = 23,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі (бетон):

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}},$$

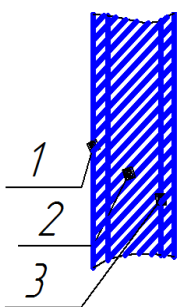
$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75}} = 3,35 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі (скло):

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}},$$

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{0,004}{1,15}} = 5,83 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Зовнішня стіна РМЦ з західної сторони:



- 1,3 - Штукатурка
- 2 - Бетон суцільний
- 4 - Скло
- 5 - Ворота (дерево)

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини:

$$\lambda_1 = \lambda_3 = 0,91 \text{ Вт/мК}; \quad \delta_1 = \delta_3 = 0,02 \text{ м}; \quad \lambda_2 = 1,75 \text{ Вт/мК}; \quad \delta_2 = 0,15 \text{ м}; \quad \lambda_4 = 1,15 \text{ Вт/мК};$$

$$\delta_5 = 0,1 \text{ м}; \quad \lambda_5 = 0,2 \text{ Вт/мК}; \quad \delta_4 = 0,004 \text{ м} \quad \alpha_{\text{н}} = 23,2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}; \quad \alpha_{\text{вн}} = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі (бетон):

$$k_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}},$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75}} = 3,35 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі (скло):

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_4}{\lambda_4}},$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{0,004}{1,15}} = 5,83 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі (ворота (дерево)):

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_5}{\lambda_5}},$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{0,1}{0,2}} = 1,49 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Покриття РМЦ (стяга)



1 - Шар гідроізоляції (руберойд)

2 - Залізобетонна плита покриття

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини:

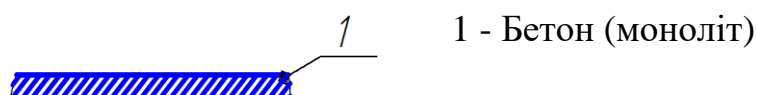
$$\lambda_1 = 0,17 \text{ Вт/мК}; \delta_1 = 0,012 \text{ м}; \lambda_2 = 1,7 \text{ Вт/мК}; \delta_2 = 0,15 \text{ м.}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}},$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{0,012}{0,17} + \frac{0,15}{1,7}} = 3,06 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Покриття РМЦ (підлога):



Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини:

$$\lambda_1 = 1,7 \text{ Вт/мК}; \delta_1 = 0,5 \text{ м.}$$

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1}}$$
$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{0,5}{1,7}} = 2,97 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

1.3 Розрахунок теплових витрат через огорожу

Теплові втрати через огороження можна найти за формулою:

$$Q_{\text{огр}} = Q_T + Q_C$$

де Q_T – теплові втрати, обумовлені різницею температур в приміщенні та зовні, Q_C – теплові припливи, обумовлені наявністю сонячної радіації (розраховуються лише для літнього та перехідного періоду).



Рисунок 1.3 – Будівля ремонтно-механічного цеху

Таблиця 1.1 – Параметри приміщення РМЦ

Огородження		$k_d, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$F, \text{м}^2$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$
Північна стіна		3,35	108	-10
Східна стіна		1,92	216	
Південна стіна	бетон	3,35	48	
	скло	5,83	24	
Західна стіна	бетон	3,35	114	
	скло	5,83	90	
	дерево	1,49	12	
Стеля		3,06	874,8	
Підлога		2,97	874,8	

Знайдемо для кожної стіни, підлоги і покриття ці складові теплові втрати через огорожу.

Теплові втрати від різниці температур:

– північна стіна: $Q_{IT}^1 = k_d F(t_n - t_{пом})$,

$$Q_{IT}^1 = 3,35 \cdot 108 \cdot (-10 - 0) = -3618 \text{ Вт}$$

– східна стіна: $Q_{IT}^2 = k_d F(t_n - t_{пом})$,

$$Q_{IT}^2 = 1,92 \cdot 216 \cdot (-10 - 0) = -4147 \text{ Вт}$$

– південна стіна: $Q_{IT}^3 = k_d F(t_n - t_{пом})$,

$$Q_{IT}^3 = 3,35 \cdot 48 \cdot (-10 - 0) + 5,83 \cdot 24 \cdot (-10 - 0) = -3066 \text{ Вт}$$

– західна стіна: $Q_{IT}^4 = k_d F(t_n - t_{пом})$,

$$Q_{IT}^4 = 3,35 \cdot 114 \cdot (-10 - 0) + 5,83 \cdot 90 \cdot (-10 - 0) + 1,49 \cdot 12 \cdot (-10 - 0) = -9245 \text{ Вт}$$

– стеля: $Q_{IT}^5 = k_d F(t_n - t_{пом})$,

$$Q_{IT}^5 = 3,06 \cdot 874,8 \cdot (-10 - 0) = -26769 \text{ Вт}$$

– підлога: $Q_{IT}^6 = k_d F(t_n - t_{пом})$,

$$Q_{IT}^6 = 2,97 \cdot 874,8 \cdot (-10 - 0) = -25982 \text{ Вт}$$

Сумарні теплові втрати від різниці температур

$$Q_{IT} = Q_{IT}^1 + Q_{IT}^2 + Q_{IT}^3 + Q_{IT}^4 + Q_{IT}^5 + Q_{IT}^6$$

$$Q_{IT} = -3618 + (-4147) + (-3066) + (-9245) + (-26769) + (-25982) = -72827 \text{ Вт}$$

Теплові втрати через огорожу

$$Q_{\text{ОГР}}^I = Q_{\text{ІТ}},$$
$$Q_{\text{ОГР}}^I = -72827 \text{ Вт}$$

1.4 Розрахунок експлуатаційних теплоприпливів

Експлуатаційні теплоприпливи можна знайти формулою:

$$Q_{\text{ЕКСП}} = Q^I + Q^{II} + Q^{III}$$

Теплоприпливи від освітлення в цеховому приміщенні:

$$Q^I = \Sigma N_{\text{світ}} = q_{\text{ос}} F_{\text{підл}},$$
$$Q^I = 1,1 \cdot 874,8 = 962 \text{ Вт}$$

Теплоприпливи від працюючих людей:

$$Q^{II} = q_{\text{л}} n_{\text{л}},$$
$$Q^{II} = 350 \cdot 14 = 4900 \text{ Вт}$$

Теплові втрати від відкривання воріт приміщень 1 і 2 цеху:

$$Q^{III} = q_{\text{дв}} F_{\text{підл}},$$
$$Q^{III} = 12 \cdot 622,2 = 7466 \text{ Вт}$$

Сумарні експлуатаційні теплоприпливи для цеху:

$$Q_{\text{ЕКСП}} = Q^I + Q^{II} - Q^{III},$$
$$Q_{\text{ЕКСП}} = 962 + 4900 - 7466 = -1604 \text{ Вт}$$

1.5 Розрахунок теплоприпливів від вентиляції

Вентиляційні теплоприпливи можна знайти за формулою:

$$Q_{\text{ВЕНТ}} = n_{\text{чол}} \frac{30}{3600} \rho_{\text{пов}} C_{\text{пов}} (t_3 - t_{\text{п}})$$
$$Q_{\text{ВЕНТ}} = 14 \cdot \frac{30}{3600} \cdot 1,14 \cdot 1005 \cdot (-10 - 0) = 1337 \text{ Вт}$$

1.6 Розрахунок теплоприпливів від технологічного навантаження

Теплоприпливи від технологічного обладнання, що має електродвигуни, Вт

$$Q_{\text{тех}} = 1000 \cdot N_{\text{ел}} \cdot n \cdot n_{\text{поп}} \cdot n_{\text{ф}},$$

де $N_{\text{вст}}$ – встановлена потужність електродвигунів одиниці обладнання, кВт;

n – кількість обладнання даної марки;

$n_{\text{поп}}$ – коефіцієнт попиту електроенергії, що дорівнює 0,8;

$n_{\text{ф}}$ – коефіцієнт, що враховує фактичне надходження тепла в приміщенні, приймається рівним 1.

$$Q_{\text{тех}} = 1000 \cdot 2,5 \cdot 7 \cdot 0,8 \cdot 1 = 14000 \text{ Вт}$$

1.7 Сумарні теплоприпливи

Теплове навантаження на прилади опалення:

$$Q_{\text{оп}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{тех}} + Q_{\text{вент}} + Q_{\text{експ}}$$

$$Q_{\text{оп}} = -72827 + 14000 + 1337 - 1604 = -59094 \text{ Вт}$$

1.8 Розрахунок необхідної товщини ізоляції

Проведений у попередньому розділі розрахунок теплових втрат через огорожі, покриття та стелю ремонтно-механічного цеху показав, що найбільші втрати тепла відбуваються через покриття та стелю, а також через західну стіну, яка має засклену площу 90 м², через яку відбуваються найбільші втрати тепла.

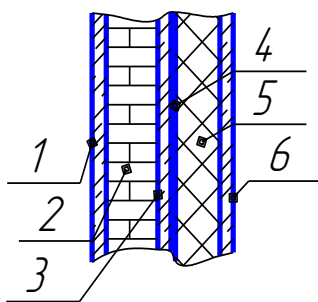
Пропонується для зменшення втрат тепла у ремонтно-механічному цеху провести комплекс заходів з утеплення зовнішніх поверхонь стін та стелі, також для зменшення втрат тепла пропонується закрити усі засклені поверхні цегляною кладкою та утеплити їх, при цьому необхідно організувати штучне освітлення робочих місць відповідно до ДБН В.2.5-28. Найбільшу складність з проведення енергоефективних заходів викликають втрати тепла через підлогу, яка складається з бетонно-мармурової крихти товщиною 0,5 м. Використання

електричного підігріву не виявляється можливим, у цеху розташовується обладнання, яке має вагу у декілька тон, тому використання теплоізоляційного матеріалу на підлозі також не є можливим. В цьому випадку пропонується використовувати інфрачервоні обігрівачі для обігріву кожного окремого робочого місця. Дерев'яні ворота ремонтно-механічного цеху пропонується замінити на ролетні ворота з теплоізоляцією.

Таблиця 1.2 – Параметри приміщення РМЦ для комплексу заходів з утеплення

Огородження		$k_d, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$F, \text{м}^2$	$\Delta t, \text{°C}$
Північна стіна	бетон	0,26	108	-10
Східна стіна	бетон	0,26	216	
Південна стіна	бетон	0,26	72	
Західна стіна	бетон	0,26	216	
Стеля		0,24	874,8	
Підлога		2,97	874,8	

Розрахунок необхідної товщини ізоляційного матеріалу для проведення комплексу заходів щодо зменшення теплових втрат будівлі РМЦ для визначення дійсного коефіцієнту теплопередачі [3, 5].



Зовнішня стіна РМЦ з північної сторони:

1, 3, 6 - Штукатурка

2 - Бетон суцільний

4 - Гідроізоляція

5 - Теплоізоляція (пінополістерол)

$$\delta_{iz} = \lambda_{iz} \left[\frac{1}{k_{норм}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} \right) \right]$$

Для кожного матеріалу обираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини: $\lambda_1 = \lambda_3 = \lambda_6 = 0,91 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $\delta_1 = \delta_3 = \delta_6 = 0,02 \text{ м}$; $\lambda_2 = 1,75 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $\delta_2 = 0,15 \text{ м}$; $\lambda_4 = 0,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $\delta_4 = 0,005 \text{ м}$; $\lambda_{iz} = 0,035 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $\alpha_3 = 23,2 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$; $\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

$$\delta_{iz} = 0,035 \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{3 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75} + \frac{0,005}{0,3} \right) \right] = 0,118 \text{ м}$$

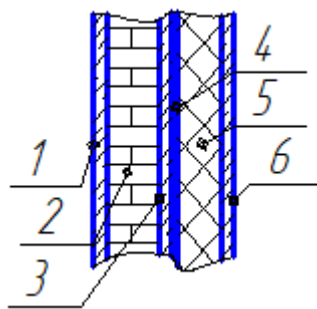
Приймаємо товщину теплоізоляції зовнішньої стіни РМЦ з північної сторони $\delta_{із} = 0,120\text{ м}$.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_6}{\lambda_6}},$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{3 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75} + \frac{0,005}{0,3} + \frac{0,12}{0,035}} = 0,26 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Зовнішня стіна РМЦ зі східного боку:



1, 3, 6 - Штукатурка

2 - Бетон суцільний

4 - Гідроізоляція

5 - Теплоізоляція (пінополістерол)

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_{норм}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} \right) \right]$$

Для кожного матеріалу обираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини: $\lambda_1 = \lambda_3 = \lambda_6 = 0,91 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $\delta_1 = \delta_3 = \delta_6 = 0,02 \text{ м}$; $\lambda_2 = 1,75 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $\delta_2 = 0,15 \text{ м}$; $\lambda_4 = 0,3 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $\delta_4 = 0,005\text{ м}$; $\lambda_{із} = 0,035 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; $\alpha_3 = 23,2 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$; $\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$

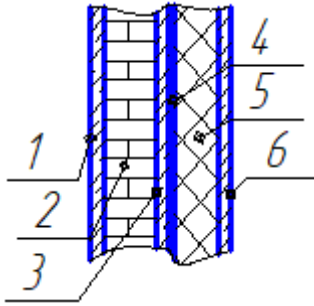
$$\delta_{із} = 0,035 \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{3 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75} + \frac{0,005}{0,3} \right) \right] = 0,118\text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляції зовнішньої стіни РМЦ зі східної сторони $\delta_{із} = 0,120\text{ м}$.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_6}{\lambda_6}},$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{3 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75} + \frac{0,005}{0,3} + \frac{0,12}{0,035}} = 0,26 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$



Зовнішня стіна РМЦ з південного боку:

1, 3, 6 - Штукатурка

2 - Бетон суцільний

4 - Гідроізоляція

5 – Теплоізоляція (пінополістерол)

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_{норм}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} \right) \right]$$

Для кожного матеріалу обираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини: $\lambda_1 = \lambda_3 = \lambda_6 = 0,91$ Вт/м·К; $\delta_1 = \delta_3 = \delta_6 = 0,02$ м; $\lambda_2 = 1,75$ Вт/м·К; $\delta_2 = 0,15$ м; $\lambda_4 = 0,3$ Вт/м·К; $\delta_4 = 0,005$ м; $\lambda_{із} = 0,035$ Вт/м·К; $\alpha_3 = 23,2$ Вт/м²·К; $\alpha_{вн} = 8$ Вт/м²·К

$$\delta_{із} = 0,035 \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{3 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75} + \frac{0,005}{0,3} \right) \right] = 0,118 \text{ м}$$

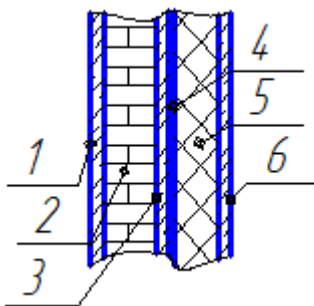
Приймаємо товщину теплоізоляції зовнішньої стіни РМЦ з південної сторони $\delta_{із} = 0,120$ м.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_6}{\lambda_6}}$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{3 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75} + \frac{0,005}{0,3} + \frac{0,12}{0,035}} = 0,26 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Зовнішня стіна РМЦ з західної сторони:



1, 3, 6 - Штукатурка

2 - Бетон суцільний

4 - Гідроізоляція

5 - Теплоізоляція (пінополістерол)

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_{норм}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} \right) \right]$$

Для кожного матеріалу обираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини: $\lambda_1 = \lambda_3 = \lambda_6 = 0,91$ Вт/м·К; $\delta_1 = \delta_3 = \delta_6 = 0,02$ м; $\lambda_2 = 1,75$ Вт/м·К; $\delta_2 = 0,15$ м; $\lambda_4 = 0,3$ Вт/м·К; $\delta_4 = 0,005$ м; $\lambda_{із} = 0,035$ Вт/м·К; $\alpha_3 = 23,2$ Вт/м²·К; $\alpha_{вн} = 8$ Вт/м²·К

$$\delta_{із} = 0,035 \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{3 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75} + \frac{0,005}{0,3} \right) \right] = 0,118 \text{ м}$$

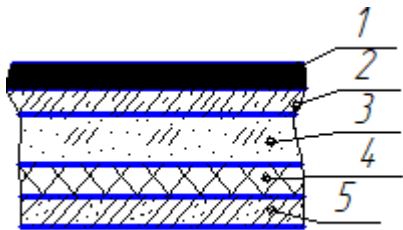
Приймаємо товщину теплоізоляції зовнішньої стіни РМЦ із західної сторони $\delta_{із} = 0,120$ м.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}} + \frac{\delta_6}{\lambda_6}}$$

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{3 \cdot 0,02}{0,91} + \frac{0,15}{1,75} + \frac{0,005}{0,3} + \frac{0,12}{0,035}} = 0,26 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Покриття РМЦ (стяга)



- 1 - Шар гідроізоляції (руберойд);
- 2 - Бетонна стяжка;
- 3 - Шар засипної ізоляції (керамзитовий гравій);
- 4 - Шар плитний теплоізоляції (пінополістерол);
- 5 - Залізобетонна плита покриття

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_{норм}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} \right) \right]$$

Для кожного матеріалу вибираємо відповідні коефіцієнти теплопровідності і товщини:

$\lambda_1 = 0,17$ Вт/м·К; $\delta_1 = 0,012$ м; $\lambda_2 = 1,7$ Вт/м·К; $\delta_2 = 0,15$ м, $\lambda_{із} = 0,15$ Вт/м·К;
 $\lambda_4 = 0,047$ Вт/м·К; $\delta_4 = 0,1$ м; $\lambda_5 = 1,5$ Вт/м·К; $\delta_5 = 0,16$ м.

$$\delta_{із} = 0,15 \left[\frac{1}{0,24} - \left(\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{0,012}{0,15} + \frac{0,05}{1,7} + \frac{0,1}{0,047} + \frac{0,16}{1,5} \right) \right] = 0,25 \text{ м}$$

Приймаємо шар засипної ізоляції $\delta_{із} = 0,25$ м.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}}}$$
$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23,2} + \frac{1}{8} + \frac{0,012}{0,15} + \frac{0,05}{1,5} + \frac{0,1}{0,047} + \frac{0,16}{1,5} + \frac{0,25}{0,15}} = 0,24 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Перерахуємо для кожної стіни, підлоги і покриття складові теплових втрат через огорожу після проведення заходів з енергоефективності.

Теплові втрати від різниці температур:

– північна стіна: $Q_{\text{ІТ}}^1 = k_d F(t_{\text{н}} - t_{\text{пом}})$,

$$Q_{\text{ІТ}}^1 = 0,26 \cdot 108 \cdot (-10 - 0) = -281 \text{ Вт}$$

– східна стіна: $Q_{\text{ІТ}}^2 = k_d F(t_{\text{н}} - t_{\text{пом}})$,

$$Q_{\text{ІТ}}^2 = 0,26 \cdot 216 \cdot (-10 - 0) = -562 \text{ Вт}$$

– південна стіна: $Q_{\text{ІТ}}^3 = k_d F(t_{\text{н}} - t_{\text{пом}})$,

$$Q_{\text{ІТ}}^3 = 0,26 \cdot 72 \cdot (-10 - 0) = -187 \text{ Вт}$$

– західна стіна: $Q_{\text{ІТ}}^4 = k_d F(t_{\text{н}} - t_{\text{пом}})$,

$$Q_{\text{ІТ}}^4 = 0,26 \cdot 216 \cdot (-10 - 0) = -562 \text{ Вт}$$

– стеля: $Q_{\text{ІТ}}^5 = k_d F(t_{\text{н}} - t_{\text{пом}})$,

$$Q_{\text{ІТ}}^5 = 0,24 \cdot 874,8 \cdot (-10 - 0) = -2100 \text{ Вт}$$

– підлога: $Q_{\text{ІТ}}^6 = k_d F(t_{\text{н}} - t_{\text{пом}})$,

$$Q_{\text{ІТ}}^6 = 2,97 \cdot 874,8 \cdot (-10 - 0) = -25982 \text{ Вт}$$

Сумарні теплові втрати від різниці температур

$$Q_{\text{ІТ}} = Q_{\text{ІТ}}^1 + Q_{\text{ІТ}}^2 + Q_{\text{ІТ}}^3 + Q_{\text{ІТ}}^4 + Q_{\text{ІТ}}^5 + Q_{\text{ІТ}}^6$$

$$Q_{\text{ІТ}} = -2891 + (-562) + (-187) + (-562) + (-2100) + (-25982) = -29674 \text{ Вт}$$

За рахунок проведення енергоефективних заходів з утеплення зовнішніх стін та стелі ремонтно-механічного цеху можна зменшити втрати тепла на 60%. При цьому необхідно передбачити встановлення інфрачервоних обігрівачів біля кожного робочого місця та заміну дерев'яних вхідних воріт на ворота ролетного типу з утепленням.

2 СИСТЕМА ОПАЛЕННЯ ЦЕХУ

2.1 Основні енергетичні параметри

Будівля ремонтно-механічного цеху, як зазначалось у першому розділі, має підведені системи комунікації електричної енергії, природного газу та холодного водопостачання. Для проектування системи опалення цеху можна використовувати наявні пристінні батареї, для зменшення капітальних витрат на впровадження нової системи опалення, при цьому пропонується впровадження закритої системи опалення цеху. Також можна запропонувати впровадження системи двоконтурного газового котлу для забезпечення цеху одночасно гарячою водою та опаленням. Альтернативним варіантом забезпечення приміщення цеху гарячою водою та опаленням пропонується впровадження теплового насосу з використанням як низькопотенційного тепла ґрунту, що дозволяє використовувати його цілий рік.

Енергетичний аналіз використання енергоресурсів у ремонтно-механічному цеху за 2017, 2018 та 2019 роки показав (рис. 2.1-2.3), що найбільш витратним є використання природного газу, в середньому 22 тис. м³, на що щорічно витрачається більше 200 тис. грн, при чому з травня по червень використання природного газу не відбувається. Середній показник використання електроенергії знаходиться в межах 59 тис. кВт/год, у зв'язку із збільшенням вартості електроенергії у 2019 році було витрачено більше 171 тис. грн. Холодного водопостачання щорічно використовується більше 800 м³, вартість якого становило більше 27 тис. грн у 2019 році.

До вторинних енергоресурсів, які можна використати при впровадженні системи опалення ремонтно-механічного цеху, можна віднести гарячу пару, яка використовується у процесі оброблення цегли у автоклаві.



а)



б)



в)

Рисунок 2.1 – Графіки спожитої електроенергії цеху РМЦ



а)



б)



в)

Рисунок 2.2 – Графіки спожитого природного газу цеху РМЦ



а)



б)



в)

Рисунок 2.3 – Графіки спожитого холодного водопостачання цеху РМЦ

2.2 Розрахунок системи опалення цеху

Рекуперативна теплоутилізація реалізує пряму передачу теплоти від джерела з більш високою температурою до джерела з більш низькою температурою. У свою чергу, середовище, що нагрівається, може мати різні схеми використання в якості теплоносія, наприклад, у схемі, пов'язаній з опаленням та гарячим водопостачанням.

В рамках даної роботи представляється розрахунок теплоутилізатора [6] для нагріву холодної води закритої системи опалення від 15°C до 90°C вторинними гарячими парами води після автоклава.

Для води, що нагрівається у теплоутилізаторі, приймаються наступні параметри при розрахунку:

- температура входу, $t_{1В} = 15^\circ\text{C}$;
- температура виходу, $t_{2В} = 90^\circ\text{C}$.

Середня температура:

$$t_{в,ср} = 0,5 \cdot (t_{1В} + t_{2В})$$

$$t_{в,ср} = 0,5 \cdot (15 + 90) = 52,5^\circ\text{C}$$

Використовуючи дані по середній температурі визначені:

- щільність води, $\rho_{в} = 993,075 \text{ кг/м}^3$;
- теплоємність води, $c_{в} = 4,174 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$;
- коефіцієнт теплопровідності води, $\lambda_{в} = 0,62325 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$;
- коефіцієнт динамічної в'язкості вод, $\mu_{в} = 690,35 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
- критерій Прандтля для води, $\text{Pr}_{в} = 4,6325$.

Тепловий потік, що відводиться від гарячої пари, в інтервалі температур $t_{1п}$ и $t_{2п}$ розраховується за рівнянням, кВт:

$$\dot{Q}_{п} = \dot{m}_{п} \cdot \Delta h_{п}$$

Питома ентальпія гарячої пари:

$$\Delta h_{\pi} = 1,105 \cdot (t_{1\pi} - t_{2\pi}) + 0,000132 \cdot (t_{1\pi} - t_{2\pi})^2, \text{ кДж/кг}$$

У таблиці 2.1 наведені розрахункові значення теплового навантаження, що знімається у теплоутилізаторі від гарячої пари з масовою витратою $\dot{m}_{\pi} = 3 \text{ кг/с}$ в залежності від рівня температури $t_{2\pi}$ пари на виході для фіксованих значень $t_{1\pi}$.

Таблиця 2.1 – Розрахункові значення теплового навантаження у теплоутилізаторі

Теплоутилізатор ($t_{1\pi} = 180^{\circ}\text{C}$)			
$t_{2\pi}, ^{\circ}\text{C}$	70	80	90
$\dot{Q}_{\pi}, \text{кВт}$	123	112	101

При охолодженні гарячої пари в теплоутилізаторі від $t_{1\pi} = 180^{\circ}\text{C}$ до $t_{2\pi} = 70^{\circ}\text{C}$ визначимо масову витрату води, що нагрівається, з урахуванням теплових витрат у навколишнє середовище:

$$m_B = \frac{0,95 \cdot \dot{Q}_{\pi}}{c_B \cdot (t_{2B} - t_{1B})}$$

$$m_B = \frac{0,95 \cdot 123}{4,174 \cdot (90 - 15)} = 0,373 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата води, що нагрівається:

$$\dot{V}_B = \frac{m_B}{\rho_B}$$

$$\dot{V}_B = \frac{0,373}{993,075} = 0,000376 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.3 Тепловий розрахунок теплоутилізатора

Приймається, що рух води в теплообміннику протитечійний. Холодна вода рухається по трубах решітки, а гаряча пара у міжтрубному просторі, щоб не забруднювати труби.

Більша різниця температур дорівнює

$$\Delta t_{\delta} = t_{п1} - t_{в2} = 180 - 90 = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Менша різниця температур дорівнює

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{п2} - t_{в1} = 70 - 15 = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Середня логарифмічна різниця температур у теплоутилізаторі становить:

$$\theta = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{90 - 55}{\ln \frac{90}{55}} = 71,07 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Задається орієнтовна величина коефіцієнта теплопередачі в водяному теплообміннику $K_{op} = 100 \text{ Вт/м}^2$.

Орієнтовна величина площі поверхні теплообміну становить:

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \cdot \theta} = \frac{123000}{100 \cdot 71,07} = 17,3 \text{ м}^2$$

Задається шахове розташування труб в решітці.

Кількість труб $n = 200$; труби решітки сталеві, гладкі з зовнішнім діаметром $d_1 = 0,025 \text{ м}$ та внутрішнім діаметром $d_2 = 0,021 \text{ м}$.

Число ходів холодної води по трубах решітки $n_{п} = 4$.

Внутрішній діаметр кожуха $D = 600 \text{ мм}$, довжина труб $l = 4,5 \text{ м}$ [6], табл. 4.12, с. 215. Площа у міжтрубному просторі $S_{\text{м}} = 4,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, відношення зовнішнього діаметра труби до кроку труб в решітці $d / t = 0,5$.

Швидкість руху холодної води в трубах решітки становить:

$$w_B = \frac{V_B n_B}{\frac{\pi}{4} d_B^2 \cdot n} = \frac{0,000376 \cdot 4}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,021^2 \cdot 200} = 0,22 \text{ м/с.}$$

Режим руху холодної води по трубах решітки визначається числом Рейнольдса:

$$Re_B = \frac{w_B \cdot d_B}{\nu_B} = \frac{0,22 \cdot 0,021}{0,63 \cdot 10^{-6}} = 7333$$

$Re_B > Re_{кр} = 2320$ – режим течії турбулентний.

Критерій Нуссельта для цього режиму становить:

$$Nu_B = 0,021 Re_B^{0,8} \cdot Pr_B^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_I$$

де відношення $\left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} = 1$; $\varepsilon_I = 1$, [6], табл. 4.3, с. 153.

$$Nu_B = 0,021 \cdot 18184^{0,8} \cdot 4,16^{0,43} \cdot 1 = 99,12$$

Коефіцієнт тепловіддачі від гарячої пари до стінки труби становить:

$$\alpha_{II} = \frac{Nu_{II} \lambda_{II}}{d_2} = \frac{99,12 \cdot 0,631}{0,021} = 2982 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{К}$$

Швидкість руху гарячої пари у міжтрубному просторі становить:

$$w_{II} = \frac{V_{II}}{S_M} = \frac{0,0288}{4,5 \cdot 10^{-2}} = 0,639 \text{ м / с}$$

Визначається режим руху гарячої води по числу Рейнольдса:

$$Re_{II} = \frac{w_{II} \cdot d_1}{\nu_{II}} = \frac{0,639 \cdot 0,025}{0,85 \cdot 10^{-6}} = 18794$$

$Re_{\pi} > Re_{кр} = 2320$ – режим турбулентний.

Критерій Нуссельта для цього режиму становить:

$$Nu_{\pi} = 0,4 \varepsilon_{\varphi} Re_{\pi}^{0,6} \cdot Pr_{\pi}^{0,36} \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25},$$

де $\varepsilon_{\varphi} = 0,6$ – коефіцієнт, який враховує, що поперек труб решітки гаряча пара рухається лише частково через огибання поперечних перегороджень [6], с. 157.

$$\left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} = 0,93$$

$$Nu_x = 0,4 \cdot 0,6 \cdot (8794)^{0,6} \cdot (5,9)^{0,36} \cdot 0,93 = 155,1.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби до холодної води становить:

$$\alpha_{\pi} = \frac{Nu_{\pi} \lambda_{\pi}}{d_1} = \frac{155,1 \cdot 0,61}{0,025} = 3784,2 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Розрахункова величина коефіцієнта теплопередачі теплоутилізатора складає:

$$K_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\pi}} \cdot \frac{d_1}{d_2} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_b}}, \text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

де $\Sigma \frac{\delta}{\lambda} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ – термічний опір стінки труби і забруднень.

$$K_p = \frac{1}{\frac{1}{3784,2} \cdot \frac{0,025}{0,021} + 0,6 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{2982}} = 80,06 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{К}$$

Питомий тепловий потік у теплоутилізаторі становить:

$$q = K_p \cdot \theta = 80,06 \cdot 71,07 = 5690 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Розрахункова площа теплообмінної поверхні апарату становить:

$$F_p = \frac{Q}{q} = \frac{123 \cdot 10^3}{5690} = 21,62 \text{ м}^2$$

Середній діаметр труби решітки становить:

$$d_{cp} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{0,021 + 0,025}{2} = 0,023 \text{ м}$$

Щоб підвищити інтенсивність тепловіддачі у міжтрубному просторі теплоутилізатора всередині кожуха розміщені поперечні перегородки, які змінюють напрямок руху потоку гарячої пари по довжині решітки.

Відстань між поперечними перегородками становить:

$$l_{\pi} = \frac{D_{BH}}{1,415 \cdot \psi},$$

де величина ψ визначається залежністю

$$\psi = \frac{1 - \left(\frac{d}{t}\right)}{1 - 0,9 \left(\frac{d}{t}\right)^2} = \frac{1 - 0,5}{1 - 0,9 \cdot 0,5^2} = 0,645$$

$$l_{\pi} = \frac{0,6}{1,415 \cdot 0,645} = 0,66 \text{ м}$$

Кількість поперечних перегородок становить:

$$K = \frac{l}{l_{\pi}} - 2 = \frac{4,5}{0,66} - 2 = 5$$

2.4 Висновки та рекомендації

Підігрів холодної води від $t_{в1} = 15^{\circ}\text{C}$ до $t_{в2} = 90^{\circ}\text{C}$ для забезпечення системи опалення ремонтно-механічного цеху може бути здійснено у водяному кожухотрубному теплообміннику-теплоутилізаторі гарячою парою після автоклава з площею теплообмінної поверхні $21,62 \text{ м}^2$, при цьому пара рухається в міжтрубному просторі, щоб не забруднювати труби трубної решітки, а підігріта вода - в трубах. На базі даного розрахунку може бути обраний чотирьохходовий

теплообмінник, наприклад по ГОСТ 15118-79, ГОСТ 15120-79, ГОСТ 15122-79 з поверхнею теплообміну 25 м².

Досить енергоефективним і маловитратними для підприємства може бути використання комбінованої системи газового котлу та системи з підігрівом води вторинною парою для системи одночасного впровадження системи опалення та системи гарячого водопостачання.

Застосування теплових насосів вимагає виконання термoeкономiчного аналізу з огляду на досить високу вартість цього обладнання.

Пропонується підприємству переглянути загальну концепцію теплопостачання цеху з метою більш оптимальної інтеграції потоків теплоносіїв, перерозподілу витрат на електроенергію і паливо з урахуванням перспективного розвитку виробництва.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи енергоменеджера на об'єкті

ІНСТРУКЦІЯ для осіб, відповідальних за енергогосподарство

1.1 Дія даної інструкції поширюється на всі підрозділи підприємства.

1.2. На підприємстві наказом керівника із числа інженерно-технічних працівників (ІТП) енергослужби призначається особа, відповідальна за загальний стан енергогосподарства підприємства, яка повинна забезпечити виконання Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕ), Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС), Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж (ПТЕТУМ) тощо.

1.3. Наказ про призначення особи, відповідальної за електрогосподарство, видається після перевірки знань правил і інструкцій і присвоєння йому відповідної групи з електробезпеки: V - в електроустановках напругою вище 1000В і IV - в електроустановках напругою до 1000В.

1.4. При наявності на підприємстві посади головного енергетика обов'язки особи, відповідальної за енергогосподарство підприємства, покладається на головного енергетика.

1.5. На період тривалої відсутності (відпустка, хвороба, відрядження та інше) особи відповідальної за енергогосподарство, виконання його обов'язків наказом по підприємству покладається на його заступника (якщо такий передбачений штатним розписом) чи іншу особу із числа ІТП енергослужби, яка пройшла відповідну перевірку знань правил і інструкцій.

1.6. У структурних підрозділах наказом керівника може бути призначена особа відповідальна за енергогосподарство із числа ІТП електротехнічного персоналу даного підрозділу.

При відсутності таких ІТП відповідальність за енергогосподарство вказаних структурних підрозділів незалежно від їх територіального розташування несе повністю особа, відповідальна за енергогосподарство підприємства.

1.8. Особа відповідальна за енергогосподарство і його заступник (якщо він є) перевірку знань з електробезпеки проходять перед вступом на роботу, а потім через кожні 3 роки, перевірку знань з технічної експлуатації електроустановок – 1 раз на рік, перевірку знань правил технічної експлуатації теплових установок і мереж – 1 раз на рік.

1.9. Позачергова перевірка проводиться у випадках:

1.9.1. При переході на іншу роботу.

1.9.2. При введенні в дію нової редакції ПТЕ, ПБЕЕС, ПТЕТУМ.

1.9.3. На вимогу органів державного енергонагляду.

1.10. В своїй роботі відповідальна особа повинна керуватися:

1.10.1. Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів, Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів, Правилами технічної експлуатації теплових установок і мереж.

1.10.2. Правилами будови електроустановок.

1.10.3. Правилами користування електричною енергією.

1.10.4. Внутрішніми положеннями, що діють на підприємстві з питань роботи електроустановок, енергобезпеки, техніки безпеки та охорони праці.

1.10.5. Даною інструкцією та іншими інструктивними матеріалами, що торкаються експлуатації енергоустановок.

1.10.6. Особистим планом роботи.

II. Завдання та обов'язки.

2.1. Особа, відповідальна за енергогосподарство, з урахуванням енергоємності та складу енергетичного обладнання споживача повинна забезпечити:

2.1.1. Розроблення і проведення організаційних і технічних заходів, що включають:

- утримання енергоустановок у робочому стані та їх експлуатацію згідно з вимогами цих Правил, ПУЕ, ПБЕЕС, ПТЕТУМ, інструкцій з охорони праці та інших НД;
- дотримання заданих електропередавальною організацією режимів електроспоживання і договірних умов споживання електричної енергії та потужності;
- виконання заходів з підготовки енергоустановок споживача до роботи в осінньо-зимовий період;
- раціональне використання електричної енергії;
- оптимальні режими перетікання реактивної електроенергії та економічні режими роботи компенсувальних пристроїв;
- впровадження автоматизованих систем і приладів вимірювання та обліку електричної енергії;
- своєчасний і якісний ремонт енергоустановок;
- запобігання аваріям та травматизму в енергоустановках;
- безпечну експлуатацію енергоустановок;
- підвищення надійності роботи енергоустановок;
- навчання і перевірку знань ПТЕЕС, ПБЕЕС, ПУЕ, ПКЕЕ, ППБ, ПТЕТУМ, посадових та експлуатаційних інструкцій та інструкцій з охорони праці для енерготехнічних працівників;
- охорону навколишнього природного середовища (залежно від покладених функцій);

2.1.2 Удосконалення мережі енергопостачання підприємства з виділенням на резервні зовнішні живильні лінії струмоприймачів екологічної та аварійної броні;

2.1.3. Підвищення рівня промислової безпеки, розроблення комплексу заходів, спрямованих на запобігання травматизму, загибелі тварин, пошкодженню обладнання, можливим негативним екологічним та іншим наслідкам у разі припинення або обмеження енергопостачання, здійсненого у встановленому порядку;

2.1.4. Експлуатацію енергоустановок відповідно до вимог Інструкції з обліку та розслідування технологічних порушень в роботі енергетичного господарства споживачів, затвердженої наказом Міністерства палива та енергетики України від 04 серпня 2006 року № 270, зареєстрованої в Міністерстві юстиції України 22 серпня 2006 року за № 993/12867;

2.1.5. Розроблення та дотримання норм витрат палива, електричної енергії, їх своєчасний перегляд під час удосконалення технології виробництва та впровадження нової техніки;

2.1.6. Організацію проведення експертного обстеження (технічного діагностування) енергоустановок;

2.1.7. Ведення обліку та контролю за споживанням електричної енергії та потужності та розроблення заходів щодо їх зниження. Виконання встановлених режимів електроспоживання;

2.1.8. Розроблення із залученням технологічних та інших підрозділів, а також спеціалізованих інститутів і проектних організацій перспективних планів зниження енергоємності продукції, яка випускається, впровадження енергозберігаючих технологій, теплоутилізаційних установок, використання вторинних паливно-енергетичних ресурсів, запровадження прогресивних форм економічного стимулювання;

2.1.9. Облік та аналіз нещасних випадків, що сталися в енергогосподарстві, а також вжиття заходів щодо усунення причин їх виникнення;

2.1.10. Розроблення інструкцій з експлуатації електроустановок та мереж, інструкцій з охорони праці і пожежної безпеки та програм підготовки персоналу для працівників електротехнічної служби;

2.1.11. Надання інформації на вимогу Держенергонагляду відповідно до вимог НД;

2.1.12. Ведення документації з енергогосподарства відповідно до вимог НД;

2.1.13. Додержання вимог санітарних норм і правил щодо умов праці на робочих місцях працівників згідно з вимогами розділу VI цих Правил.

- 2.1.114. Наявність і своєчасну перевірку засобів захисту і протипожежного інвентарю.
- 2.1.15. Виконання приписів органів енергонагляду у встановлені строки.
- 2.1.16. Своєчасне подання установленої звітності відповідним органам і відповідному підприємству «Енергонагляду».
- 2.1.17. Підтримувати взаємовідносини з електрозабезпечуючими підприємствами.
- 2.1.18. Регулярно (не рідше одного разу на місяць) згідно з планом роботи, затвердженим головним інженером обстежувати стан енергобезпеки на підприємстві і готувати заходи направлені на усунення порушень.
- 2.1.19. Розробляти заходи з підготовки енергоустановок для роботи в зимових умовах.
- 2.1.20. Оформляти заявки на отримання електроматеріалів, обладнання, пристроїв і захисних засобів.
- 2.1.21. Вести облік наявності, розподілення і переміщення електрообладнання, матеріалів, пристроїв.
- 2.1.22. Оформляти документацію на списання з балансу зношеного та такого, що відпрацював свій строк електрообладнання і матеріалів.
- 2.1.21. Пред'являти рекамації:
- заводам-виробникам - при поставці некомплектного, неякісного чи такого, що не відповідає замовленим специфікаціям, ДСТУ і технічним умовам обладнання;
 - монтажним організаціям - при порушенні технології електромонтажних робіт, неякісному монтажі, відхилення від проектної документації і пошкодженнях в процесі монтажу.
 - енергопостачальній організації - при параметрах електроенергії, які не відповідають нормам якості електроенергії, і порушення електрозабезпечення підприємства.
- 2.1.22. Вести систематичну роботу з електротехнічним персоналом для цього повинно бути організоване:

- курсове (групове, індивідуальне) навчання з підвищення кваліфікації;
- вивчення ПТЕ, ПБЕЕС, ПБЕ, інструкцій та інших правил, які відносяться до експлуатації електроустановок;
- проведення протиаварійних тренувань на робочих місцях для навчання персоналу найкращим способам і прийомам швидкого попередження і ліквідації несправностей і аварій;
- інструктаж електротехнічного персоналу.

2.1.23. Мати і вести документацію:

- Наказ про особу, відповідальну за електрогосподарство, її професійна відповідність.
- Список осіб які мають право віддавати оперативні розпорядження, вести оперативні переговори, а також наявність переліку телефонів диспетчерів енергопостачальної організації та доступність зв'язку.
- Журнал перевірки знань ПТЕ електроустановок споживачів і цих Правил.
- Список електротехнічних працівників.
- Медичний висновок про дозвіл на право роботи електротехнічних працівників в електроустановках.
- Список осіб, які можуть призначатися відповідальними особами.
- Перелік робіт, які можуть виконуватися за нарядом і за розпорядженням.
- Перелік робіт, які проводяться в порядку поточної експлуатації.
- Однолінійна схема електроустановок.
- Комплект експлуатаційних інструкцій та інструкцій з охорони праці.
- Журнал інструктажів.
- Журнал обліку електроінструменту.
- План навчання електротехнічних працівників безпеці праці.
- План протиаварійних тренувань.
- Журнал обліку протиаварійних і протипожежних тренувань.
- Оперативний журнал.

- Журнал обліку відмов і аварій в роботі електрообладнання і мереж.
- Журнал обліку захисних засобів.
- Журнал реєстрації протоколів випробування засобів захисту і інструменту з ізолювальними ручками, переносних світильників, знижувальних трансформаторів; журнал випробувань засобів захисту із діелектричних матеріалів.
- Журнал обліку робіт за нарядами і розпорядженнями.
- Графік огляду кабельних трас, кабельних споруд і повітряних ліній.
- Протоколи перевірок і випробування електрообладнання, апаратури, пристроїв РЗ і А, електромереж і заземлювальних пристроїв.
- Паспортні карти або журнали з описом електрообладнання, що експлуатується, і захисні засоби з зазначенням технічних характеристик і зазначенням інвентарних номерів.
- Креслення електромереж, установок і споруд; кабельні журнали, виконавчі креслення ПЛ і кабельних трас.
- Виконавча документація підземних кабельних трас і заземлювальних пристроїв з прив'язками до будівель і постійних споруд із зазначенням місць встановлення з'єднувальних муфт і перетинів з комунікаціями.

III. Права.

3.1. Особа відповідальна за енергогосподарство має право:

3.1.1. Давати керівникам виробничих підрозділів вказівки і приписи з усіх питань монтажу, утриманню і експлуатації енергогосподарства та використання теплової та електричної енергії.

3.1.2. Давати подання на заохочення ІТП персоналу за якісні виробничі показники та накладання стягнення за порушення трудової та виробничої дисципліни.

3.1.3. Представляти підприємство в інших організаціях з питань, які входять в його компетенцію.

3.1.4. Зупиняти чи забороняти роботу енергообладнання технічно несправних чи таких, що не відповідають вимогам ПТЕ, ПБЕЕС, ПТЕТУМ.

Під час виконання робіт на об'єкті енерготехнічного персоналу можуть виникати наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- рухомі частини виробничого обладнання: рухомі заготовки, вироби та інструмент, ошурки оброблюваних матеріалів;
- падіння матеріалів, інструменту, арматури тощо;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- недостатня освітленість робочої зони;
- прямий та відбитий блиск;
- фізичні (статичні перевантаження: вимушена робоча поза - стоячи, нахили тулуба, навантаження опорно-рухового апарату);
- нервово-психічні перевантаження (перенапруження аналізаторів - органу зору, монотонність праці тощо).

3.2 Правила виконання робіт на обладнанні, що знаходиться під напругою

Інструкція з електробезпеки для працівників підприємства

1. Загальні положення

1.1. Інструкція з електробезпеки для працівників підприємства (далі — Інструкція) встановлює вимоги безпеки для працівників ТОВ «ССЦ» під час роботи з виробничим та побутовим електротехнічним обладнанням, призначеним для загального користування напругою не більше 380 В.

До електротехнічного обладнання (далі — електрообладнання) напругою не більше 380 В належать електротехнічні пристрої заводського виготовлення, які

призначені для загального користування, а саме: електротехнічні пристрої (ручний електроінструмент, верстат або підймальний механізм з електроприводом) та побутові електротехнічні пристрої (персональний комп'ютер, копіювальний пристрій, кавоварка, чайник тощо).

1.2. Усунення несправностей (ремонт) електротехнічної частини електрообладнання та електричних мереж напругою до 380 В виконує електротехнічний персонал (електрик), що має групу з електробезпеки не нижче II.

1.3. Електрообладнання необхідно підключати до електромережі та експлуатувати відповідно до вимог інструкції з його експлуатації.

1.4. Допуск працівників до робіт із виробничими електротехнічними пристроями здійснюється після проведення первинного інструктажу з охорони праці за відповідною інструкцією з охорони праці під час роботи з конкретним електротехнічним пристроєм (ручним електроінструментом, верстатом, підймальним механізмом тощо) і перевірки безпечного поводження з ним.

1.5. Щоб запобігти ураженню електричним струмом під час роботи з електрообладнанням вживають таких заходів:

- забезпечують недоступність струмовідних частин від випадкового доторкання шляхом встановлення захисного огороження, ізоляції, розміщення на недоступній висоті;
- використовують безпечну напругу;
- встановлюють пристрої захисного відключення;
- забезпечують захисне заземлення (занулення) електрообладнання;
- використовують засоби електрозахисту.

Загальні положення про небезпеку ураження електричним струмом наведено у додатку до Інструкції.

1.6. Засоби електрозахисту поділяють на основні та додаткові.

До основних засобів електрозахисту під час роботи з виробничими електротехнічними пристроями напругою до 1 кВ належать:

- ізолювальна штанга;

- електровимірювальні кліщі;
- індикатор напруги;
- діелектричні рукавиці;
- інструмент з ізолювальним покриттям (пасатижі, кусачки, викрутка тощо).

До додаткових засобів електрозахисту під час роботи з виробничими електротехнічними пристроями напругою до 1 кВ належать:

- діелектричне взуття (боти);
- діелектричний килимок;
- ізолювальна підставка;
- ізолювальна накладка;
- ізолювальний ковпак;
- сигналізатор напруги;
- захисне огороження (щит, ширма);
- переносне заземлення;
- плакати і знаки безпеки.

1.7. Засоби електрозахисту не призначені для використання на зовнішніх роботах під час дощу, снігу, туману.

1.8. Ручний електроінструмент за умовами безпеки поділяють на три класи:

- I клас — електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, ізолювані і штепсельна вилка має заземлювальний контакт;
- II клас — електроінструмент, у якого всі деталі, що перебувають під напругою, мають подвійну або посилену ізоляцію;
- III клас — електроінструмент, який живиться від безпечної напруги і в якому не виникає напруга більше ніж безпечна напруга (не перевищує 42 В між провідниками та між провідником і землею, або у разі трифазного живлення не перевищує 24 В між провідником і нейтраллю).

1.9. Номінальна напруга для електроінструменту постійного струму класів I і II — не більше 220 В, а для електроінструменту змінного струму — 380 В. Електроінструмент II і III класів не потребує спеціальних пристроїв для заземлення.

1.10. Мережі електроживлення поділяють на: електромережі з використанням глухозаземленої нейтралі та електромережі з ізольованою нейтраллю живильного трансформатора. У мережах електроживлення з використанням ізольованої нейтралі використовують захисне заземлення або пристрої захисного відключення.

1.11. Металеві неструмопровідні конструктивні частини електрообладнання, що не перебувають під напругою, але можуть опинитися під напругою відносно землі у випадку пошкодження ізоляції електропроводки, забезпечують захисним заземленням (зануленням).

Заземлення (використання захисного РЕ-провідника) — це навмисне з'єднання будь-якої частини електрообладнання із заземлювачем, призначене для зменшення напруги на корпусі електротехнічного пристрою (у разі замикання на нього струму), напруги дотику або крокової напруги у зоні розтікання цього струму.

1.12. До конструктивних частин електрообладнання, що підлягають заземленню, належать:

- металеві корпуси електричних машин, трансформаторів, апаратів, світильників;
- металеві каркаси розподільчих щитів, щитків, шаф;
- металеві кабельні конструкції, сталеві труби електропроводки, броня кабелів;
- металеві корпуси пересувних і переносних електротехнічних пристроїв;
- металева обв'язка конструктивних елементів приміщень.

1.13. Заземлення виконують окремим провідником (РЕ-провідником), один кінець якого через відповідний контакт ввідного штепсельного з'єднання та за

допомогою корпусного болта електрощита з'єднують із зовнішнім заземлювальним пристроєм (контуром заземлення).

Не допускається:

- використовувати заземлювальний провідник з іншою метою, крім заземлення;
- використовувати для заземлення будь-які інші провідники, не призначені для цього;
- приєднувати заземлювальні провідники шляхом скручування проводів.

1.14. Прокладені відкрито заземлювальні провідники, усі конструктивні елементи мережі заземлення мають бути без ізоляції та пофарбовані у чорний колір. Заземлювальні провідники в сухих приміщеннях, що не містять їдких парів і газів, допускається прокладати безпосередньо по стінах приміщення. У вологих і особливо вологих приміщеннях заземлювальні провідники прокладають на відстані не менше ніж 10 мм від стін. Заземлювальні провідники захищають від механічного пошкодження.

1.15. В електромережах з глухозаземленою нейтраллю напругою до 1 кВ як основний засіб захисту використовують захисне занулення.

Захисне занулення (використання захисного PEN-провідника) — це навмисне з'єднання корпусу електротехнічного пристрою з глухозаземленою нейтраллю. Дія захисного занулення полягає у тому, що при пошкодженні ізоляції та виникненні напруги на корпусі електрообладнання воно викликає коротке замикання в одній із фаз живильного трансформатора через нульовий провід (PEN-провідник), у результаті чого пошкоджена частина електрообладнання автоматично вимикається. Під дією електричного струму короткого замикання спрацьовує автомат або плавка вставка запобіжника, внаслідок чого вимикається пошкоджена ділянка і тим самим ліквідується небезпечний потенціал на корпусі електрообладнання.

1.16. Занулення виконують шляхом з'єднання нульового проводу живильного електрокабелю, приєднаного за допомогою ввідного штепсельного

з'єднання і корпусного болта ввідної панелі до болта з'єднаної із заземленням нульової шини. Підключення заземлювального провідника до металевого корпусу електрообладнання та нульового проводу виконується надійним болтовим з'єднанням (з контргайкою або стопорною шайбою).

1.17. Заземлення електрообладнання, яке дуже часто демонтується або встановлене на рухомих частинах, виконують за допомогою гнучких провідників, що розміщуються у загальній зовнішній оболонці разом із заземлювальним провідником.

1.18. У місцях введення заземлювальних провідників у приміщення будівлі або споруди мають бути розміщені розпізнавальні знаки.

1.19. У місцях проходів і на робочих місцях електрокабелів підвішують на висоті не менше ніж 2,5 м, захищають від дії тепла, вологи, мастила та інших шкідливих речовин або улаштовують у тимчасовий канал (лоток). У місцях проходів електропроводи підвішують на висоту не менше ніж 3,5 м, у місцях проїзду — не менше ніж 6 м.

1.20. Параметри ізоляції електрообладнання та засобів електрозахисту, а також параметри заземлювальних пристроїв електрообладнання підлягають періодичним вимірюванням спеціалізованою електротехнічною лабораторією.

1.21. Не дозволяється використовувати для обігріву приміщень саморобні електронагрівальні пристрої, електрообігрівачі з відкритими спіралями та лампи розжарювання.

1.22. Приміщення електроустановки комплектують інвентарним засобом пожежної безпеки (наприклад, вуглекислотним вогнегасником), який встановлюють на видному і доступному місці.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Перед початком роботи необхідно впевнитися, що у робочій зоні:

- ізоляція електропроводів (кабелю) не має видимих пошкоджень і доступних для доторкання оголених місць;

- у місцях вводу електропроводів у електрообладнання ввідна арматура надійно закріплена і захищена від механічних пошкоджень;
- вимикачі, розетки, рубильники, пульти управління надійно закріплені, закриті кожухами і кришками, забезпечують вмикання і вимикання, відсутність іскріння і нагрівання місць контактів;
- біля пульта, електрощита управління і механізму з електрообладнанням на підлозі лежить дерев'яний настил, а в умовах підвищеної вологості — діелектричний килимок;
- електрообладнання забезпечене справними блокувальними, регулювальними і сигнальними пристроями;
- електрообладнання має надійне з'єднання з пристроями для занулення (заземлення);
- у місцях контакту з металевими конструкціями пересувного механізму електрокабель прикріплено до нього з використанням еластичних діелектричних підкладок.

2.2. Перед початком роботи необхідно перевірити:

- відсутність зовнішніх пошкоджень електроустановки, наявність і справність контрольних, вимірювальних і сигнальних приладів, перемикачів, перемикачів і т. п.;
- цілісності кришок електророзеток і вимикачів, електровилки і силового електрокабеля;
- наявність і справність засобів індивідуального захисту, відсутність їх зовнішніх пошкоджень.

3. Вимоги безпеки під час роботи

3.1. Електротехнічні пристрої експлуатують відповідно до вимог інструкцій з їх експлуатації та умов навколишнього середовища.

3.2. Під час роботи з електрообладнанням забороняється:

3.2.1. Виконувати роботу біля відкритих струмовідних частин, що перебувають під напругою, біля струмовідних частин в обмежених умовах та недостатньо освітлених місцях.

3.2.2. Відкривати приміщення (шафи, ящики), в яких розміщено електротехнічні пристрої, та захищати доступи до них; вмикати електротехнічні пристрої, що не використовуються.

3.2.3. Вмикати рубильники і кнопки сторонніми предметами; виконувати ремонт або заміну електрообладнання; встановлювати додаткові розетки; замінювати електрозапобіжники та електролампи.

3.2.4. Наступати на тимчасово прокладений у місцях проходу електрокабель; торкатися до обірваних оголених електропроводів або електропроводів з пошкодженою ізоляцією, клем, шин та інших неізольованих частин електрообладнання.

3.2.5. Користуватися рубильником, вимикачем, пускачем, кнопкою та іншою електроарматурою зі знятою кришкою, несправними з'єднувальним шнуром, штепсельною вилкою (розеткою).

3.2.6. Класти робочий інструмент, ганчірки та інші вогнебезпечні предмети на діюче електрообладнання.

3.2.7. Лити воду на електрообладнання та витирати вогкою ганчіркою освітлювальні пристрої (електролампи); витирати пил з електрообладнання та мити його корпус допускається за умови відключення обладнання від електроживлення.

3.2.8. Залишати без нагляду ввімкнені виробничі електротехнічні пристрої та допускати перевантаження розетки.

3.2.9. Виконувати роботи з ручним електроінструментом класу I у приміщеннях підвищеної небезпеки (підвали, котельні тощо).

3.3. Під час роботи з електрообладнанням необхідно дотримуватися таких правил:

3.3.1. Стежити, щоб увідний електрокабель не перекручувався і був захищений від пошкоджень.

3.3.2. Не використовувати саморобні або пошкоджені електроподовжувачі.

3.3.3. Тримати ручний електроінструмент за призначений для цього конструктивний елемент (рукоятку).

3.3.4. Робити перерви в роботі для запобігання перегріву ручного електроінструмента, дотримуючись передбаченого заводом-виробником режиму роботи електроінструмента (правил його використання).

3.3.5. Не передавати виробничий електротехнічний пристрій сторонній особі.

3.4. У приміщеннях без підвищеної небезпеки допускається використовувати електрообладнання напругою до 380 В, у приміщеннях з підвищеною небезпекою — до 42 В.

Як виняток, у приміщеннях з підвищеною небезпекою допускається використовувати виробничі електротехнічні пристрої змінного струму напругою понад 42 В за наявності пристрою захисного відключення або надійного заземлення корпусу електротехнічного пристрою з обов'язковим використанням засобів електрозахисту (діелектричні рукавиці, боти, килимок).

4. Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1. Електрообладнання, що використовувалось, за допомогою вимикача відключити від електроживлення, а потім вимкнути рубильник на загальному електрощиті.

4.2. Вимкнути всі види освітлення (крім чергового) у приміщенні, де роботи завершено.

4.3. Не залишати без нагляду ввімкнені електронагрівальні пристрої.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У разі виявлення несправності електрообладнання відключити його від електроживлення, а за неможливості відключення — вжити заходів щодо попередження випадків доступу людей у небезпечну зону. Про несправність

електрообладнання повідомити керівника робіт, іншу відповідальну особу або електротехнічний персонал підприємства.

5.2. У разі виявлення контакту із землею будь-якої струмовідної частини електрообладнання або обірваних проводів лінії електропередачі не наближатися до місця пошкодження (без спеціальних засобів електрозахисту) у закритих приміщеннях на відстань ближче ніж 4 м, у відкритих приміщеннях — на 8 м; викликати аварійну службу та забезпечити огороження (охорону) місця знаходження обірваного електропроводу до прибуття електротехнічного персоналу (аварійної служби).

5.3. У разі ураження електричним струмом можливі такі травми: опіки тіла, осліплення (внаслідок ураження очей), електроліз крові, розрив тканин, параліч нервової системи тощо. Найбільш небезпечним для людини є електричний удар від проходження струму через тіло. Електричний удар, як правило, супроводжується втратою свідомості, судомами, частковою або повною зупинкою дихання і серцевої діяльності. Чим довше людина перебуває під дією електроструму, тим важча нанесена травма. Позитивний результат при наданні першої допомоги потерпілому залежить від швидкості його звільнення від дії електричного струму.

5.4. Звільнення потерпілого від дії електричного струму проводять різними способами, однак основним з них є швидке відключення найближчим вимикачем, рубильником або іншим апаратом тієї частини електрообладнання, якої торкається потерпілий.

5.5. Якщо неможливо швидко відключити електрообладнання, слід відтягнути потерпілого від струмовідних частин, яких він торкається. Під час звільнення потерпілого від дії електричного струму той, хто надає допомогу, вживає заходів безпеки, щоб самому не потрапити під напругу внаслідок доторкання до струмовідних частин або тіла потерпілого.

У разі ураження напругою до 1 кВ потерпілого можна звільнити, відтягнувши його від струмовідної частини за одяг, якщо він сухий і відстає від тіла. При цьому не слід торкатися тіла потерпілого, його вологого одягу (взуття), навколишніх заземлених предметів. Потім ізолювати руки, одягнувши

діелектричні рукавиці або обмотати руки сухою тканиною. Після цього відкинути електропровід від потерпілого сухою дошкою або палицею достатньої довжини та перерубати провід сокирою з сухою дерев'яною рукояткою. В усіх цих випадках необхідно підкласти собі під ноги дошку або інші неелектропровідні матеріали для захисту від крокової напруги.

5.6. Якщо потерпілий потрапив під напругу, перебуваючи на висоті, то одночасно з ужиттям заходів щодо вимкнення електричного струму слід попередити його падіння з висоти, що може призвести до травмування. Для цього вжити заходів безпеки: у разі перебування потерпілого на невеликій висоті слід самостійно або з чиеюсь допомогою прийняти його на руки, в іншому разі одній з осіб, які надають допомогу, необхідно піднятися до потерпілого, утримати його від падіння і допомогти спустити вниз (попередньо натягнути брезент, ковдру, іншу міцну тканину або підкласти підручний м'який матеріал).

5.7. У разі ураження напругою понад 1 кВ дії зі звільнення потерпілого від струму є більш небезпечними, тому ці роботи проводять у діелектричних рукавицях та гумових ботах з використанням ізоляційної штанги. За відсутності вказаних засобів електрозахисту слід негайно відключити електрообладнання. Як виняток, аварійне відключення можна провести, накинувши на відкриту частину лінії електропередачі неізольований провід достатньої для короткого замикання довжини (без утримання проводу в руках).

5.8. Після звільнення від дії електричного струму потерпілому надається перша долікарська допомога залежно від його стану відповідно до Інструкції з надання першої долікарської допомоги. Не можна закопувати потерпілого в землю, оскільки це може призвести до його переохолодження і смерті.

5.9. Електрообладнання у приміщенні, де виникло загорання (незалежно від причин загорання), необхідно негайно відключити від електроживлення. Під час гасіння загорань (пожежі) електрообладнання, якщо воно не відключене від електромережі та не перевірене на відсутність напруги, слід використовувати не воду і пінний вогнегасник, а вуглекислотний вогнегасник, сухий пісок та грубошерсту тканину.

5.10. Помітивши загорання, почати гасити пожежу наявними засобами пожежогасіння з урахуванням можливих шляхів її поширення. Якщо погасити пожежу своїми силами неможливо, негайно викликати по телефону (101) або за допомогою інших засобів зв'язку пожежно-рятувальну службу, при цьому вказати адресу об'єкта, кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку, наявність людей та повідомити своє прізвище.

3.3 Порядок евакуації відвідувачів із ремонтно-механічного цеху

На об'єктах з постійним або тимчасовим перебуванням 100 і більше осіб або таких, що мають хоча б одне окреме приміщення з одночасним перебуванням 50 і більше осіб (далі - об'єкти з масовим перебуванням людей), у будинках та спорудах, які мають два поверхи і більше, у разі одночасного перебування на поверсі більше ніж 25 осіб, а для одноповерхових - більше ніж 50 осіб мають бути розроблені та вивішені на загальнодоступних місцях плани (схеми) евакуації людей. План (схеми) евакуації затверджується керівником енергетичного підприємства (уповноваженою особою) та погоджується з керівником СПБ і структурним підрозділом територіального органу ДСНС України.

На об'єктах з масовим перебуванням людей на додаток до схематичного плану евакуації має бути розроблена та затверджена керівником інструкція, що визначає дії персоналу щодо забезпечення безпечної та швидкої евакуації людей, за якою не рідше ніж один раз на півроку мають проводитися практичні тренування всіх задіяних працівників. Для об'єктів, де передбачається перебування людей уночі, інструкції мають визначати також дії у нічний час

Вимоги до утримання евакуаційних шляхів і виходів енергетичних підприємств:

1) евакуаційні шляхи й виходи мають бути вільними, не зашарашуватися і забезпечувати безпеку під час евакуації усіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд;

2) у приміщенні, яке має один евакуаційний вихід, дозволяється одночасне перебування не більше ніж 50 осіб;

3) двері на шляхах евакуації мають відчинятися у бік виходу з будівель (приміщень);

4) на сходових майданчиках дозволяється встановлювати прилади опалення на висоті 2,2 м та вище від поверхні проступів та сходових майданчиків, сміттєпроводи, поверхові сумісні електроштити, поштові скриньки та пожежні кран-комплекти за умови, що це обладнання не зменшує нормативної ширини проходу сходовими майданчиками та маршами;

5) сходові майданчики, внутрішні відкриті та зовнішні сходи, коридори, проходи та інші шляхи евакуації мають бути забезпечені евакуаційним освітленням відповідно до вимог ПУЕ, світильники мають вмикатися з настанням сутінків у разі перебування в будівлі людей.

Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, мають постійно освітлюватися електричним світлом;

6) світлові покажчики «ВИХІД» мають бути справними та увімкненими на весь час перебування людей;

7) не допускається:

влаштовувати на шляхах евакуації пороги, виступи, турнікети, розсувні та підйомні двері, такі двері, що обертаються, та інші пристрої, які перешкоджають вільній евакуації людей;

захаращувати шляхи евакуації меблями, обладнанням, різними матеріалами та готовою продукцією, навіть якщо вони не зменшують нормативну ширину;

забивати, заварювати, замикати на навісні замки, болтові з'єднання та інші запори, що важко відчиняються, зовнішні евакуаційні двері будівель;

застосовувати на шляхах евакуації горючі матеріали для облицювання стін і стелі, а також сходів та сходових майданчиків;

розташовувати в тамбурах виходів гардероби, вішалки для одягу, сушарні, торговельні кіоски, а також зберігати будь-який інвентар та матеріали;

влаштувати у межах сходових майданчиків приміщення будь-якого призначення;

розміщувати в загальних коридорах комори й шафи, за винятком шаф для інженерних комунікацій, зберігати в шафах (нішах) для інженерних комунікацій горючі матеріали, а також інші сторонні предмети;

знімати двері вестибюлів, холів, тамбурів і сходових майданчиків;

замінити (знімати) скло, що не дає скалок у разі руйнування (армоване, загартоване та інше), на звичайне у дверях та фрамугах;

знімати пристрої для самозачинення дверей сходових майданчиків, коридорів, холів, тамбурів тощо, а також фіксувати та залишати двері, що самозачиняються, відкритими;

зменшувати нормативну площу фрамуг у зовнішніх стінах сходових майданчиків або закладати їх;

розвішувати на стінах сходових майданчиків дзеркала, стенди, панно тощо.

Інструкція про дії персоналу щодо забезпечення безпечної та швидкої евакуації людей на випадок пожежі в приміщеннях будівель ТОВ «ССЦ»

Повідомлення та оповіщення про пожежу.

1. Після виявлення або отримання повідомлення про пожежу негайно повідомити про це пожежну охорону за номером 101. При цьому слід назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище.

2. Негайно оповістити про пожежу:

- наявними засобами оповіщення ** – весь персонал, що знаходиться у будівлі, що горить;

- по телефонній мережі**:

1) Начальника виробництва, заступника начальника виробництва.

Підготовка до евакуації.

1. Усунути перешкоди на шляхах евакуації.

2. Відкрити та зафіксувати двері назовні.

3. Закрити двері з кабінетів та з коридорів у сходові клітини (після звільнення їх від персоналу).

4. Евакуацію розпочати в першу чергу з поверху, де виникла пожежа, а також поверхів, що розташовані вище.

Евакуація персоналу.

1. Негайно найкоротшим шляхом вивести співробітників з усіх приміщень будівлі.

2. Загальну евакуацію персоналу з будівель проводити за вказівкою директора або його заступника. У разі прямої загрози безпеці людей - евакуацію проводити негайно, не очікуючи вказівок.

3. Забезпечити організовану евакуацію, запобігати виникненню паніки.

4. Відвести евакуйованих на безпечну відстань від будівлі, що горить, зібрати евакуйованих на тротуарі біля адміністративної будівлі, виробничих будівель.

Звірка евакуйованих за списком.

1. Збір евакуйованих (шикування) на майданчику біля адміністративної будівлі або біля виробничих будівель.

2. Проведення поіменної звірки евакуйованих (згідно списків). Виявлення працівників, що відсутні, встановлення їх можливого місця знаходження*.

Примітка: * - у разі виявлення відсутності будь-якого співробітника і неможливості зв'язатися з ним по мобільному каналу зв'язку, негайно з'ясувати, хто і де його востаннє бачив та поінформувати про це керівника гасіння пожежі.

Евакуація матеріальних цінностей.

Організувати евакуацію матеріальних цінностей з приміщень, де виконання таких робіт не несе прямої загрози життю і здоров'ю персоналу*, в першу чергу:

- документів та матеріалів;

- печаток і штампів;

- готівки;
- свідоцтв, актів, договорів, обліково-бухгалтерської та іншої службової документації;
- неважких матеріальних цінностей, комп'ютерів і оргтехніки тощо;
- особистих речей персоналу.

Примітка: * - персонал не допускається до виконання робіт з евакуації матеріальних цінностей до приміщень, які охоплені пожежею, задимлені (евакуаційний вихід знаходиться поза межами видимості та/або спостерігаються забруднення повітря токсичними продуктами горіння), в них відбулось значне збільшення температури, спостерігаються зміни у поведінці будівельних конструкцій, має місце небезпека ураження електричним струмом.

Інструкція до плану евакуації персоналу з поверху

В разі отримання сигналу про початок евакуації в зв'язку з виникнення пожежі або не чекаючи отримання такого сигналу в разі самотійного виявлення пожежі, загоряння або задимлення персонал ТОВ «ССЦ»

ЗОБОВ'ЯЗАНИЙ:

1. Довести інформацію про необхідність евакуації з будівлі до інших працівників, які перебувають на поверсі.
2. Вимкнути електроживлення побутової, комп'ютерної та іншої офісної техніки, освітлення в кабінетах.
3. Вдягнутись, взяти особисті документи та речі. Забороняється проводити евакуацію матеріальних цінностей одночасно з проведенням евакуації персоналу.
4. Закрити відчинені віконні отвори.
5. Спокійно, без паніки покинути службове приміщення, закривши за собою двері.
6. Слідувати до найближчого евакуаційного виходу (сходової клітини).
7. Не скупчуватись та без потреби не зупинятись на шляхах евакуації.
8. Не загроможувати, не захаращувати та не блокувати шляхів евакуації.

9. В ході евакуації не залишатись на інших поверхах, виходити з будівлі назовні.

10. Для збору евакуйованих встановлений майданчик біля будівлі адміністративно-побутового корпусу, для виробничих приміщень – майданчик складу силікатної цегли.

11. В разі наявності інформації про осіб, які залишились або могли залишитись у будівлі повідомити про це своїх безпосередніх керівників або посадову особу пожежного підрозділу, який прибув на гасіння пожежі.

12. В разі неможливості самостійно покинути службове приміщення:

- закрити двері у коридор, герметизувати їх за допомогою підручних засобів;

- відкрити вікна назовні для допуску у приміщення свіжого повітря;

- подавати сигнали про необхідність допомоги за допомогою телефонного зв'язку та голосом через відкриті вікна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Приступа М., Булгакова М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація. – Рівне: 2011. – 48 с.
2. Енергетичний менеджмент/ А.В. Праховник, А.И. Соловей, В.В. Прокопенко й ін. – К.: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.
3. Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства: Учебник для вузов. – 2-е изд. – СПб.: Политехника, 2007. – 423 с.
4. Соловей О.І., Праховник А.В., Іншеков Є.М. та ін. Від виробництва до ефективного споживання енергії: Навчальний посібник. – К.: Нот. ф-ка, 1999. – 400 с.
5. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
6. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987.- 576с.