

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ

Електричної інженерії та кіберфізичних систем

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергоефективності ливарного цеху АТ «Мотор Січ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1412

спеціальності 141 Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Полежаєв Є.В.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц., Башлій С.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент д.т.н., проф., Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2023


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень _____
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.

 В.Л. Коваленко

« _____ » 2023 року

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


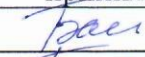

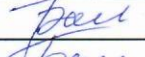
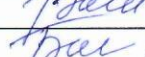
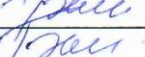
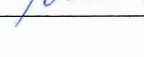

Полежаєву Євгенію Владиславовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи Підвищення енергоефективності ливарного цеху АТ «Мотор Січ»
керівник роботи Башлій С.В., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 639 - с
- 2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до роботи Співвідношення витрат ливарного цеху АТ «Мотор Січ» на енергоносії: електрична енергія на основне обладнання – 26%, нагрів повітря на потреби технології – 19,36%, природний газ – 37,22%, пара технологічна – 9%.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз ефективності системи енергоспоживання АТ «Мотор Січ» 2) Визначення доцільності утилізації теплової енергії відхідних газів термічного устаткування ливарного цеху АТ «Мотор Січ» 3) Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження комбінованої системи теплопостачання 4) Охорона праці та техногенна безпека
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1) Співвідношення витрат ливарного цеху АТ «Мотор Січ» на енергоносії

2) План ливарного цеху 3) Загальний вигляд печі 4) Схема котла-утилізатора
 5) Схема системи енергозабезпечення на базі вторинних ресурсів 6) Планування експерименту 7) Техніко - економічні показники

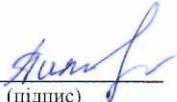
6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Башлій С.В., к.т.н., доцент		
Розділ 2	Башлій С.В., к.т.н., доцент		
Розділ 3	Башлій С.В., к.т.н., доцент		
Розділ 4	Башлій С.В., к.т.н., доцент		

7 Дата видачі завдання 01.09.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз ефективності системи енергоспоживання АТ «Мотор Січ»	30.09.2023	
2	Визначення доцільності утилізації теплової енергії відхідних газів термічного устаткування ливарного цеху АТ «Мотор Січ»	30.10.2023	
3	Техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження комбінованої системи тепlopостачання	19.11.2023	
4	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2023	

Студент  С.В. Полежаєв
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи  С.В. Башлій
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  І.І. Бандуренко
 (підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Полежаєв Є.В. Підвищення енергоефективності ливарного цеху АТ «Мотор Січ».

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник С.В. Башлій. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

У дослідженні виконано аналіз системи енергоспоживання АТ "Мотор Січ", зокрема, у ливарному цеху. Запропоновано заходи з енергозбереження для цього об'єкта, враховуючи економічну доцільність їх впровадження. Визначено структуру та послідовність впровадження запропонованих заходів. За допомогою розрахункового експерименту методом перебору, використовуючи критерій мінімізації собівартості, встановлено оптимальне співвідношення між джерелами енергії.

Ключові слова: ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ

ABSTRACT

Polezhaev E.V. Improving the energy efficiency of the foundry of Motor Sich JSC.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor S.V. Bashliy. Zaporizhzhya National University, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2023.

The study analyzes the energy consumption system of Motor Sich JSC, in particular, in the foundry. Energy saving measures for this object are proposed, taking

into account the economic feasibility of their implementation. The structure and sequence of implementation of the proposed measures are determined. With the help of a computational experiment by the enumeration method, using the criterion of minimizing the cost, the optimal ratio between energy sources was established.

Keywords: ENERGY SAVING MEASURES, ENERGY CONSUMPTION, ELECTRICITY, SECONDARY ENERGY RESOURCES

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз системи забезпечення енергією АТ «Мотор Січ».....	11
1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження	11
1.2 Аналіз споживання енергії підприємством.....	23
1.3 Аналіз енергоспоживання ливарного виробництва	29
1.4 Утилізації теплової енергії з газів, що відходять з теплового обладнання ливарного виробництва.....	38
1.5 Запропоновані заходи щодо підвищення ефективності системи теплопостачання.....	41
2 Визначення доцільності утилізації теплової енергії обладнання на прикладі «Мотор Січ».....	44
2.1 Розрахунок теплового навантаження цеху.....	44
2.2 Утилізація теплової енергії з газів, що відходять з ливарного обладнання.....	47
2.3 Розрахунок комбінованої системи теплопостачання	56
3 Техніко-економічне обґрунтування проектів впровадження системи теплопостачання.....	63
3.1 Розрахунок оптимальних співвідношень між джерелами тепла комбінованої системи.....	63
3.2 Розрахунок економічних показників проекту утилізації теплової енергії з газів, що відходять від обладнання.....	70
3.3 Розрахунок економічних показників реалізації запропонованих заходів в умовах ливарного виробництва АТ «Мотор Січ».....	73
4 Охорона праці та техногенна безпека.....	75
4.1 Аналіз потенційних і шкідливих чинників виробничого середовища.....	76
4.2 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії.....	76

4.2.1 Природне і штучне освітлення	78
4.2.2 Санітарно - побутові приміщення	80
4.2.3 Шум і вібрація	80
4.3 Заходи з поліпшення умов праці	81
4.4 Заходи з поліпшення умов праці	83
4.5 Засоби індивідуального захисту.....	85
4.6 Інженерні рішення щодо забезпечення умов роботи з точки зору електробезпеки	86
4.7 Пожежна безпека.....	91
4.8 Охорона навколишнього середовища.....	93
Висновки	94
Перелік посилань	95

ВСТУП

Машинобудування визнається ключовою галуззю, яка визначає розвиток всієї промисловості та впливає на продуктивність праці та рівень життя. У сучасному світі машинобудування об'єднує багато галузей та виробництв, зокрема, електротехнічну промисловість.

В електротехнічній галузі України спостерігається важкий період. Високі витрати на енергоресурси та їх неефективне використання призводять до серйозних збитків на підприємствах. Це викликає зростання собівартості продукції та зменшення її конкурентоспроможності порівняно з іноземними аналогами. У зусиллях компенсувати ці труднощі підприємства вдаються до скорочення виробництва, зменшення заробітної плати та звільнення працівників, що негативно впливає на економіку країни в цілому [1].

Виходячи з цього, можна припустити, що вихід з ситуації, що склалася, слід шукати на самому підприємстві. Компанія не може впливати на цінову політику енергоносіїв, але здатна змінювати та адаптувати своє виробництво до умов сучасної економіки.

Цього можна досягти шляхом заміни обладнання, яке вичерпало свій енергетичний потенціал, розробки нових технологій виробництва, підвищення ефективності систем електропостачання на підприємстві.

Основні напрямки політики енергозбереження в машинобудуванні пов'язані з удосконаленням існуючих технологій та обладнання, оптимізацією режимів роботи та коефіцієнта завантаження основного технологічного обладнання.

До основних видів енергії, споживаної цією галуззю, відносяться електрична енергія, теплова і хімічна енергія твердого, рідкого і газоподібного палива, теплова енергія пари і гарячої води, механічна енергія.

Об'єктом дослідження є система утилізації теплової енергії, відпрацьованих газів теплового обладнання ливарного цеху АТ «Мотор Січ»

Предметом дослідження є процес виробництва теплової енергії з вторинних енергоресурсів АТ «Мотор Січ»

Метою дослідження є визначення можливості зниження обсягів споживання електроенергії ливарного цеху АТ «Мотор Січ» за рахунок вторинних теплових енергоресурсів.

Метою роботи є дослідження джерел відпрацьованого тепла ливарного цеху зазначеного підприємства та визначення можливості його використання для технологічних та інших потреб; пропонувати енергозберігаючі заходи на об'єкті, виходячи з економічної доцільності їх реалізації; визначити структуру і послідовність реалізації запропонованих енергозберігаючих заходів, а також розрахувати оптимальне співвідношення їх теплової потужності; Визначити економічні показники комбінованої системи рекуперації тепла.

Різні види ресурсів використовуються як рушійна сила, в технологічних процесах, для опалення, освітлення, вентиляції, побутових потреб тощо.

Одним з основних видів продукції, що випускається електротехнічною промисловістю України, є різні модифікації трансформаторів.

При виготовленні даного виду продукції використовується пар у великих обсягах. Виробництво пари є енергоємним процесом. Це пов'язано з великими втратами енергії при його виробництві.

Сьогодні гостро стоїть проблема раціонального використання енергії. Це пов'язано з бажанням знизити паливну складову в собівартості продукції компанії. Значна економія палива може бути досягнута за рахунок утилізації та використання перероблених енергетичних ресурсів (ER).

Димові гази, що утворюються при згорянні палива, називаються НЕФ.

Димові гази з високою температурою викидаються в атмосферу. Така ситуація призводить до значних втрат теплової енергії і, як наслідок, до переспоживання природного газу. Тепло димових газів, що виходять з печі, можна частково використовувати, якщо на їх шляху встановити рекуператор.

Нагрівання води у вигляді відпрацьованого тепла дозволяє економити паливо і підвищує ефективність роботи печі. Гаряча вода з рекуператора тепла

може бути спрямована не тільки в цех, але і на різні побутові потреби, що в свою чергу знизить споживання теплової енергії.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГІЄЮ АТ «МОТОР СІЧ»

1.1 Коротка характеристика об'єкта дослідження

В даний час АТ «Мотор Січ» є одним з провідних підприємств країни з виробництва авіаційної та цивільної енергетичної продукції. Компанія має добре розвинену виробничу інфраструктуру, яка включає в себе чотири дочірніх і чотири філії. В останні роки спостерігається стійке зростання обсягів виробництва. Згідно з таблицею 1.1, у 2022 році порівняно з 2023 роком авіаційна продукція подорожчала у 3,35 раза, цивільна продукція – у 2,3 рази, товари народного споживання – у 3,75 рази.

В даний час на підприємстві взяті напрямки, спрямовані на вирішення комплексної проблеми підвищення конкурентоспроможності продукції, значного збільшення обсягів її реалізації на світових ринках, зниження енергоємності продукції за рахунок створення нових виробничих потужностей за рахунок впровадження високопродуктивного і енергоефективного обладнання та передових технологій.

Таблиця 1.1 – Обсяги виробництва товарної продукції в 2023 і 2022 роках (по основному підприємству).

Немає/N	Види виробів	Одиниці вимірювання	Обсяги виробництва за поточними цінами	
			2022 р.	2023 р.
1	Авіаційна продукція	тис.грн.	855174	2864942,7
2	Цивільна продукція	–	44563	104021,4
3	Споживчі товари та послуги	–	30751	227995,6
	Просто	–	930497	3196959,7

До складу основного підприємства входять заготівельні (чавунне і кольорове лиття, ковальсько-штампувальний, зварювальний та інші) цехи, металообробний, термічний, гальванічний, складальний, контрольно-випробувальний цехи, допоміжний, адміністративний і комунальний підрозділи. Підприємство має повний цикл виробничого процесу з виготовлення продукції машинобудування та металообробки.

Основна технологічна схема процесів виробництва продукції АТ «Мотор-Січ» характерна для машинобудівних підприємств і включає в себе наступні основні операції: заготівля, кування, ливарне виробництво, зварювання, термічна обробка, всі види механічної обробки, процеси гальванічного і термічного нейтралізації, слюсарні роботи, монтаж і складання окремих вузлів і обладнання в цілому, регулювання, випробування, контроль і маркування. Робота допоміжних цехів і відділів здійснюється по забезпеченню виробничих цехів стисненим повітрям, тепло-електроенергією та іншими видами енергоносіїв необхідних параметрів, а також по виконанню робіт з технічного обслуговування основного виробництва.

Одним з основних енергоємних цехів підприємства є ливарний цех. Структура ливарного цеху підприємства складається з типових секцій No 1, 2; виробничі дільниці No 1, 2, 3; Лабораторія; офіси, цехи та виробничі приміщення.

Ливарні цехи розташовуються в структурі машинобудівних підприємств і виробляють виливки для власних потреб. Спеціалізація ливарного виробництва підприємства:

- виробництво виливків з алюмінієвих і магнієвих сплавів для машинобудування і товарів народного споживання (FMCG);
- виготовлення лопатей, секторів і соплових пристроїв, фасонних виливків з жароміцних сталей для двигунобудування;
- виробництво чавунних і сталевих виливків для ВНС.

На підприємстві використовується широкий спектр технологічних процесів виробництва виливків: лиття в піщано-глиняну форму; Газифіковане лиття; лиття по виплавленій ціні; лиття під тиском; відцентрове лиття; Лиття під тиском.

Зважування виготовлених виливків: чавун від 0,1 до 500 кг; сталь від 0,0155 до 4 кг; з кольорових сплавів від 0,1 до 100 кг.

Суть ливарного виробництва полягає в отриманні рідкого, тобто плавленого сплаву, нагрітого вище $t^{\circ}\text{C}$ необхідного складу і якості і заливці його в заздалегідь підготовлену форму. При охолодженні він застигає і в твердому стані зберігає конфігурацію порожнини, в яку був залитий. В процесі кристалізації і охолодження сплаву формуються основні механічні та експлуатаційні властивості виливки, які визначаються макро- і мікроструктурою сплаву, його щільністю, наявністю і розташуванням в ньому неметалічних включень, розвитком внутрішніх напружень у виливці, викликаних неодноразовим охолодженням його деталей, Тощо.

Ливарна технологія може бути реалізована різними способами. Весь цикл ливарного виробництва складається з ряду основних і допоміжних операцій, що виконуються як паралельно, так і послідовно в різних цехах ливарного цеху. Моделі, стрижневі коробки та інше обладнання виготовляють, як правило, в модельних цехах [5,6,7].

У більшості випадків одноразова форма для піску складається з двох напівформ: верхньої і нижньої, які отримують шляхом ущільнення формувального піску навколо відповідних частин (верхньої і нижньої) дерев'яної або металевої моделі в спеціальних металевих каркасах. Модель відрізняється від ливарної моделі своїми габаритами, наявністю формувальних укосів, що полегшують виймання моделі з форми, і знаковими деталями, призначеними для установки стрижня, що утворює внутрішню порожнину (отвір) у виливку. Стрижень виготовляється з суміші, наприклад, піску, окремі зерна якого скріплюються спеціальними фіксаторами (сполучними речовинами) при сушінні або хімічному твердінні.

У верхній напівформі за допомогою відповідних моделей виконані воронка і система каналів, по яких ливарний сплав надходить в порожнину форми з ковша, а додаткові порожнини - прибуток.

Після ущільнення суміші з напівформ виймають моделі самої виливки, системи заливки і прибутку. Потім в нижню напівформу поміщають стрижень і накривають верхньою напівформочкою. Необхідна точність з'єднання забезпечується штифтами і втулками в колбах. Перед заливкою сплаву, щоб уникнути підняття верхньої половини форми з рідким розплавом, колби скріплюють між собою спеціальними скобами або ставлять на верхню колбу вантаж.

Одноразові форми для піску виробляють ~80% від загального обсягу виробництва виливків. Однак точність і чистота їх поверхні, умови роботи, техніко-економічні показники не завжди відповідають вимогам сучасного виробництва.

У зв'язку з цим все більшого поширення набувають спеціальні способи лиття: лиття під тиском, тиск, відцентровий спосіб, вакуумне відсмоктування та ін. Одними і тими ж методами можуть бути виготовлені виливки різних розмірів, складності і призначення зі сплавів, що істотно відрізняються за своїми властивостями.

До формувальних матеріалів відносяться всі матеріали, які використовуються для виготовлення одноразових форм і стрижнів. Розрізняють вихідні формувальні матеріали і формувальні піски.

Основною сировиною для більшості одноразових форм є пісок і глина, допоміжними матеріалами є сполучні речовини:

- 1) антипригарні;
- 2) підвищують газопроникність, ковкість і пластичність суміші;
- 3) зменшують адгезійну здатність сумішей.

Процентний вміст і якість компонентів в суміші залежить від типу лиття (сталь, чавун).

Залежно від призначення піски поділяються на формувальні, кернові піски і допоміжні піски.

Правильний вибір формувальних сумішей в ливарному виробництві дуже важливий, так як формувальні піски впливають на якість одержуваних виливків [5-8].

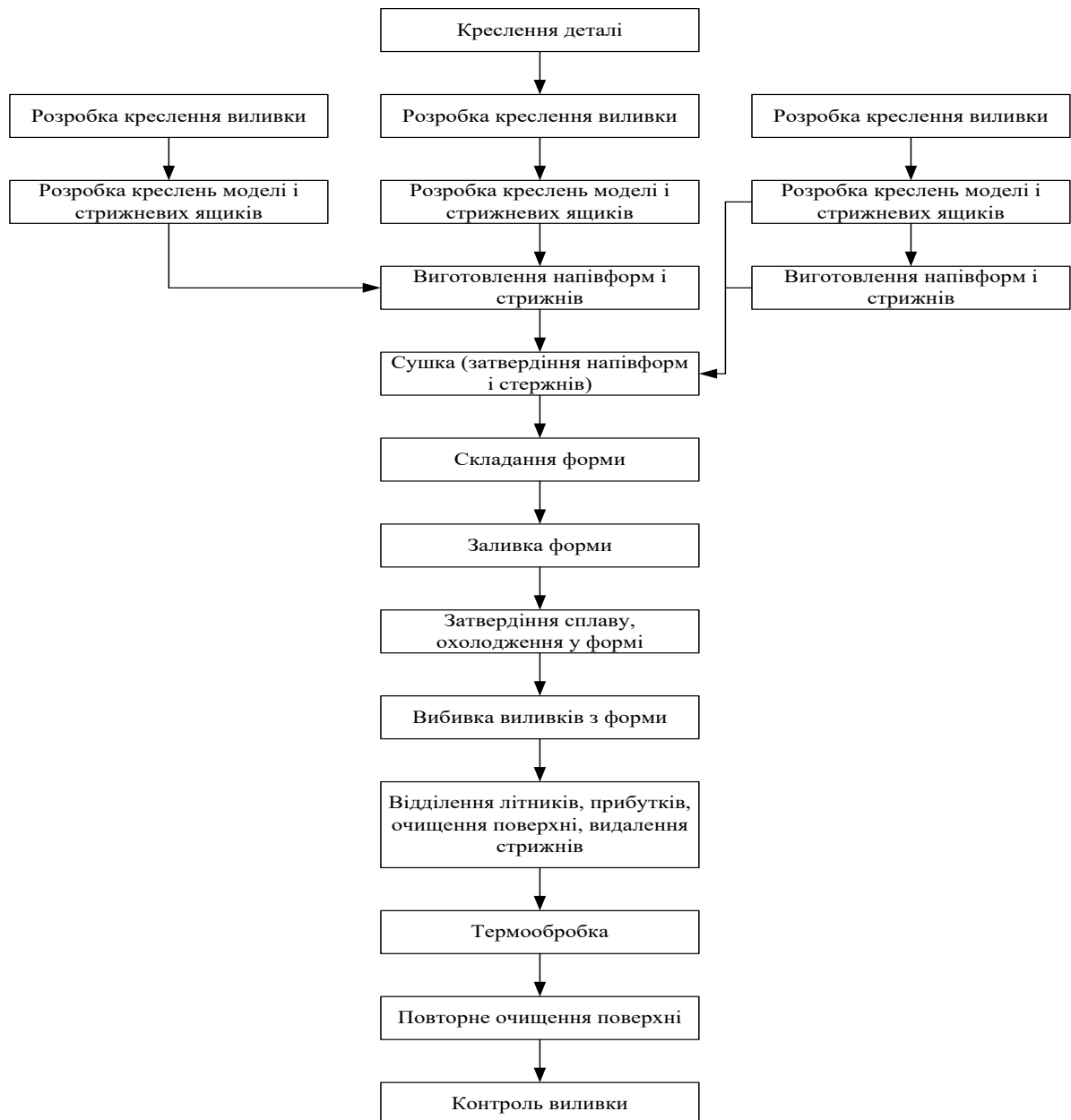


Рисунок 1.1 – Технологічний процес виробництва виливків у вигляді піску

У машинобудуванні вага литих деталей становить близько 50% від ваги машин і механізмів, в верстатобудуванні - близько 80%, в тракторобудуванні - близько 60%.

Найбільш поширеним з конструкційних ливарних сплавів є чавун. Питома вага чавунних виливків в загальному випуску виливків становить 74%, в тому числі високоміцного чавуну зі сферичним графітом - близько 12%, легованого заліза - близько 2,7%. Виробництво якісного чавуну для виливків залежить від багатьох факторів, основними з яких є використання високоякісних шихтових матеріалів, сучасного плавильного обладнання, технології виплавки і позапічної обробки.

Ливарні властивості стали гірше, ніж у чавуну. Для лиття застосовують доєвтектоїдні сталі з вмістом 0,1-0,6% вуглецевих і легованих сталей з марганцем, кремнієм, нікелем, хромом, міддю та ін.

У ливарному виробництві використовуються такі кольорові сплави: кремній, алюміній-залізо, марганець-олово-свинець; алюміній, алюмінієво-залізо-свинцеві та фосфористі бронзи; силуміни, сплави магнію і марганцю, алюмінію і цинку. міцнісні властивості якого можуть бути підвищені до 500 МПа і вище за рахунок зміни хімічного складу, застосування нових технологій, а також поєднання лиття і прокатки і застосування комбінованих флюсів і фільтрації розплаву.

Плавильний комплекс включає в себе наступні допоміжні агрегати:

- вузол сухого пиловловлювання;
- система оборотного водопостачання, повітроохолоджувач або градирня;
- гідравлічні силові агрегати та насоси;
- завантажувальний пристрій.

Опалення цеху No10 змішане:

- Виробничі приміщення - повітря від калориферів.
- Адміністративно-побутові площі та окремі ділянки конвективні від централізованих теплових мереж котельні заводу.

Повітря в цеху підігрівається круглими сталевими повітроводами, з подачею теплого повітря безпосередньо на робочі місця. Регульовані повітроводи прокладаються над робочою зоною, на висоті більше 3 метрів, без теплоізоляції. Це призводить до значних втрат тепла. З огляду на розташування обладнання, дверей і проходів в цеху, встановити повітроводи в робочій зоні не представляється можливим. Тому, щоб зменшити втрати тепла і, відповідно, поліпшити тепловий режим в приміщеннях, рекомендується утеплити повітроводи.

В даний час припливна вентиляція з повітряним підігрівом використовується для обігріву виробничих майданчиків в цеху. Забезпечити необхідний температурний режим взимку в приміщеннях цеху (16 – 18 °С) (реально – до +5 °С) складно, оскільки:

- недостатній термічний опір огорожувальних конструкцій будівлі цеху;
- Низький коефіцієнт тепловіддачі на обігрівачах
- Відсутність теплоізоляції в припливних вентиляційних каналах (втрати теплової енергії складають 72%).

У зв'язку з конструктивними особливостями будівлі цеху, найбільш прийнятним видом опалення є локальне тепlopостачання робочих місць:

- припливна вентиляція з підігрітим повітрям;
- локальні теплові вентилятори;
- газові інфрачервоні випромінювачі;
- Електричні інфрачервоні випромінювачі.

Рішення проблеми обігріву виробничих приміщень цеху при мінімальних витратах передбачає вибір перерахованих вище видів активної припливної вентиляції з повітряним опаленням.

Удосконалення цієї системи опалення включають:

- теплоізоляція припливних вентиляційних каналів;
- ремонт і, при необхідності, заміна обігрівачів;
- встановлення локальних теплових вентиляторів на окремих виробничих ділянках;

- Виконання робіт з утеплення огорожувальних конструкцій будівлі цеху.

Реалізація заходів щодо поліпшення умов праці виробничих площ цеху в умовах температурного режиму дозволить:

- створити нормальні умови праці у виробничих приміщеннях цеху в умовах температурного режиму;
- знизити захворюваність серед працівників на виробничих ділянках;
- Рационально використовувати теплову енергію, споживану цехом, для обігріву своїх виробничих майданчиків.

Для ілюстрації ефективності теплоізоляції наведені тепловтрати через 1 м² повітропроводу:

- неізольований 159 Ккал/год;
- ізольовано 30 Ккал/год.

Розрахунок проводився за таких умов: температура теплового повітря – +50 °С, температура повітря в цеху – +2 °С, утеплювач – мінеральна вата $\delta = 50$ мм або інша теплоізоляція з аналогічними властивостями.

Крім того, пропонується розглянути питання забору повітря в зимовий період з робочої зони цеху, для потреб опалення за умови дотримання норм виробничої санітарії.

Склад системи охолодження циклу циркуляції води технологічного обладнання цеху:

- 1) холодильне технологічне обладнання;
- 2) група насосних агрегатів гарячої води;
- 3) група насосних агрегатів охолодженої води;
- 4) градирня;
- 5) бак для охолодженої і гарячої води;
- 6) фільтр для очищення води;
- 7) Система трубопроводів циклу водяного охолодження.

Холодильне технологічне обладнання.

Перелік холодильного технологічного обладнання в ливарному цеху наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Перелік холодильного технологічного обладнання цеху

Пункт №	Найменування обладнання	Іл., од	Вода Vitra, м3/рік	
			Одиницю	Підсумок
1	2	3	4	5
1	Вакуумна установка УППФ-3М	2	12	24
2	Вакуумна пускова установка VIP	3	11	33
3	Відкрита плавка ІКТ 016	2	7	14
4	Індукційна піч (генератор) AJAX	1	48	48
5	Індукційна піч AJAX (НРС)	1	52	52
6	Індукційна піч МГП 252	1	14	14
7	Вакуумна установка УВНК-8П	6	14	84
8	Вакуумна пл. установка ULVAC FM1-11-100FM1-11-100	1	9	9
Всього		17	167	278

1) Група насосних агрегатів гарячої води

Вода, зібрана після технологічного обладнання в баку гарячої води, надходить в градирню для охолодження. Для цього використовуються три насоси типу DO 290/30.

Основні технічні характеристики насоса ДО 290/30:

- продуктивність – 290 м3/год;
- напір – 30 м. вод. ст.;
- електродвигун приводу – 4AMU200 N4V2;
- потужність електродвигуна – 37 кВт;
- об/хв – 1450 об/хв;
- насос ККД – 82%.

Режим роботи насосних агрегатів цілодобовий, один насосний агрегат робочий, а два інших знаходяться в резерві. При необхідності паралельно з першим в ручному режимі підключається ще один насос.

Підтримання необхідного тиску в трубопроводі здійснюється шляхом ручного включення додаткового насосного агрегату і відкриття або закриття вентиля на виході з насосного агрегату.

Швидкість відкриття клапана після насоса становить 25-30%.

Для комутації і підключення насосних агрегатів використовується електричний контактний манометр ЕКМ-40.

2) Група насосних агрегатів охолодженої води.

Після охолодження в градирні вода самопливом надходить з бака градирні в резервуар охолодженої води. Три насоса типу 6НДВ-60 використовуються для забезпечення подачі охолодженої води на технологічне обладнання по трубопровідній системі водоохолоджуючого циклу.

Основні технічні характеристики насоса 6НДВ-60:

- продуктивність – 325 м³/год;
- напір – 48 м. вод. ст.;
- приводний електродвигун – ДО 051-4В2;
- потужність електродвигуна – 75 кВт;
- об/хв – 1485 об/хв;
- насос ККД – 73%.

Режим роботи насосних агрегатів цілодобовий. Один насосний агрегат знаходиться в роботі, а два інших знаходяться в резерві. При необхідності паралельно з першим в ручному режимі підключається ще один насос.

Необхідний тиск в трубопроводі підтримується вручну шляхом включення додаткового насосного агрегату і відкриття або закриття вентиля на виході з насосного агрегату.

Ступінь відкриття клапана після насоса становить 20-25%.

Для комутації і підключення насосних агрегатів використовується електричний контактний манометр ЕКМ-40.

3) Градирня для циркуляційного циклу водяного охолодження.

Замкнутий цикл циркуляції води використовується для охолодження вузлів і агрегатів технологічного обладнання. У замкнутому контурі циклу

водяного охолодження гаряча вода збирається після технологічного обладнання, з подачею її (використовується група насосних агрегатів «гарячої» води) в градирню для часткового охолодження. Це необхідно для підвищення ефективності охолодження – чим холодніше вода, тим краще вона буде охолоджувати обладнання.

Об'єм чаші градирні становить 256 м^3 .

4) Баки для охолодженої та гарячої води.

Баки для охолоджуваної і гарячої води призначені для надійної роботи насосних агрегатів. Контроль рівня води в ємностях виключає перелив води в підвал цеху, де встановлені насосні агрегати, а також подачу підживлювальної води.

Місткість бака:

- охолоджена вода – $5,0 \text{ м}^3$,
- Гаряча вода – $6,5 \text{ м}^3$.

5) Фільтр для очищення води.

Сітчастий фільтр встановлюється в замкнутому контурі циклу водяного охолодження з метою запобігання попадання механічних суспензій в контури охолодження технологічного обладнання.

б) Система трубопроводів циклу водяного охолодження.

Система трубопроводів циклу водяного охолодження забезпечує подачу охолодженої води на технологічне обладнання і води, зібраної з його гарячої води, в контур водяного охолодження. Загальний об'єм трубопровідної системи циклу водяного охолодження становить 1000 м^3 .

Умовні позначення:

$T_{\text{нп}}$ – температура навколишнього повітря;

$T_{\text{гв}}$ – температура гарячої води;

$T_{\text{хв}}$ – температура холодної води;

$T_{\text{гов}}$ – глибина охолодження води.

Таблиця 1.3 – Характеристика теплового режиму роботи системи циркуляційного водяного охолодження

№	Поточний час доби	6 червня 2023р.				7 червня 2023р.				8 червня 2023р.				9 червня 2023р.			
		T _{нп}	T _{гв}	T _{хв}	T _{гов}	T _{нп}	T _{гв}	T _{хв}	T _{гов}	T _{нп}	T _{гв}	T _{хв}	T _{гов}	T _{нп}	T _{гв}	T _{хв}	T _{гов}
1	7	20	23	22	1	23	24	24	0	25	25	24	1	25	26	25	1
2	8	23	26	24	2	24	26	24	2	25	26	25	1	25	27	26	1
3	9	24	26	24	2	25	26	25	1	25	28	26	2	26	28	26	2
4	10	24	26	24	2	25	26	25	1	26	28	26	2	28	28	26	2
5	11	24	26	24	2	26	28	26	2	27	28	27	1	29	28	26	2
6	12	27	28	26	2	28	28	26	2	29	28	28	0,5	30	30	28	2
7	13	27	28	26	2	29	28	26	2	30	29	28	1	30	30	28	2
8	14	29	29	27	1,5	29	28	26	2	30	29	28	1	30	30	28	2
9	15	29	29	27	1,5	29	28	26	2	30	29	28	1	30	30	28	2

Димові гази з високою температурою викидаються в атмосферу. Така ситуація призводить до значних втрат теплової енергії і, як наслідок, до переспоживання природного газу. Тепло димових газів, що виходять з печі, можна частково використовувати, якщо на їх шляху встановити рекуператор.

Нагрівання води у вигляді відпрацьованого тепла дозволяє економити паливо і підвищує ефективність роботи печі. Гаряча вода з рекуператора тепла може бути спрямована не тільки в цех, але і на різні побутові потреби, що в свою чергу знизить споживання теплової енергії.

Функціональна схема системи охолодження циклу циркуляції води технологічного обладнання ливарного виробництва наведена на рисунку 1.2.

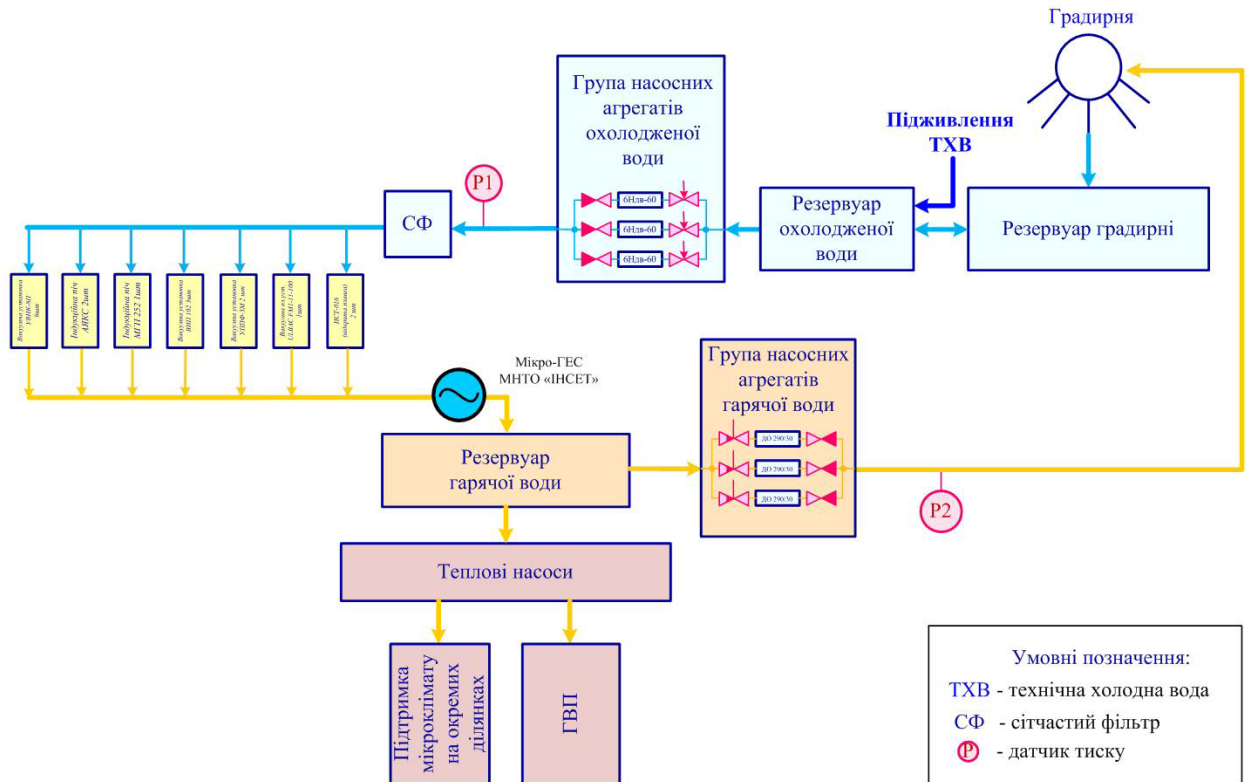


Рисунок 1.2 – Функціональна схема системи охолодження циклу циркуляції води технологічного обладнання ливарного цеху

1.2 Аналіз споживання енергії підприємством

Акціонерне товариство «Мотор Січ» - енергоємне підприємство з досить насиченим енергоємним технологічним обладнанням. Загалом по підприємству станом на 2023 рік. Обсяг власного споживання придбаних енергоресурсів становить: паливо – 57,5 тис. 137 млн. кВт год.

Електропостачання компанії здійснюється за рахунок покупних видів палива (природного газу та мазуту) та електроенергії, а теплова енергія надходить від власних промислових котелень. Річне споживання енергії за період 2019-2023 років наведено в таблиці 1.4.

Річні обсяги витрат енергоресурсів було прийнято за даними приладного обліку та за звітно-статистичними формами № 11-МТП, № 4-МТП, № 24-енергетика та іншими.

Таблиця 1.4 – Річне споживання енергоресурсів підприємством

Найменування індикаторів	Одиниць	Витрати
Природний газ	тис. м ³	16560
	тис. грн.	616032
Теплова енергія	Гкал.	123780
	тис. грн.	148536
Електрика	тис. кВт·год	33544
	тис. грн.	42265,44

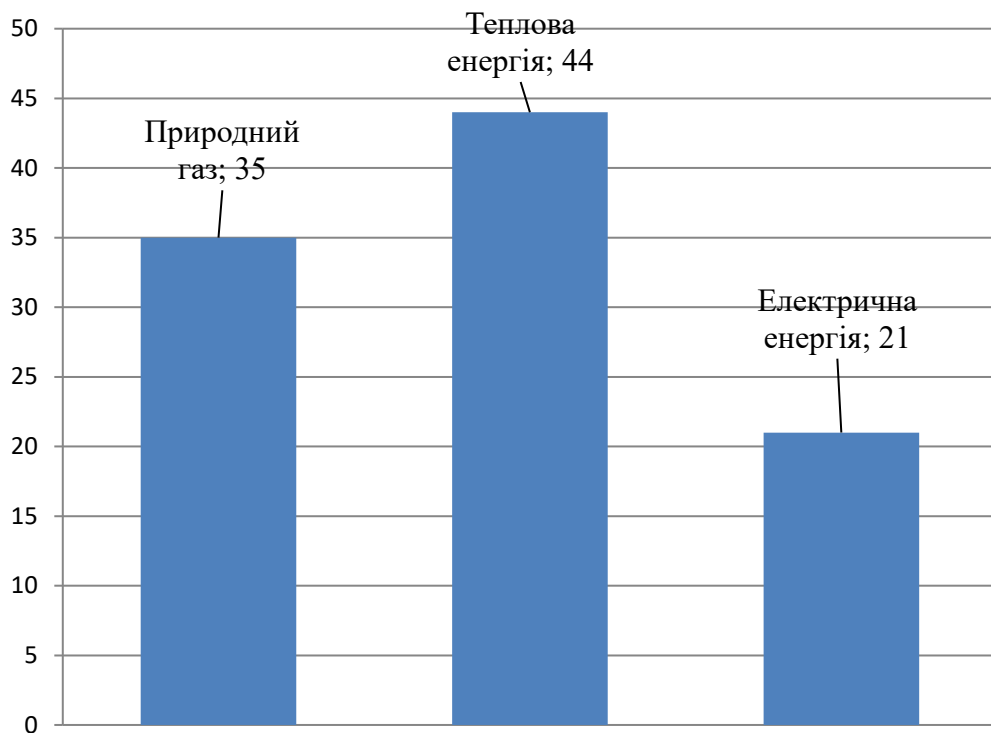


Рисунок 1.3 – Коефіцієнт витрат підприємства на електроенергію

Природний газ подається з магістральних газових мереж двома вводами в ВРП-1 і ВРП-2 і ВРП-3 основного майданчика підприємства. Облік газу на вводах здійснюється промисловими вимірювальними комплексами Flowtek, встановленими на вузлі гідророзриву пласта основної ділянки підприємства. Крім природного газу, підприємство використовує мазут М-40 і М-100.

Теплопостачання основного підприємства здійснюється з власних промислових котелень: котелень No1 та No2, розташованих на території основного підприємства. Котельня No1 обладнана одним паровим котлом типу ДЕ-10/14 ГМ з паропродуктивністю 10 т/год насиченої пари та тиском 13 МПа. Котельня No 2 – два парових котла типу Babcock-Wilcox паропродуктивністю 34,2 т/год та два парові котли типу Babcock-Wilcox паропродуктивністю 10 т/год перегрітої пари тиском 1,0-1,35 МПа та три (один про запас) водогрійних котлів типу ПТВМ-50 тепловою продуктивністю 32 Гкал/год кожен. Ці котли оснащені системами автоматичного управління і регулювання режиму їх роботи. Котельні No 1 і 2 мають агрегатний облік виробництва і постачання теплової енергії.

Система теплопостачання відкрита, теплоносієм є вода з температурою до 110 °С у трубопроводі, що подає, до 70 °С у зворотному трубопроводі (температурна діаграма системи водяного теплопостачання АТ «Мотор Січ»). Подача і обрiтка теплоносія здійснюється по двох подаючих і двох зворотних трубопроводах. Особливістю системи теплопостачання є можливість перерозподілу теплоносія, що подається споживачам, по одному трубопроводу між декількома зворотними трубопроводами і навпаки. У мережу подається деаерована нагріта вода з водоочисної системи і вода з накопичувальних ємностей, при цьому задіяні два паралельних підживлення теплової мережі.

Облік теплової енергії здійснюється ультразвуковими витратомірами «Злот МР» УРСВ-040 і датчиками температури, встановленими на прямому і зворотному входах і на виходах з деаераторів і акумуляторів.

Розрахунок теплової енергії і маси теплоносія забезпечують термокалькулятори SPT961 і SPT961.2.

Датчики надлишкового тиску встановлюються на подаючому колекторі, зворотних впусках і трубопроводах від деаератора і гідроакумулятора для контролю тиску теплоносія.

Теплові мережі підприємства виконуються як в надземній, так і в підземній прокладці в непрохідних каналах і тунелях. Теплоізоляція трубопроводів теплових мереж виконується відповідно до вимог СНиП 2.04.07-86. Теплова енергія витрачається в наступних параметрах: перегріта пара температурою 200-220 °С і тиском 0,7 МПа та температурою 350-370 °С тиском 1,0-1,35 МПа, теплофікаційна вода за відповідним температурним графіком на опалення до 105 °С та гаряче водопостачання до 75 °С.

Електропостачання підприємства здійснюється від регіональних підстанцій ЗЕМС «Запоріжя» 10 і 6 кВ та від ЗМЕМ «Запоріжобленерго» 6 кВ і 0,4 кВ. Загальна встановлена потужність трансформаторів станції становить 263 тис. кВА, їх коефіцієнт навантаження близький до 50%. Комерційний облік електропостачання на вводах здійснюється системами приладів типів ЕА05RALX-Б-4, СЕ6805V, САЗУ, САК, внутрішньоцеховий облік здійснюється системами «Граніт» і «САЧУ».

Річне споживання основних енергоресурсів енергоємними цехами підприємства наведено в таблиці 1.5. Аналіз динаміки енергоспоживання промисловим підприємством передбачає вивчення змін у обсягах та структурі використання енергії протягом певного періоду. Це включає в себе розгляд факторів, які впливають на енергоспоживання, виявлення тенденцій у зростанні або зменшенні витрат енергії, а також оцінку ефективності заходів щодо її зменшення чи оптимізації..

З даних таблиці видно, що енергоспоживання підприємства в 2023 р. зросла порівняно з попереднім роком. При цьому у 2023 році спостерігалось найбільше зростання використання теплової енергії (на 5% порівняно з 2022 роком), споживання природного газу (на 4,5%) та електроенергії (на 4,3%).

Таблиця 1.5 – Річне споживання основних енергоресурсів енергоємними цехами підприємства

Назва майстерні	Тип енергоресурсу		
	2021р.	2022р.	2023р.
1	2	3	4
Електроенергія, кВт*год			
Ливарний цех No1	5320849	5699530	5149648
Термічний цех No3	6314027	6175817	7601808
Гальванічний цех No5	4948350	5809615	6089399
Механічний цех No8	576355	584524	585927
Ливарна майстерня	5815184	7445935	9096789
Теплоенергетичний цех No14	35940182	33799426	35210223
Ливарний цех No21	5915099	6599530	5538636
ВСЬОГО	64830046	66114377	69272430
Природний газ, тис.			
Ливарний цех No1	228,20	381,90	431,65
Термічний цех No3	687,96	804,92	572,76
Ливарна майстерня	287,39	406,36	575,29
Теплоенергетичний цех No14	0,00	0,00	0,00
Ливарний цех No21	18,50	74,70	167,96
ВСЬОГО	1222,05	1667,88	1747,66
Стиснене повітря (для техніки), Гкал			
Ливарний цех No1	11697,37	14297,15	14588,25
Термічний цех No3	5336,64	6500,40	6648,70
Гальванічний цех No5	14203,00	17323,47	17656,50
Механічний цех No8	892,00	368,33	371,50

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
Ливарна майстерня	8230,8	11013,5	14083,0
Теплоенергетичний цех No14	6211,50	7145,50	7230,00
Ливарний цех No21	8604,00	11607,72	11848,80
ВСЬОГО	53473,51	65298,37	66574,55
ГВП, Гкал			
Ливарний цех No1	266,59	255,18	242,12
Термічний цех No3	881,10	821,50	834,60
Гальванічний цех No5	2582,92	2410,68	2395,22
Механічний цех No8	310,59	255,19	242,54
Ливарна майстерня	606,38	755,18	918,68
Теплоенергетичний цех No14	1159,54	1203,03	1214,27
Ливарний цех No21	288,13	298,47	301,34
ВСЬОГО	6191,04	5843,51	5836,47
Опалення, Гкал			
Ливарний цех No1	835,00	696,00	460,72
Термічний цех No3	899,50	759,40	506,00
Гальванічний цех No5	1119,09	928,64	613,00
Механічний цех No8	742,00	620,00	421,00
1	2	3	4
Ливарна майстерня	324	498,98	558,15
Теплоенергетичний цех No14	655,00	557,00	377,50
Ливарний цех No21	496,00	494,00	324,00
ВСЬОГО	5357,59	4549,04	3026,22
Пара, Гкал			
Ливарний цех No1	2035,80	1742,11	1448,45
Термічний цех No3	14867,83	12802,00	10629,50

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
Гальванічний цех No5	24980,70	21518,88	17869,86
Механічний цех No8	976,00	0,00	0,00
Ливарна майстерня	6679	7539,87	7919,54
Теплоенергетичний цех No14	149,00	0,00	0,00
Ливарний цех No21	1270,60	1231,00	1013,67
ВСЬОГО	52650,27	45341,99	37640,48
Технічна вода, м ³			
Ливарний цех No1	108066,00	40075,00	42343,00
Термічний цех No3	328231,00	308990,00	278775,00
Гальванічний цех No5	85905,00	77708,00	3752,00
Механічний цех No8	4328,00	4954,00	3497,00
Ливарна майстерня	88168,00	84188,00	93398,00
ВСЬОГО	1288153	1272790	1148312
Пітна вода, м ³			
Ливарний цех No1	28486,07	21604,34	26921,36
Термічний цех No3	21499,69	16235,54	21252,70
Гальванічний цех N5	68392,19	52194,78	26791,45
Механічний цех N8	4194,10	3474,59	3167,39
ВСЬОГО	403737,76	314962,03	206897,50

1.3 Аналіз енергоспоживання ливарного виробництва

У таблиці 1.6 - 1.12 наведені витрати ливарного цеху на теплопостачання в залежності від періоду року і динаміки по роках.

Таблиця 1.6 – Теплова енергія (гаряче водопостачання)

Місяць/рік	ППП, Гкал				
	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	2023р.
Січень	79	112	97	99	83,5
Лютий	76	109	80,5	81,2	86,5
Березень	77	103	96	92,7	117
Квітень	74,5	57,5	44	78,3	112,6
Травень	31	28	16,7	42,32	67,94
Червень	1,8	2,25	3,3	13,6	23,9
Липень	1	0,99	4,18	13,40	22,61
Серпень	0,87	0,74	16,7	22,71	28,71
Вересень	32	19,98	32	39,6	47,2
Жовтень	67	72	48	76,35	104,7
Листопад	143	48	76	89,75	103,5
Грудень	119	46	92	106,26	120,52
Всього	702,17	599,46	606,38	755,18	918,68

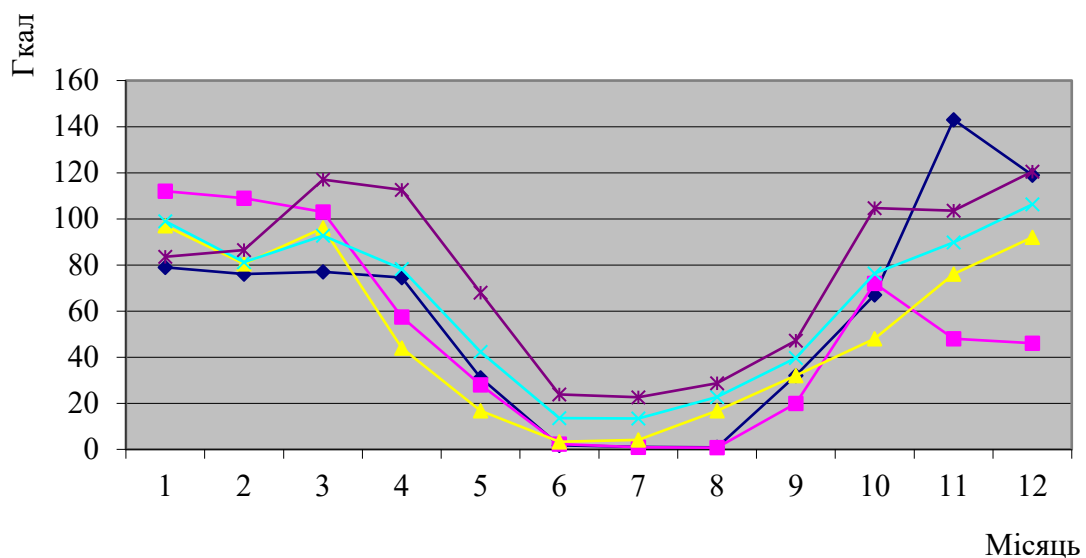


Рисунок 1.4 – Місячне споживання теплової енергії (Гкал) в ливарному цеху

Таблиця 1.7 – Теплова енергія (опалення)

Місяць/рік	Опалення, Гкал				
	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	2023р.
Січень	108	164	40	165	147,1
Лютий	141	104	67	97	134,4
Березень	92	64	61	55,8	70,3
Квітень	7	0	0	10,99	21,98
Жовтень	38	22	12	22,15	32,3
Листопад	115	45	41	55,32	69,64
Грудень	110	95	103	92,715	82,43
Всього	611	494	324	498,975	558,15

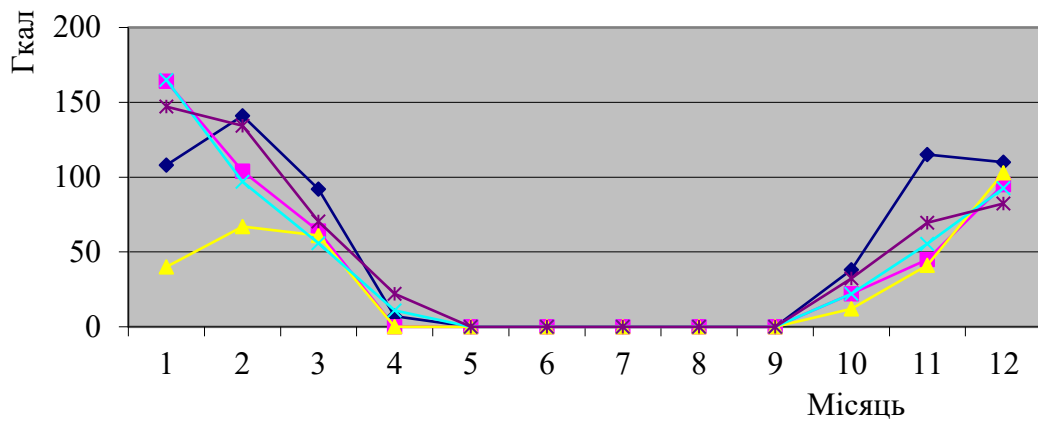


Рисунок 1.5 – Місячне споживання теплової енергії (опалення) в ливарному цеху

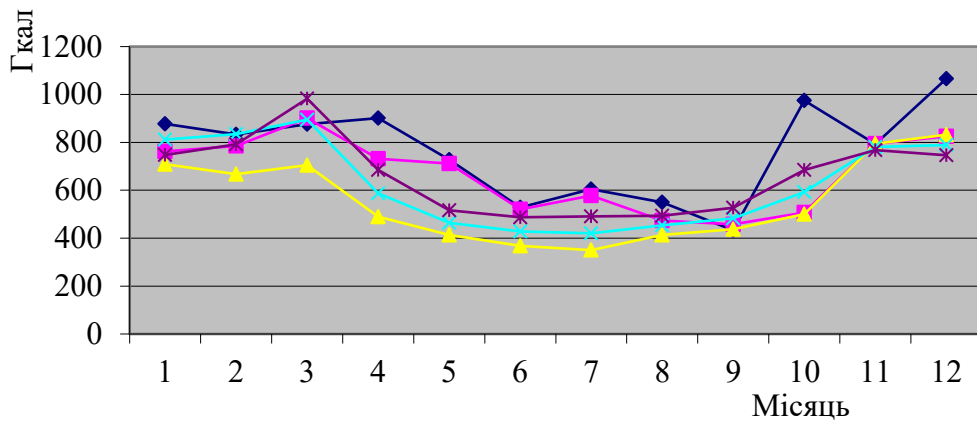


Рисунок 1.6 – Місячне споживання теплової енергії (пари) в ливарному цеху

Таблиця 1.8 – Теплова енергія (пар)

Місяць/рік	Пара, Гкал				
	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	2023р.
Січень	877	762	709	812	747
Лютий	833	785	667,5	835	791,2
Березень	876	901	705,5	895	982,6
Квітень	901	731	489	586,7	684,4
Травень	727	712	413	464,60	516,19
Червень	528	521	368	427,65	487,3
Липень	604	578	350	420,28	490,56
Серпень	550	473	413	453,20	493,39
Вересень	433	458	438	482,8	527,6
Жовтень	975,34	507	500	592,7	685,4
Листопад	793	795	794	780,95	767,9
Грудень	1066	825	832	789	746
Всього	9163,34	8048	6679	7539,87	7919,54

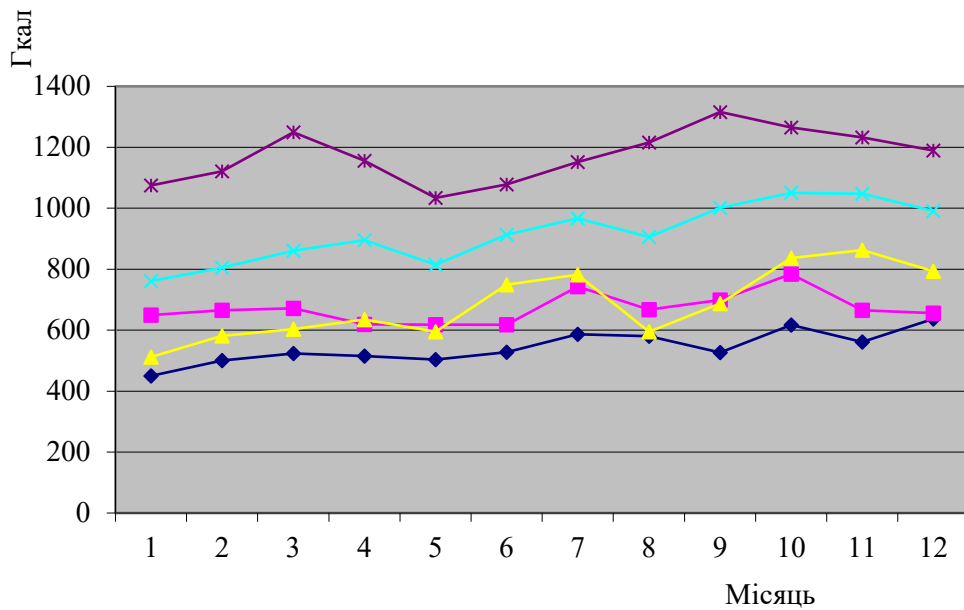


Рисунок 1.7 – Щомісячна витрата стисненого повітря (за технологією) в ливарному цеху

Таблиця 1.9 – Стиснене повітря (для машин), Гкал

Місяць/рік	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	2023р.
Січень	450	650	512	761,1	1075
Лютий	500	665	581	805	1121
Березень	523	672	603	861	1249
Квітень	515	619	635	895,5	1156
Травень	504	618	595	814,5	1034
Червень	528	617,8	749	913,5	1078
Липень	587	743	782	967	1152
Серпень	580	667	595	905,5	1216
Вересень	527	699	687	1001,5	1316
Жовтень	617	784	836	1050,5	1265
Листопад	561	665	862,8	1047,4	1232
Грудень	637	656	793	991	1189
Всього	6529,0	8055,8	8230,8	11013,5	14083,0

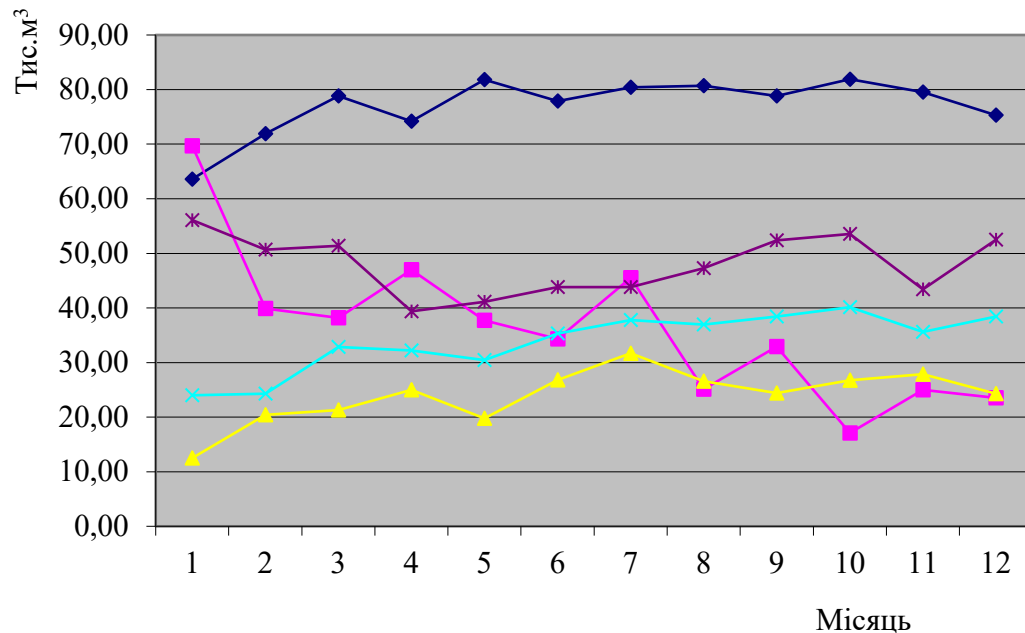


Рисунок 1.8 – Місячне споживання природного газу в ливарному цеху

Таблиця 1.10 – Витрата природного газу, тис. м³

Місяць/рік	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	2023р.
Січень	63,60	69,70	12,50	24,00	56,09
Лютий	71,90	39,90	20,40	24,30	50,65
Березень	78,80	38,20	21,30	32,87	51,38
Квітень	74,20	47,00	25,00	32,20	39,38
Травень	81,80	37,70	19,80	30,44	41,09
Червень	77,90	34,30	26,80	35,32	43,84
Липень	80,40	45,50	31,70	37,75	43,80
Серпень	80,70	25,10	26,60	36,92	47,25
Вересень	78,80	32,90	24,40	38,40	52,40
Жовтень	81,90	17,10	26,75	40,13	53,52
Листопад	79,50	25,00	27,86	35,63	43,39
Грудень	75,30	23,53	24,28	38,39	52,51
Всього	924,80	435,93	287,39	406,36	575,29

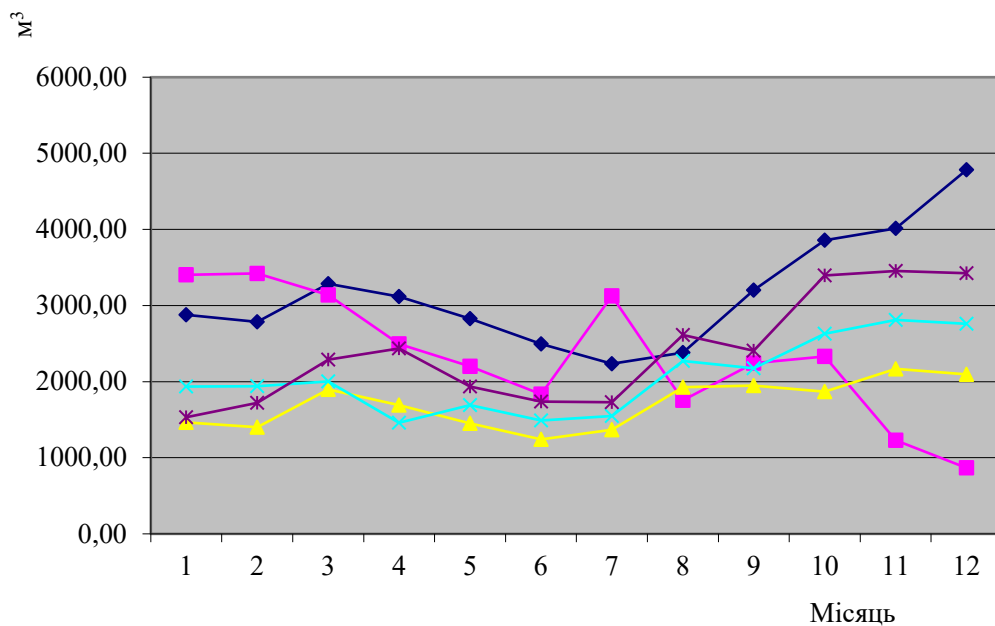


Рисунок 1.9 – Щомісячне споживання питної води в ливарному цеху

Таблиця 1.11 – Витрата питної води, м³

Місяць/рік	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	2023р.
Січень	2879,80	3402,57	1465,96	1935,89	1532,53
Лютий	2784,74	3422,03	1402,95	1938,07	1719,88
Березень	3285,86	3136,40	1895,67	2002,55	2288,09
Квітень	3118,45	2493,77	1690,94	1459,96	2438,07
Травень	2828,26	2201,66	1450,70	1692,48	1934,26
Червень	2494,60	1833,07	1241,44	1490,24	1739,04
Липень	2235,13	3124,67	1367,20	1549,16	1731,11
Серпень	2379,83	1753,30	1928,27	2270,52	2612,77
Вересень	3202,67	2241,19	1946,11	2176,65	2407,18
Жовтень	3857,87	2330,67	1868,88	2631,58	3394,28
Листопад	4011,62	1229,14	2168,26	2811,17	3454,07
Грудень	4783,24	866,10	2096,69	2761,61	3426,53
Всього	37862,07	28034,57	20523,07	24719,87	28677,81
Водовідведення з питної води становить 84,45%					

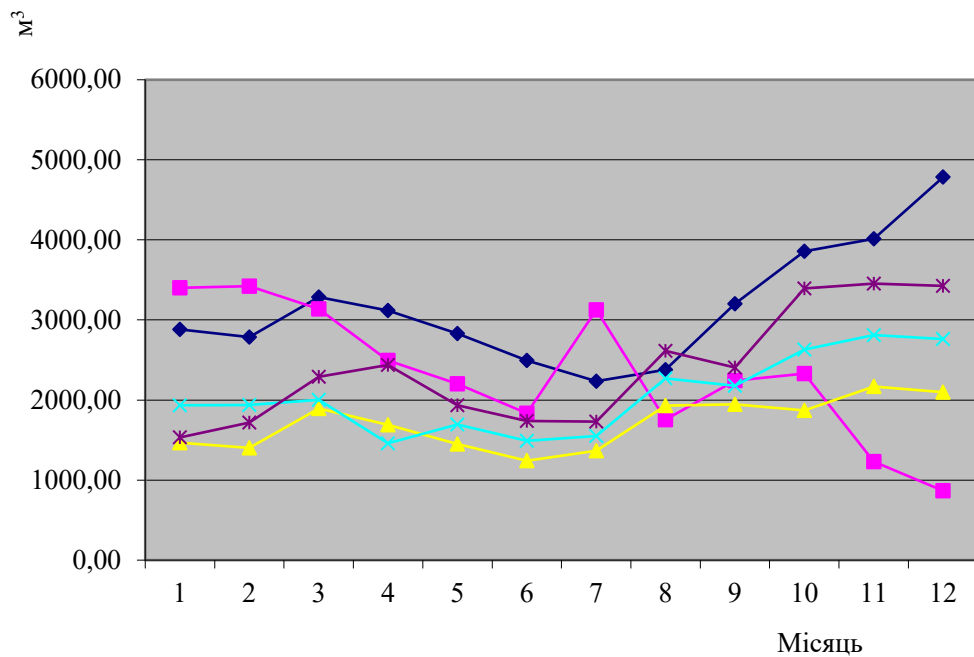


Рисунок 1.10 – Щомісячне споживання питної води в ливарному цеху

Таблиця 1.12 – Витрата технічної води, м³

Місяць/рік	2019р.	2020р.	2021р.	2022р.	2023р.
Січень	12417,00	16995,00	8325,00	5320,00	2680,00
Лютий	11075,00	8977,00	7423,00	5320,00	6098,00
Березень	11718,00	10000,00	7520,00	4890,00	8900,00
Квітень	11230,00	11252,00	6300,00	5498,00	8000,00
Травень	12945,00	11120,00	7100,00	7350,00	7600,00
Червень	13826,00	10384,00	8900,00	8850,00	8800,00
Липень	15112,00	13397,00	9564,00	9632,00	9700,00
Серпень	14290,00	14098,00	7023,00	8096,50	9170,00
Вересень	11444,00	12528,00	6620,00	7710,00	8800,00
Жовтень	14463,00	12884,00	6100,00	7075,00	8050,00
Листопад	12123,00	8700,00	5000,00	6400,00	7800,00
Грудень	14920,00	8450,00	8293,00	8046,50	7800,00
Всього	155563,00	138785,00	88168,00	84188,00	93398,00

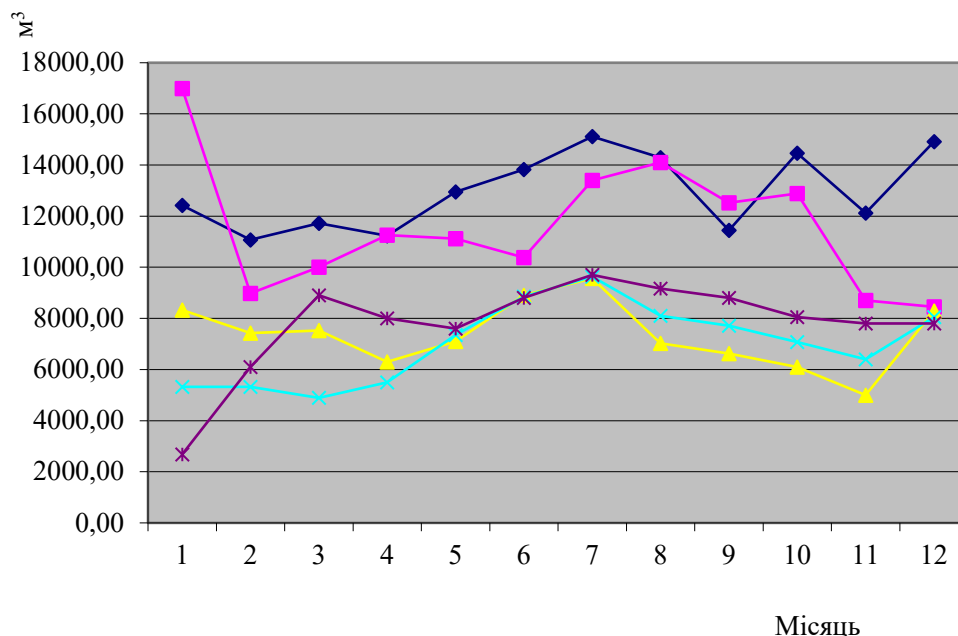


Рисунок 1.11 – Щомісячна витрата технічної води в ливарному цеху
Річне енергоспоживання ливарного цеху наведено у зведеній таблиці 1.13.

Таблиця 1.13 – Річне енергоспоживання ливарного цеху АТ «Мотор Січ»

№має/№	Види енергоресурсів	Одиниці вимірювання	Обсяги споживання				
			2019	2020	2021	2022	2023
1	Електрика	кВт·год	5803996	5784130	5815184	7445935	9096789
2	Теплова енергія (власне виробництво)	Гкал	4005,5	4197,3	4840,2	4807,5	5479,4
3	Природний газ	тис.м ³	624,8	535,9	587,3	506,4	575,3
4	Технічна вода	м ³	155563	138785	88168	84188	93398
5	Питна вода	м ³	37862	280345	20523	24720	28678

Обсяг енергоспоживання для ливарного цеху за 2022 рік наведено на рисунку 1.10.

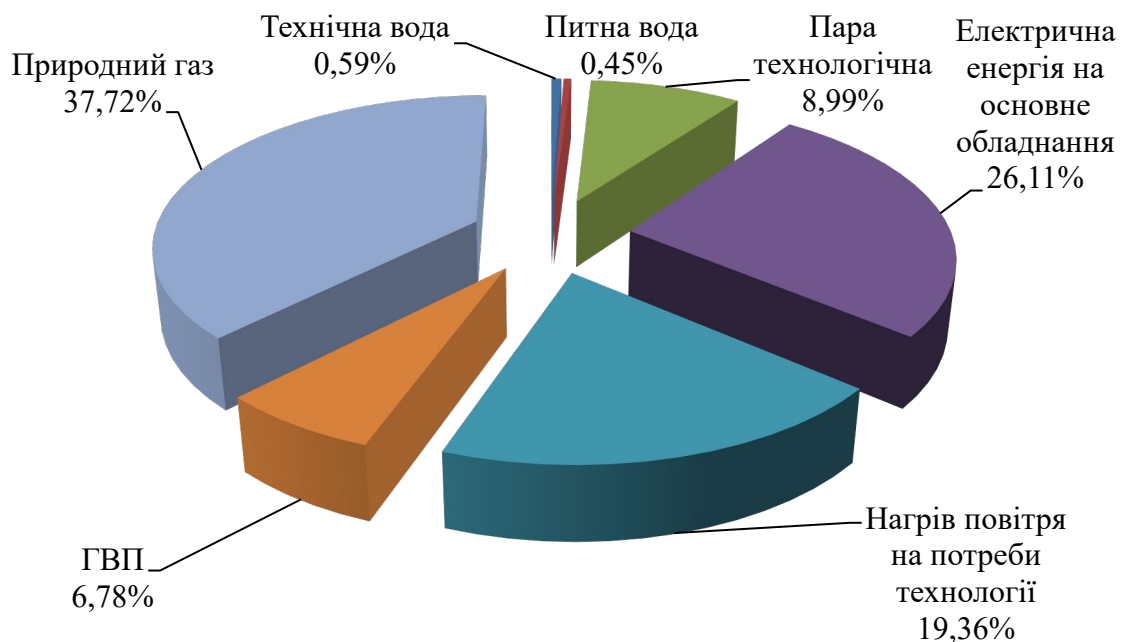


Рисунок 1.12 – Коефіцієнт енергоспоживання ливарного виробництва за 2022 рік

Аналіз динаміки енергоспоживання ливарним цехом підприємства показує, що в останні роки спостерігається стійка тенденція до збільшення їх обсягів.

З таблиці 1.13 видно, що енергоспоживання ливарного цеху в 2023р. зросла порівняно з попереднім роком. При цьому у 2023 році відбулося найбільше зростання споживання природного газу (на 29,4%), електроенергії (на 18%), теплової енергії (на 15,6%), питної води (на 13,8%) та технічної води (на 9,9%).

1.4 Утилізації теплової енергії з газів, що відходять з теплового обладнання ливарного виробництва

Для досягнення найбільшого економічного ефекту від енергозбереження необхідно скласти раціональний план реалізації енергозберігаючих заходів [12]. Перш за все, рекомендується здійснювати енергозберігаючі заходи на місці споживання теплової енергії, потім на ділянці її транспортування споживачеві і, нарешті, на місці генерації.

Беручи до уваги перелік запропонованих заходів, можна скласти порядок їх здійснення і вибір найбільш ефективного і можливого в даних умовах.

Децентралізація теплопостачання – це перший захід. Втрати в мережі складають 30% по довжині теплопроводу. Децентралізація дозволить скоротити протяжність теплотрас, що в свою чергу зменшить втрати тепла, і не виникне необхідності в ремонті та обслуговуванні трубопроводів.

Для кожного споживача може бути встановлений децентралізований котельний агрегат з необхідними технічними характеристиками.

Впровадження децентралізації дозволить економити енергоресурси та значно знизити навантаження на котельню.

Рекуперація відпрацьованого тепла є другим енергозберігаючим заходом. Обстеження об'єкта дозволяє зробити висновок про те, що продукти згоряння з високими температурами безпосередньо потрапляють в атмосферу.

На виході з печей на об'єкті відсутні рекуператори тепла. В результаті температура димових газів становить 700°C . Така ситуація призводить до значних втрат теплової енергії і, як наслідок, до перевитрати природного газу.

Установка рекуператора на виході з печей дозволить знизити температуру газів, що відходять. Отриману теплову енергію пропонується використовувати для опалення приміщень та гарячого водопостачання.

Тепло вихлопних газів і прихована теплота випаровування водяної пари можуть бути використані з користю. Використання тепла димових газів і прихованої теплоти випаровування водяної пари називається методом глибокої рекуперації тепла димових газів.

У наш час існують різні технології, що дозволяють це реалізувати. Метод глибокої рекуперації тепла димових газів дозволяє підвищити ККД паливоспоживаючого агрегату на 2-3%, що відповідає зниженню витрати палива на 4-5 кг паливного еквівалента на 1 Гкал теплової енергії, що виробляється [6]. При реалізації цього методу виникають технічні труднощі і обмеження, в основному пов'язані зі складністю розрахунку процесу тепломасообміну з глибокою рекуперацією тепла димових газів і необхідністю автоматизації процесу, але ці труднощі можуть бути вирішені при сучасному рівні технології.

В даний час температура димових газів за котлом не нижче $120 - 130^{\circ}\text{C}$ з двох причин: для запобігання конденсації водяної пари на шезлонгах, газоходах і димоходах і для збільшення природної тяги зменшується напір димовідоса. При цьому температура димових газів безпосередньо впливає на величину q_2 – тепловтрати з димовими газами, однієї з основних складових теплового балансу котла.

Наприклад, зниження температури димових газів на 40°C при роботі котла на природному газі з коефіцієнтом надлишку повітря 1,2 збільшує загальний ККД котла на 1,9%. При цьому не враховується прихована теплота випаровування газів згоряння.

На сьогоднішній день переважна більшість водогрійних і парових котельних установок в нашій країні, що працюють на природному газі, не

обладнані установками, що використовують приховану теплоту пароутворення водяної пари. Це тепло втрачається разом з димовими газами.

В даний час застосовуються методи глибокої рекуперації тепла з відпрацьованих газів за допомогою рекуперативних, змішувальних, комбінованих пристроїв, що працюють за різними способами використання тепла, що міститься у відпрацьованих газах. При цьому ці технології використовуються в більшості котлів за кордоном, що працюють на природному газі та біомасі.

Найбільш часто використовуваний метод глибокої рекуперації тепла димових газів полягає в тому, що продукти згоряння природного газу після котла (або після водяного економайзера) з температурою 130 – 150 °С розділяються на два потоки. Приблизно 70-80% газів направляються через магістральний газохід і надходять в тепло відпрацьованого тепла поверхні конденсації, решта газів направляється в байпасний газохід. У рекуператорі продукти згоряння охолоджуються до 40 – 50 °С, при цьому частина водяної пари конденсується, що дає можливість використовувати як фізичне тепло димових газів, так і приховану теплоту конденсації частини водяної пари, що міститься в них. Після крапельного сепаратора охолоджені продукти згоряння змішуються з неохолодженими продуктами згоряння, що проходять через байпасний газохід, і відводяться димососом через димохід в атмосферу при температурі 65 – 70 °С. В якості теплоносія рекуператор може використовувати вихідну воду для потреб хімічної водопідготовки або повітря, що подається для спалювання. Для інтенсифікації теплообміну в рекуператорі можлива подача парів атмосферного деаератора в магістральний газохід.

Результатом реалізації цього методу є збільшення валового ККД котла на 2-3% з урахуванням використання прихованої теплоти випаровування водяної пари.

1.5 Запропоновані заходи щодо підвищення ефективності системи теплопостачання

Згідно з аналізом енергоспоживання підприємства, актуальною є проблема енергозбереження, завдання зниження енергоємності продукції, що випускається.

Витрати на електроенергію складають до 25% вартості лиття. Зменшення цієї частки робить істотний вплив на собівартість кінцевого продукту [9].

Ливарне виробництво залежить від цінової політики на ринку сировини, палива, електроенергії, транспорту. В даний час вартісна структура виливків виглядає наступним чином: витрати на енергію і паливо складають 50-60%, витрати на сировину (піски, глини, фарби, смоли, шихти і феросплави) - 30-38%, а решта - 8-17%.

Основним споживачем енергії і, одночасно, основним джерелом тепла в ливарних цехах є плавильні та нагрівальні печі. Більшість паливоплавильних агрегатів мають тепловий ККД (35-45)%, в термічних печах цей показник знаходиться в межах (25-30)%, а опалювальні печі, що працюють на рідкому або газоподібному паливі, мають тепловий ККД всього 7-12%. При цьому енергія, що не використовується в технологічному процесі, не тільки розсіюється, але, як правило, викидається разом з газами, які йдуть в атмосферу, забруднюючи навколишнє середовище. Таким чином, утилізація ЕР важлива не тільки з точки зору енергозбереження, але і з точки зору охорони навколишнього середовища [10].

Існує кілька способів рекуперації тепла і відходів, що містяться у вихлопних газах:

- рекуперація тепла з виробленням технологічної пари;
- повітряне опалення для технологічних цілей або обігрів цеху;
- підігрів води для технологічних або побутових потреб.

Кожен з них має свої особливості і технічні засоби, вибір визначається економічними показниками і конкретними заводськими умовами. В якості першого наближення можна припустити, що 60-70% тепла відпрацьованих газів можна використовувати за допомогою повітрянагрівачів, таким чином охолоджуючи їх до 180-220 °С на виході. Водонагрівачі (економайзери) дозволяють отримати навіть трохи вищий ККД рекуперації тепла – до 70-75% і використовувати низькотемпературні вихлопні гази (із середньою температурою 150-200 °С). При цьому використання повітрянагрівачів носить сезонний характер, а водонагрівальні установки вимагають ресиверів, що компенсують несинхронізацію подачі і споживання води.

Використання гарячого повітря для інших технологічних агрегатів, наприклад, для сушіння піску, попереднього підігріву заготовок, сушіння стрижнів після фарбування і т.д., передбачає паралельну роботу і знижує маневреність обладнання. Як правило, в таких випадках необхідно зберігати альтернативні джерела тепла: газові пальники, електрообігрівачі та ін.

Рекуперація (повернення) частини теплової енергії в піч є одним з найбільш раціональних способів використання високотемпературних (> 700 °С) теплообмінників, і хоча ККД більшості теплообмінників не перевищує 30-40%, їх застосування зберігає автономність пічного агрегату, знижує питомі витрати палива і дозволяє значно поліпшити технологічні характеристики печі.

Найбільш ефективною є комбінація систем, що реалізують всі перераховані вище способи утилізації нагрівача, що дозволяє довести ККД плавильної або опалювальної установки до 75-80% [9,10].

Екологія залишається серйозною проблемою ливарного виробництва, так як при виплавці і позапічної обробці ливарних сплавів, виготовленні форм і стрижнів, заливці і вибиванні ливарних форм, очищенні виливків виділяється значна кількість пилу і шкідливих газів, які негативно впливають на навколишнє середовище. Наприклад, при виробництві 1 т феросплавних виливків виділяється близько 50 кг пилу, 250 кг чадного газу, 1,5-2,0 кг оксиду сірки і 1,0 кг вуглеводнів [11].

Найбільш перспективними напрямками розвитку ливарного виробництва, що знижують екологічну небезпеку, є:

- розробка та розвиток екологічно чистих та безвідходних процесів та обладнання,
 - застосування регенерації сумішей відходів в місцях їх утворення з поверненням (до 95%) у виробництво,
 - утилізація твердих побутових відходів та їх використання в дорожньому будівництві та для засипки виснажених кар'єрів і шахт,
 - створення замкнутих циклів водопостачання.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ОБЛАДНАННЯ НА ПРИКЛАДІ «МОТОР СІЧ»

2.1 Розрахунок теплового навантаження цеху

Виходячи з висновків, зроблених у першій частині щодо доцільності впровадження енергоефективних заходів, можна перейти до більш детального вивчення об'єкта, розрахунку кожного з методів, підбору відповідного обладнання.

Розрахуємо теплове навантаження на опалення будівлі. Годинна витрата тепла на потреби опалення визначається агрегованими показниками. Теплове навантаження визначається за кліматологічними даними по місту Запоріжжю:

– розрахункова максимальна зимова температура зовнішнього повітря для опалювальної конструкції: $t_{мзон} = -22^{\circ}\text{C}$;

– середня зимова температура зовнішнього повітря протягом опалювального сезону: $t_{сз} = -0,4^{\circ}\text{C}$;

Температура в точці руйнування: $t = +3,8^{\circ}\text{C}$;

– тривалість опалювального сезону на рік: $T = 174$ дні.

Годинні витрати тепла на опалення допоміжних та адміністративних будівель визначаються за сукупними показниками згідно [1].

$$Q_{он} = q_o \cdot a \cdot V \cdot (t_{зовн} - t_{н}), \quad (2.1)$$

де q_o – питома тепла характеристика будівлі у ккал/м³·год·град;

a – поправочний коефіцієнт для промислових, житлових та громадських будівель;

V – зовнішня кубатура будівлі (або його опалювальної частини), м³;

$t_{зовн}$ – середня температура опалювального приміщення, °C;

t_n - розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення, °С.

Згідно даних підприємства:

- площа цеху: $F = 1324 \text{ м}^2$;
- висота: $H = 13,725 \text{ м}$;
- опалювальний обсяг: $V = 4447 \text{ м}^3$;
- площа остекління: $F = 144,3 \text{ м}^2$;
- матеріал стель: залізобетонна плита, цегла.
- середня температура у приміщеннях: $t_{сер} = +18^\circ\text{С}$.

Так, згідно з пунктом (2.1):

$$Q_{on} = 0,45 \cdot 1,134 \cdot 4447 \cdot (18 + 22) = 90772,16$$

Теплове навантаження на опалення визначається наступними агрегованими показниками:

- площа: $F = 4248 \text{ м}^2$;
- висота цеху: $H = 15,265 \text{ м}$;
- висота прольоту прольоту в осях И-Д з аераційним ліхтарем:
 $H = 17,4 \text{ м}$;
- опалювальний обсяг: $V = 64845,72 \text{ м}^3$;
- площа остікління цеху: $F = 1210,25 \text{ м}^2$;
- площа остікління аераційного ліхтаря: $F = 307,44 \text{ м}^2$;
- матеріал стін: залізобетонна стеля цегла;
- матеріал перекриття: залізобетонна стеля.

Середня температура повітря всередині цеху згідно [1]: $t_{сер} = +16^\circ\text{С}$.

$$Q_{on} = 0,5 \cdot 1,1 \cdot 1,134 \cdot 64845 \cdot (16 + 22) = 1536,86 \text{ Гкал/рік} .$$

де $k = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує витрату тепла на обігрів зовнішнього повітря, що надходить в будівлю шляхом інфільтрації через аераційні ліхтарі.

Теплове навантаження на потреби гарячого водопостачання визначається за формулою:

$$Q_{ГВП} = B_{душ} \cdot C \cdot (t_{г.в.} - t_{х.в.}) \cdot n, \quad (2.2)$$

де $B_{душ}$ – витрата гарячої води на душу у груповій установці зі змішувачем згідно [2], $B_{душ} = 270$ л/год;

C – теплоємність води, $C = 1$ ккал/кг·град;

$t_{г.в.}$ - температура гарячої води, приймаємо $t_{г.в.} = 60^\circ\text{C}$;

$t_{х.в.}$ - температура холодної води, приймаємо $t_{х.в.} = 5^\circ\text{C}$;

n – кількість душових сіток, приймаємо згідно даних підприємства, $n = 18$ шт.

Отже, за формулою (2.2):

$$Q_{ГВП} = 270 \cdot 1 \cdot (60 - 5) \cdot 18 = 267\,300 \text{ Ккал.}$$

Сумарне максимальне погодинне споживання тепла на потреби опалення та завантаження гарячої води:

$$\Sigma Q_{\text{макс.год}} = Q_{оп} + Q_{ГВП}, \quad (2.3)$$

$$\Sigma Q_{\text{макс.год}} = 105 + 1787 + 311 = 2,2 \text{ МВт.}$$

Слід враховувати, що всі розрахунки по навантаженню опалювальної системи наведені для температури зовнішнього повітря мінус 22°C . Оскільки середня температура зовнішнього повітря для опалювального сезону для міста Запоріжжя за кліматичними умовами становить мінус $0,4^\circ\text{C}$, отже, середнє максимальне навантаження системи опалення становитиме $0,77$ МВт, при

температурі зовнішнього повітря мінус 10°C навантаження становитиме 1,22 МВт.

2.2 Утилізація теплової енергії з газів, що відходять з ливарного обладнання

АТ «Мотор Січ» використовує камерне опалення та термічні печі, що обігріваються природним газом. Більшість з них фізично застаріли і потребують повної або часткової модернізації і мають ряд істотних недоліків. Серед них: високі тепловтрати з газами, нерівномірний нагрів шихти, високе горіння металу при нагріванні. Крім того, термокамерні печі характеризуються значною витратою тепла на нагрів кладки, що пов'язано з періодичністю експлуатації за рахунок заданого графіка нагріву.

У структурі втрат переважну роль відіграють втрати, що надходять з димовими газами (65%). Також спостерігається значна втрата теплопровідності через футеровку печі та її періодичного нагрівання – 25%. Через недосконалість процесу згорання втрачається до 10% палива.

Основною причиною неефективного використання палива є той факт, що експлуатований в даний час парк печей представлений в основному агрегатами, побудованими в другій половині минулого століття. У той час концепція конструкції печі була спрямована на високу продуктивність, а питанням економії не приділялося належної уваги. В результаті питома витрата палива на одиницю продукції в країнах СНД в 2-5 разів вище, ніж в промислово розвинених країнах. Деяким печам по 20-30 років. Вони неекономічні через використання в них застарілих вогнетривких і теплоізоляційних матеріалів. Також на енергоефективність виробництва тепла впливає незначне завантаження печей, часто становить 20-30% від номінальних значень [12-15].

В умовах постійного зростання цін на природний газ, багаторічної нестабільності в промисловості та енергетиці на перший план виходять питання вибору енергоресурсів та їх ефективного і економного використання.

На сьогоднішній день найбільш поширеним джерелом теплової енергії для теплового обладнання є природний газ, рідше електрика. Це так звана спадщина, що залишилася з часів СРСР, коли в умовах економічної стабільності та низьких цін на енергоресурси, особливо на природний газ, перевагу, як правило, віддавали газовому опаленню. Низька тепла і технологічна ефективність природного газу компенсувалася його низькою вартістю.

На сьогоднішній день визначальним фактором в порівнянні газу з електроенергією є порівняння вартості необхідної теплової енергії в еквіваленті 1 кВт-год. Згідно з розрахунками, вартість необхідної теплової енергії, отриманої при спалюванні природного газу, в 1,5-1,6 рази дорожче електрики. Крім економічності та економності використання, електричний обігрів має й інші переваги: точність і стабільність у підтримці та регулюванні температури та потужності; мобільність, технологічність і компактність пічних конструкцій; простота запуску та експлуатації; висока якість обігріву; Екологічність. Беручи до уваги ці фактори, можна зробити висновок, що правильний вибір теплоносія в процесах нагрівання і термічної обробки металів є досить актуальним питанням, що вимагає оперативного вирішення [15]

Вимоги до експлуатації нагрівальних печей включають:

- Гарантія продуктивності
- забезпечення якості нагріву, що задовольняє технологів за структурою і механічними властивостями металу, ступеня утворення накипу і обезуглероживання;
- ефективне використання палива, характеристикою якого є питома витрата енергії на одиницю продукції в кг палива на 1 тону продукції;
- відповідність екологічним нормам гранично допустимих викидів пилу та шкідливих газів в атмосферу: CO, CO₂, NO_x, SO₂, C₂0H₁₂ та інших вуглеводнів;

– механізація праці при експлуатації і ремонті печі і автоматизація її теплового режиму.

Таблиця 2.1 – Характеристика нагрівальних печей Т-240

Ні/	Найменування параметра	Ім'я	Одиниці	Значення параметра
1	Продуктивність печі	$G_{П}$	т/год	0,5
2	Кількість працюючих горілок	n	шт	10
3	Витрата палива	$B_{Г}$	м ³ /год	22
4	Теплова потужність печі	$Q_{ПЕЧ}$	ккал/год	174719
5	Корисна теплова потужність	$Q_{КОР.ПОТ}$	ккал/год	16439
6	Потужність холостого ходу	$Q_{Х.Х}$	$Q_{КОР.ПОТ}$	82730
7	Коефіцієнт витрати повітря	a	–	1,1
8	Час одного циклу роботи печі	τ	год	10-12
9	Температура газів в печі	$t_{ПЕЧ}$	°С	1050
10	Температура вихідних газів	$t_{ВИХ}$	°С	710
11	Об'єм вихідних газів	V	м ³ /год	500
12	Втрати тепла:			
	а) з вихідними газами	q_2	%	54,79
	б) з хімдопалюванням	q_3	%	0,002
	в) з окалиною	q_4	%	0
	г) в навколишнє середовище	q_5	%	34,18
13	Коефіцієнт надлишку повітря	a_{yx}	–	1,97
14	КПД печі	$\eta_{ТЕРМ}$	%	9

Ливарний цех має три термічні печі безперервної дії, що працюють на природному газі. У цеху одна з печей працює цілодобово, дві печі працюють періодично. Нагрівальні печі цеху Т-240 відносяться до дрібносерійних виробництв з режимом нагріву і термічною обробкою заготовок в печах із

замовленим завантаженням. Характеристики нагрівальних печей типу Т-240 наведені в таблиці 2.1.

Основними параметрами печей є:

- продуктивність - G_{nich} , кг/год;
- питома витрата тепла- B , ккал/кг;
- питома витрата палива- B_m , ккал/кг;
- ККД. і К.І.Т. печі.

Слід зазначити, що нагрівальні печі Т-240 характеризуються змінним температурним режимом в зонах і необхідністю досягнення розподілу температури в зонах робочого простору при підтримці строго певної температури згідно з технологічною інструкцією в зоні. Кількість тепла, що подається в різні зони печі, відрізняється на 10-15 °С.

Робочий, тепловий і температурний режими роботи нагрівальних печей зафіксовані в заводських технологічних інструкціях по нагріванню виробів.

Завдання налагоджувальних робіт полягало в тому, щоб забезпечити точне відтворення заданої зміни температур нагріву в зонах з найвищим ККД (тобто найменшою витратою палива) і в умовах, що характеризують якісний нагрів (з найменшою температурною нерівномірністю нагріву, без поверхневих дефектів: тріщин, плавлення).

Слід зазначити, що основною продукцією цеху є виробництво спеціальних деталей, пов'язаних з виробництвом авіаційних двигунів. Тому якісний нагрів для кування і термічної обробки пов'язаний з підвищеними вимогами до температурного режиму печей, і, як наслідок, зі зниженням ККД печей.

Опалювальних печей немає. Т-240, що працюють на природному газі, призначені для нагріву заготовок до температур, заданих зонами, відповідно до технологічних інструкцій. Печі побудовані за проектом, розробленим ОГЕ ЗПО «Моторобудівник». Температуру в печах встановлюють і записують на прилад КСП-3. Задана температура підтримується автоматично шляхом зміни витрати газу за допомогою приводу ІР-2/120. Обігрів контролювався зонами за допомогою оптичного пірометра. Печі оснащені 16 інжекційними пальниками

ВП-42, розробленими компанією «Стальпроект». Димові гази відводяться через димоходи у верхній частині склепіння.

Існуючі термічні печі в металургії та машинобудуванні потребують збільшення використання палива. Одним з основних напрямків енергозбереження в нагрівальних печах є глибока рекуперація тепла димових газів на виході з робочого простору печі. Котли-утилізатори (GHS) використовуються для рекуперації фізичного тепла димових газів, що виходять з технологічних печей. Це дає можливість отримувати додаткову продукцію у вигляді насиченого або перегрітого пара, гарячої води і призводить до економії палива на підприємстві.

Котли-утилізатори призначені для отримання безпаливної пари за рахунок використання тепла відпрацьованих газів технологічних агрегатів.

Котел-утилізатор – це котел, який не має в своїй конструкції топки, принцип його роботи заснований на використанні тепла, що виділяється у виробничих процесах, наприклад, поява гарячих газів в металургійній промисловості. Великі парові котли-утилізатори мають всі характеристики котла, крім пристроїв для спалювання палива.

Котли-утилізатори відрізняються від парових котлів та іншого котельного обладнання тим, що використовують для свого функціонування енергію відпрацьованих газів, таких як вихлопні гази, які утворюються при згорянні палива.

З метою захисту навколишнього середовища від забруднення і вироблення додаткової електроенергії газ спалюється в котлах-утилізаторах. При згорянні газу утворюється теплова енергія, за допомогою якої вода, що пройшла по трубах, перетворюється в пару. Продуктивність пари в котлах-утилізаторах безпосередньо залежить від обсягу і якості рекуперованого газу [12-15].

Використання парових котлів-утилізаторів має ряд переваг:

- зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферу;
- зниження витрат на очищення газу;
- більш ефективне використання палива.

Котел-утилізатор дозволяє максимально використовувати енергію теплового двигуна, саме тому такі котли-утилізатори мають високий ККД в порівнянні з іншими видами котельного обладнання. Застосування парових установок – котлів-утилізаторів в різних галузях промисловості дає можливість впроваджувати енергозберігаючі технології.

Котли-утилізатори, парові водогрійні котли та енергетично-технологічні парові котли-утилізатори за своєю конструкцією можуть бути з природною або примусовою циркуляцією, котельним обладнанням з барабаном або без нього (прямоточні парові котли) тощо. У теплоенергетиці використовується величезна кількість парових енергетичних котлів, водогрійних котлів і котлів-утилізаторів різної потужності, теплових схем і параметрів [12-15]. Принципова схема котла-утилізатора показана на рисунку 2.1.

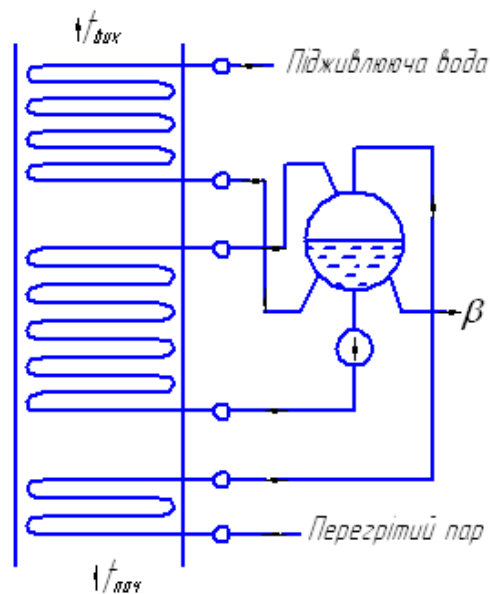


Рисунок 2.1 – Принципова схема котла-утилізатора

За результатами розрахунку котла-утилізатора були отримані дані про ймовірне корисне використання тепла відпрацьованих газів.

Сумарна паропроодуктивність печей $D = 0,3 - 0,5$ т/год кожна.

Для даного проекту, згідно з розрахунками, пропонується котел-утилізатор ГУП-0,3-0,6 паропродуктивністю 0,03 т/год і температурою горючих газів 700 0С.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики котла-утилізатора УПГ-0,3-0,6

№п/п	Найменування і розмірність показника	Значення
1	Паропродуктивність, т/год	0,5
2	Робочий тиск пари, МПа (кг/см ²)	0,4(4)
3	Температура пари, °С	151
4	Температура живильної води, °С	105
5	Витрата гріючих газів, кг/год	100
6	Температура гріючих газів, °С	700
7	Температура газу на виході, °С	142
8	Габаритні розміри, мм, не більше	
	– довжина	1320
	– ширина	1800

Для підбору котла-утилізатора використовуємо вихідні дані робочих параметрів печі, а також коефіцієнти, що впливають на ефективність використання котлів-утилізаторів: β – коефіцієнт враховує невідповідність режимів роботи печей і котла-утилізатора, приймаємо рівним 1; ζ коефіцієнт – втрат котла-утилізатора в навколишнє середовище приймається рівним 0,12; η – ККД котельного агрегату, що підлягає заміні, становить 0,86. Залежно від режиму роботи печі витрата димових газів становить 350 500 – м³/год.

За результатами розрахунку котла-утилізатора були отримані дані про ймовірне корисне використання тепла відпрацьованих газів.

Запропоновано використовувати теплову енергію відпрацьованих газів печі для отримання технологічної пари та пари для обігріву приміщень цеху. Схема утилізації теплової енергії відпрацьованих газів теплового обладнання наведена на рисунку 2.2.

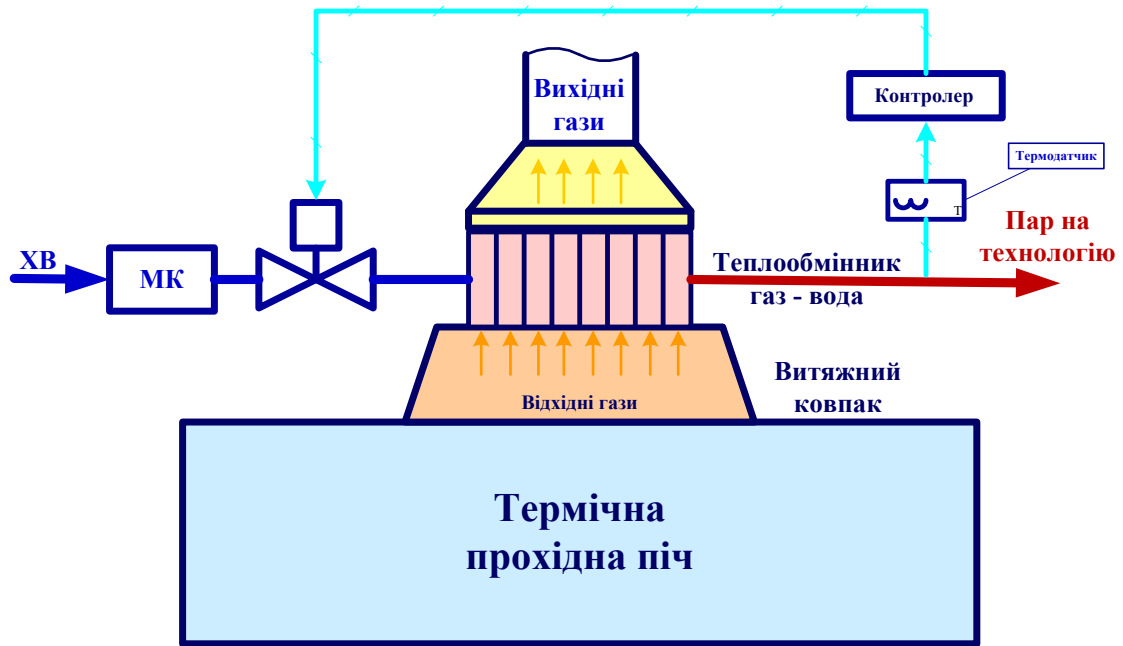


Рисунок 2.2 Технічна – пропозиція щодо утилізації теплової енергії з газів, що відходять, теплового обладнання ливарного виробництва

Для цього проекту, згідно з розрахунками, пропонується котел KB-115-20 продуктивністю 0,5 т/год і температурою опалювального газу 2300С. Сумарна продуктивність трьох печей D = 1,3 - 1,5 т/год.

Для котла-утилізатора продуктивністю 0,5 т/год необхідна продуктивність становить 18750 ккал/год.

$$Q = 0,5 \cdot 0,625 \cdot 10^6 = 18750 \text{ ккал/рік};$$

Обсяг газу, необхідний для такого резервуара, становить:

$$V = \frac{18750}{0,91 \cdot 8200} = 2,5 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики котла-утилізатора КВ-115-20

№п/п	Найменування і розмірність показника	Значення
1	Продуктивність, т/год	0,5
2	Робочий тиск пари, МПа (кг/см ²)	0,4(4)
3	Температура пари, °С	151
4	Температура живильної води, °С	105
5	Витрата грюючих газів, кг/год	100
6	Температура грюючих газів, °С	700
7	Температура газу на виході, °С	142
8	Габаритні розміри, мм, не більше	
	– довжина	1320
	– ширина	1800

Тривалість роботи термічних печей становить – 5 днів на тиждень по – 12 годин на добу. Отже, тривалість роботи однієї печі на рік становить:

$$t = 52 \cdot 5 \cdot 12 = 3120 \text{ Н.}$$

Загальний обсяг газу за рік:

$$V = 2,5 \cdot 3120 = 7800 \text{ м}^3.$$

Економія палива:

$$B_{ум} = V \cdot K, (2.4)$$

де $B_{ум}$ – кількість відпрацьованого пічного мазуту в тоннах паливного еквівалента;

V – - кількість споживаного мазуту у фізичних одиницях виміру;

Коефіцієнт K – для перетворення викопного палива в умовне.

$$B_{ум} = 7800 \cdot 3 / 862 = 27,15 \text{ т у.п.}$$

2.3 Розрахунок комбінованої системи тепlopостачання

Комбіновану систему тепlopостачання можна розрахувати, спроектувавши експеримент.

Планування експерименту - це вибір плану експерименту, що відповідає заданим вимогам, комплексу дій, спрямованих на розробку стратегії експерименту (від отримання апріорної інформації до отримання працездатної математичної моделі або визначення оптимальних умов). Це цілеспрямоване управління експериментом, яке реалізується в умовах неповного знання механізму досліджуваного явища. [6]

У процесі вимірювань, подальшої обробки даних, а також формалізації результатів у вигляді математичної моделі виникають помилки і втрачається частина інформації, що міститься у вихідних даних. Використання методів експериментального проектування дає можливість визначити похибку математичної моделі і судити про її адекватність. Якщо точність моделі виявляється недостатньою, то застосування експериментальних методів проектування дозволяє модернізувати математичну модель додатковими експериментами без втрати попередньої інформації і з мінімальними витратами.

Мета планування експерименту полягає в тому, щоб знайти такі умови і правила проведення експериментів, при яких можна отримати достовірну і достовірну інформацію про об'єкт з найменшими трудовитратами, а також представити цю інформацію в компактній і зручній формі з кількісною оцінкою точності. [7]

Серед основних методів планування, що використовуються на різних етапах дослідження, можна виділити:

- планування скринінгового експерименту, основною цінністю якого є виділення значущих факторів з групи факторів, що підлягають подальшому детальному вивченню;
- планування експерименту з дисперсійного аналізу, тобто складання планів об'єктів з якісними факторами;
- планування регресійного експерименту для отримання регресійних моделей (поліноміальних та інших);
- планування екстремального експерименту, в якому основним завданням є експериментальна оптимізація об'єкта дослідження;
- планування при вивченні динамічних процесів і т.д.

Дизайн експерименту - це процедура вибору числа експериментів і умов їх проведення, які необхідні для вирішення завдання з необхідною точністю. Всі змінні, що визначають досліджуваний об'єкт, змінюються одночасно за спеціальними правилами. Результати експерименту представлені у вигляді математичної моделі з певними статистичними властивостями, наприклад, мінімальною дисперсією в оцінках параметрів моделі.

Для експериментаторів, які не беруть участі в проектуванні багатовимірною експерименту, найбільш поширеним методом дослідження є однофакторний експеримент. Вона полягає в тому, що один фактор змінюється на декількох рівнях, а всі інші фактори залишаються постійними.

Вплив інших факторів оцінити неможливо. Висновки про вплив досліджуваного фактора можуть істотно відрізнятися в залежності від рівня фіксації інших факторів.

Однак на практиці доводиться мати справу з багатофакторними об'єктами, де однофакторний експеримент неефективний.

У багатофакторних планах кілька факторів змінюються одночасно, а не кожен окремо.

План повинен бути складений таким чином, щоб можна було добре проаналізувати експеримент при статистичній обробці, перевірити, чи існують ефекти досліджуваних факторів, визначити величину цих ефектів (не бачити неіснуючих і не «пропустити» реальні ефекти), знайти найменший значущий ефект, Тощо. Оцінки впливу факторів можна вважати достовірними лише тоді, коли ні неоднорідність експериментальних одиниць, ні інші невраховані фактори не здатні привести до отриманого результату.

При проектуванні експерименту сам експеримент розглядається як об'єкт дослідження і оптимізації. Тут оптимальний контроль експерименту здійснюється в залежності від характеру досліджуваного об'єкта і цілей дослідження, обґрунтовано вибирається тип планування експерименту і метод обробки даних.

Планування багатовимірних експериментів - це новий підхід до організації та проведення екстремальних досліджень складних систем. Мета дизайну експерименту полягає в тому, щоб витягти якомога більше інформації при заданій вартості експерименту або мінімізувати витрати на отримання достатньої кількості інформації для вирішення проблем. Дизайн експерименту дозволяє зрівняти кількість експериментів із завданням.

Розробка багатовимірних експериментів зі зниженою грубою силою є потужним засобом підвищення ефективності досліджень і скорочення часу експерименту. У прикладі плану 27-4 для восьми факторів, кожен з яких змінюється на двох рівнях, кодованих +1 і -1, ці зміни наведені в таблиці 2.4.

У порівнянні з грубою силою, цей план скорочує кількість експериментів в 16 разів. Якби був проведений повний факторіальний експеримент, то $N = 2^7 = 128$ дослідів; а в даному плані $N = 8$.

Незважаючи на невелику кількість експериментів, такий дробовий факторіальний план має такі властивості:

Симетрія відносно центру експерименту: алгебраїчна сума елементів

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} = 0, \quad (2.5)$$

Таблиця 2.4 - Дробовий факторний план 2^{7-4}

Номер експерименту	Фактори							
	X_0		X_0		X_0		X_0	
1	+1	1	+1	1	+1	1	+1	1
2	+1	2	+1	2	+1	2	+1	2
3	+1	3	+1	3	+1	3	+1	3
4	+1	4	+1	4	+1	4	+1	4
5	+1	5	+1	5	+1	5	+1	5
6	+1	6	+1	6	+1	6	+1	6
7	+1	7	+1	7	+1	7	+1	7
8	+1	8	+1	8	+1	8	+1	8

Ортогональ будь-яких двох стовпчикових векторів плану: сума доданків та їх елементів дорівнює нулю.

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} X_{ui} = 0, j \neq u, u=1,2,\dots,k \quad (2.6)$$

Нормалізація: сума квадратів елементів у кожному стовпці дорівнює кількості експериментів.

$$\sum_{i=1}^N X_{ij}^2 = N \quad (2.7)$$

Завдання створення багатофакторного плану можна вирішити в Excel.

Для побудови експерименту ми вибираємо min і max від різних джерел тепла.

Рекуперація тепла з виробленням технологічної пари: min = 7982 кВт год, так як виходимо з вартості максимально низького котла для установки, max = 24750 кВт год, так як на пар потрібно не більше 9% від загального споживання тепла.

Повітряне опалення для потреб технології: min = 6946 кВт год, тобто мінімально можлива вартість обладнання для отримання гарячого повітря, max

= 72941 кВт год, так як є можливість рекуперації всього тепла, що надходить від відпрацьованих газів теплових печей.

Нагрів води для потреб гарячої води: $\min = 9768$ кВт год - необхідна теплова енергія тільки для гарячої води, що становить не більше 7% від загальних витрат підприємства на електроенергію за рік. $\max = 34\ 750$ кВт год - сума витрат на опалення та гарячу воду за рік, що становить близько 26% від загальних витрат.

Таблиця 2.5 - Дизайн експерименту для мінімальних і максимальних значень потужності

Назва досліджу	\max , кВт·год	\min , кВт·год
Рекуперація теплоти з отриманням технологічної пари	24750	7982
Підігрів повітря на потреби технології	72941	6946
Нагрів води на потреби ГВП	34750	9768

Розіб'ємо дані для побудови експерименту в таблицю 2.6.

Кількість тепла, що відводиться:

$$\sum_{i=1}^8 X_{ij}^2 = 603566 \text{ тис. кВт·год/рік.}$$

Коефіцієнти рівняння регресії обчислюються за формулою 2,8.

- Вільний термін рівняння, тис.

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{X}_{ij}}{N} \quad (2.8)$$

$$K_0 = 75445,75;$$

- Коефіцієнт регресії і-го фактора:

$$Q_1 = \frac{\sum_{u=1}^N X_u}{N} \quad (2.9)$$

Таблиця 2.6 - Проектування експерименту з виробленою тепловою енергією при мінімальній і максимальній потужності джерела

Номер експерименту	Рекуперация теплоти з отриманням технологічної пари, кВт·год	Підігрів повітря на потреби технології, кВт·год	Нагрів води на потреби ГВП, кВт·год	Q_{Σ} , кВт·год
1	24750	72941	34750	132441
2	7982	72941	34750	115673
3	24750	6946	34750	66446
4	7982	6946	9768	24696
5	24750	72941	9768	107459
6	7982	72941	9768	90691
7	24750	6946	9768	41464
8	7982	6946	9768	24696
Σ				603566

$$Q1 = 16366 \text{ тис.кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q2 = 39943,5 \text{ тыс. кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q3 = 9136,25 \text{ тС кВт}\cdot\text{г}.$$

Таким чином, рівняння регресії має вигляд:

$$B_{\Sigma} = 75445,75 + 16366 \cdot Zrt + 39943,5 \cdot RFP + 9136,25 \cdot ZNB$$

Таким чином, можна зробити висновок, що велика частина витрат йде на підігрів повітря для потреб техніки, найменше - на нагрів води для потреб гарячої води.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТІВ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок оптимальних співвідношень між джерелами тепла комбінованої системи

Для того, щоб знизити витрати тепла на паропостачання, опалення та гаряче водопостачання від центральної котельні і тим самим підвищити енергоефективність цеху, рекомендується розглянути ряд заходів. За методикою планування експерименту при пошуку оптимальних співвідношень враховуються економічні показники комбінованої системи теплопостачання.

Мінімальні і максимальні витрати на реалізацію кожного заходу будемо визначати окремо, не виходячи за межі технічної здійсненності, тобто потреби цеху в кожному енергоресурсі.

Рекуперація тепла з виробництвом технологічної пари: $\min = 92,104$ тис грн, оскільки, згідно з таблицею 2.8, виходимо з вартості мінімально можливого котла для установки, $\max = 285,592$ тис грн, так як на пар потрібно не більше 9% від загального споживання тепла.

Повітряне опалення для потреб технології: $\min = 65,591$ тис грн, тобто мінімально можлива вартість обладнання для отримання гарячого повітря, $\max = 583,771$ тис грн, оскільки є можливість утилізувати все тепло, що надходить від відпрацьованих газів термічних печей.

Підігрів води для потреб гарячої води: $\min = 20,626$ тис.грн. - теплова енергія потрібна тільки для гарячої води, що становить не більше 7% від загальних витрат підприємства на енергоносії за рік, $\max = 150,326$ тис. грн . - обсяг витрат на опалення та гарячу воду за рік, що становить близько 26% від загальної вартості, згідно з таблицею 2.8.

Зведена таблиця обмежень за вартістю реалізації кожного заходу в структурі комбінованої системи теплопостачання, не виходячи за рамки технічної можливості їх здійснення, наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Обмеження витрат на реалізацію елементів комбінованої системи теплопостачання

Назва досліджу	<i>max</i> , тис. грн.	<i>min</i> , тис. грн.
Рекуперація тепла за допомогою технологічної пари	285,592	92,104
Повітряне опалення для потреб обладнання	583,771	65,591
Підігрів гарячої води	150,326	20,626

За допомогою методу планування багатофакторних експериментів зі скороченням перерахування варіантів, що є потужним засобом підвищення ефективності досліджень і зменшення витрат часу на експеримент, встановлюємо оптимальні співвідношення між джерелами теплоти комбінованої системи теплопостачання. У цьому випадку (табл. 3.2) складається план з рядом варіантів 2^{7-4} за вісьмома факторами, кожен з яких змінюється на двох рівнях, кодованих +1 і -1 з урахуванням обмежень таблиці 3.1.

Таблиця 3.2 Розподіл витрат за методом проектування експерименту з урахуванням мінімальної та максимальної потужності обладнання

№	Рекуперація теплоти з отриманням пари, тис.грн	Підігрів повітря, тис.грн	Нагрів води на потреби ГВП, тис.грн	Сумарні витрати, тис.грн.
1	2	3	4	5
1	285,592	583,771	150,326	1,019,689
2	92,104	583,771	150,326	826,201

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
3	285,592	65,591	150,326	501,509
4	92,104	65,591	150,326	308,021
5	285,592	583,771	20,626	889,989
6	92,104	583,771	20,626	696,501
7	285,592	65,591	20,626	371,809
8	92,104	65,591	20,626	178,321
Σ				4792,04

Сума витрат

$$\sum_{i=1}^8 X_{ij}^2 = 4792,04 \text{ тис.}$$

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії:

- Вільний член рівняння:

$$B_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{X}_i}{N} \quad (3.1)$$

$$B_0 = \frac{4792,04}{8} = 599 \text{ тис. грн;}$$

- Коефіцієнт регресії і-го фактора:

$$B_1 = \frac{\sum_{u=1}^N \bar{P}_u S_{iu}}{N} \quad (3.2)$$

$$B_0 = \frac{1746,4}{8} = 218,3 \text{ тис. грн};$$

$$B_2 = 364,857 \text{ тис.грн.};$$

$$B_3 = 93,954 \text{ тис.грн.}$$

Таким чином, рівняння регресії має вигляд:

$$B = 599 + 218,3 \cdot B_{pm} + 364,857 \cdot B_{nn} + 93,954 \cdot B_{nv}.$$

Процентне співвідношення коштів між джерелами теплової енергії зображено на рисунку 3.1.

$$B_{pm} = 10\%, B_{nn} = 64\%, B_{nv} = 26\%$$

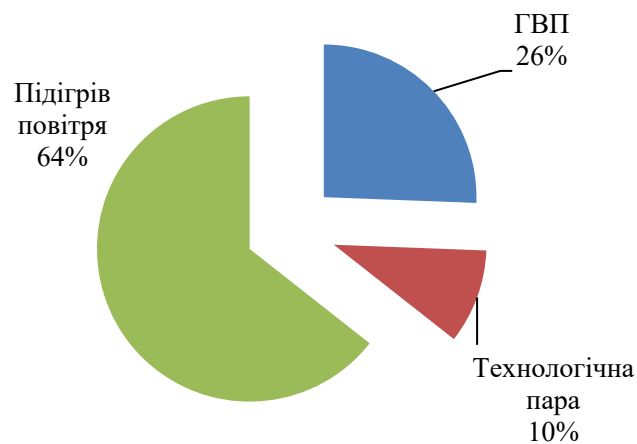


Рисунок 3.1 Співвідношення коштів між джерелами теплової енергії

Термін окупності впровадження комбінованої системи розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{E} \quad (3.3)$$

де K - капіталовкладення, тис.грн;

E - економія, тис.грн.

$$T_{ок} = \frac{677091}{235028} = 2,88 \text{ років.}$$

Таблиця 3.3 ілюструє переборний метод з різним відсотком частки джерел теплової енергії у вартості реалізації проекту.

Таблиця 3.3 - Спосіб передачі з вартістю проектів

Номер комбінації	Рекуперація теплоти з отриманням пари	Підігрів повітря	Нагрів води на потреби ГВП	Всього
	Вартість впровадження, тис. грн.			
1	2	3	4	5
1	171,36	479,31	61,07	711,73
2	209,43	528,47	14,09	751,99
3	133,28	399,42	131,54	684,23
4	95,20	362,55	169,12	686,87
5	57,12	565,34	23,49	695,94
6	247,51	516,18	14,09	777,78
7	152,32	467,02	75,16	694,50
8	114,24	511,71	126,84	752,79
9	38,08	577,63	18,79	694,50
10	285,59	319,54	155,02	760,15
11	228,47	374,84	126,84	730,15
12	76,16	479,31	84,56	690,02
13	114,24	497,74	61,07	693,05
14	133,28	424,00	112,74	690,02
15	266,55	411,71	89,26	767,52
16	218,280	364,857	93,954	677,09
17	228,47	467,02	56,37	751,86
18	38,08	540,76	46,98	625,81
19	171,36	460,87	75,16	707,39

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
20	114,24	485,45	70,47	670,15
21	247,51	417,86	89,26	754,63
22	209,43	442,44	79,86	731,73
23	247,51	436,29	75,16	758,97
24	152,32	473,16	70,47	695,94
25	114,24	516,18	46,98	677,39
26	190,39	522,32	23,49	736,20
27	228,47	497,74	32,88	759,10
28	38,08	583,77	14,09	635,94
29	57,12	559,19	28,19	644,50
30	247,51	362,55	131,54	741,60
31	152,32	516,18	37,58	706,07

Наведемо переборний метод з позначенням собівартості виробленої теплової енергії, представлений в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Переборний спосіб з різних джерел теплової енергії

Номер комбінації	Рекуперация теплоти з отриманням технологічної пари	Підігрів повітря на потреби технології	Нагрів води на потреби ГВП	Собівартість теплової енергії, грн/Гкал
	Відсоток, %			
1	2	3	4	5
1	9	78	13	860,4
2	11	86	3	847,1
3	7	65	28	843,7
4	5	59	36	841,2

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5
5	3	92	5	839,9
6	13	84	3	838,1
7	8	76	16	835,8
8	6	67	27	831,4
9	2	94	4	860,0
10	15	52	33	835,0
11	12	61	27	814,0
12	4	78	18	785,0
13	6	81	13	759,0
14	7	69	24	743,4
15	14	67	19	734,3
16	10	64	26	726,5
17	12	76	12	730,2
18	2	88	10	741,5
19	9	75	16	746,9
20	6	79	15	770,4
21	13	68	19	795,0
22	11	72	17	824,8
23	13	71	16	855,0
24	8	77	15	857,0
25	6	84	10	836,0
26	10	85	5	835,9
27	12	81	7	838,7
28	2	95	3	841,0
29	3	91	6	843,1
30	13	59	28	847,4
31	8	84	8	853,0

Таким чином, можна зробити висновок, що велика частина витрат йде на підігрів повітря для потреб техніки, найменше - на нагрів води для потреб гарячої води.

При використанні методу перенесення вдається отримати найбільш економічно обґрунтовану вартість 1 Гкал, для цього планується перерахувати всі можливі варіанти комбінування різних джерел теплової енергії.

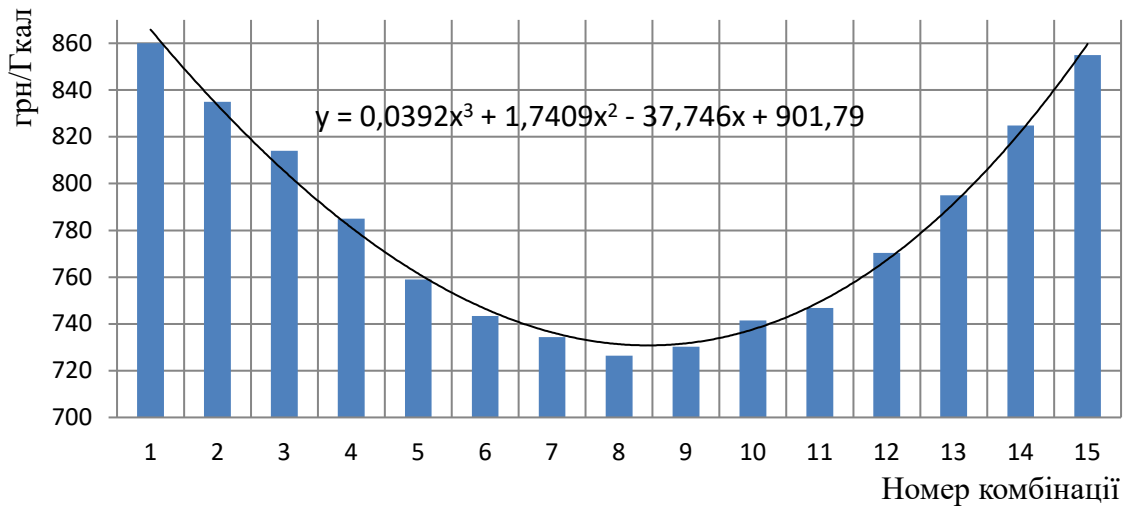


Рисунок 3.2 – Результат методу перебору

Таким чином, методом перерахування за критерієм мінімізації витрат на 1 Гкал теплової енергії встановлено оптимальне співвідношення між джерелами тепла. Його витрати склали 10% на технологічну пару, 26% на гаряче водопостачання та опалення, 64% на повітряне опалення.

3.2 Розрахунок економічних показників проекту утилізації теплової енергії з газів, що відходять від обладнання

Як приклад розраховано економічну ефективність утилізації теплової енергії газів, що відходять теплового обладнання з перетворенням в технологічну пару. Для парового котла-утилізатора проектної продуктивності

необхідна продуктивність становить 18750 ккал/год. Вартість обсягу газу, необхідного для такої потужності, становить 7800 м³:

$$\text{Вартість} = \sum V \cdot \text{тариф} = 7800 \cdot 3,9 = 30420 \text{ грн.}$$

Інвестиції будуть складатися з вартості котла-утилізатора і вартості монтажних робіт. У цьому випадку витрати на монтаж і пусконаладжувальні роботи складуть 7%, а на поточний ремонт і обслуговування основних фондів - 5% від капітальних витрат.

Розрахунок капітальних вкладень, грн:

$$K = K_B + K_{mp} + K_m + K_{ПНР} \quad (3.4)$$

де K_B - вартість обладнання, грн;

K_{mp} - транспортні витрати, грн;

K_m - вартість монтажних робіт, грн;

$K_{ПНР}$ - Вартість пусконаладжувальних робіт, грн

Розрахунок капітальних вкладень проводився за формулою 3.1. Вартість монтажу та пусконаладжувальних робіт:

$$K_m = 68000 \cdot 0,07 = 4760 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати полягають у наступному:

$$K = 68000 + 4760 = 72760 \text{ грн.}$$

Загальні капітальні витрати в країнах Перської затоки:

$$K = 72760 \cdot 3 = 218280 \text{ грн.}$$

Для того щоб зробити висновок про доцільність впровадження котлів-утилізаторів, необхідно визначити ряд техніко-економічних показників, а саме: річну вигоду від проекту, ефективність інвестицій і термін окупності.

–Щорічна вигода від експлуатації котлів-утилізаторів типу ГТУ-0,3-0,6 полягає в наступному:

$$E = 35880 \cdot 3 = 107640 \text{ грн.}$$

– Коефіцієнт використання капіталу:

$$E_p = \frac{107640}{218280} = 0,49.$$

– Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = \frac{218280}{107640} = 2,03 \text{ Років.}$$

Зведені показники реалізації котлів-утилізаторів типу ГТУГ за заздалегідь розрахованим процентним співвідношенням потужностей джерел теплової енергії в умовах ливарного виробництва зведені в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Техніко-економічні показники реалізації котлів-утилізаторів типу ГТУ в ливарних умовах

Немає/N	Економічні показники	Утилізатор котлів тип ГТУ
1	Капітальні видатки, грн	218280
2	Економічний ефект, грн	107640
3	Ефективність капітальних інвестицій	0,49
4	Термін окупності, років	2,03

Вартість системи утилізації теплової енергії, відпрацьованих газів теплового обладнання з метою отримання технологічної пари за рахунок впровадження котлів-утилізаторів становить 218,3 тис. Завдяки такій системі вдається скоротити споживання природного газу на 23,4 тис.

Кількість теплової енергії, що виробляється транспортним засобом, становить 18750 ккал/год, при роботі печей 5200 годин/рік витрати теплової енергії становитимуть:

$$Ste = \frac{47113}{0,01875 \cdot 5200} = 483,24 \text{ грн/Гкал}$$

Зведені техніко-економічні показники реалізації котлів-утилізаторів типу КВ за заздалегідь розрахованим процентним співвідношенням потужностей джерел теплової енергії в умовах ливарного виробництва зведені в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Техніко-економічні показники впровадження водогрійних котлів-утилізаторів типу КВ в умовах ливарного виробництва

N	Економічні показники	Утилізатор котлів Тип ВЧ
1	Капітальні витрати, тис.	93954
2	Економічний ефект, тис.	52588
3	Рентабельність інвестицій	0,56
4	Термін окупності, років	1,79

Вартість системи утилізації теплової енергії відпрацьованих газів теплового обладнання з метою отримання технологічної пари за рахунок впровадження котлів-утилізаторів становить 93,95 тис. Завдяки такій системі вдається скоротити споживання природного газу на 11,6 тис.

3.3 Розрахунок економічних показників реалізації запропонованих заходів в умовах ливарного виробництва АТ «Мотор Січ»

Техніко-економічні показники реалізації запропонованих енергозберігаючих заходів з урахуванням структури системи теплопостачання на їх основі і відповідного співвідношення між ними в умовах ливарного виробництва АТ «Мотор Січ» розраховані за наведеним алгоритмом і зведені в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Техніко-економічні показники реалізації запропонованих енергозберігаючих заходів в умовах ливарного виробництва АТ «Мотор Січ»

Пункт No	Економічні показники	Рекуперація тепла за допомогою технологічної пари	Повітряне опалення для потреб обладнання	Підігрів гарячої води	Система подій
1	Капітальні видатки, грн	218280	364857	93954	677091
2	Економічний ефект, грн	107640	74800	52588	235028
3	Рентабельність інвестицій	0.49	0.21	0.56	0.35
4	Термін окупності, років	2.03	4.88	1.79	2.88

Всі запропоновані проекти виявилися економічно вигідними, так як термін окупності не перевищує 5 років, а коефіцієнт капітальних вкладень і більше становить 0,15 відповідно.

Таким чином, на першому етапі встановлюються максимальні значення витрат на реалізацію кожного із запропонованих енергозберігаючих заходів, виходячи з мінімально можливого і найбільш доцільного використання для кожного з джерел тепла. На другому етапі методом перебору встановлено оптимальне співвідношення між джерелами тепла за критерієм мінімізації витрат на 1 Гкал теплової енергії.

Економічний ефект від запропонованих енергозберігаючих заходів графічно представлений на рисунку 3.3.

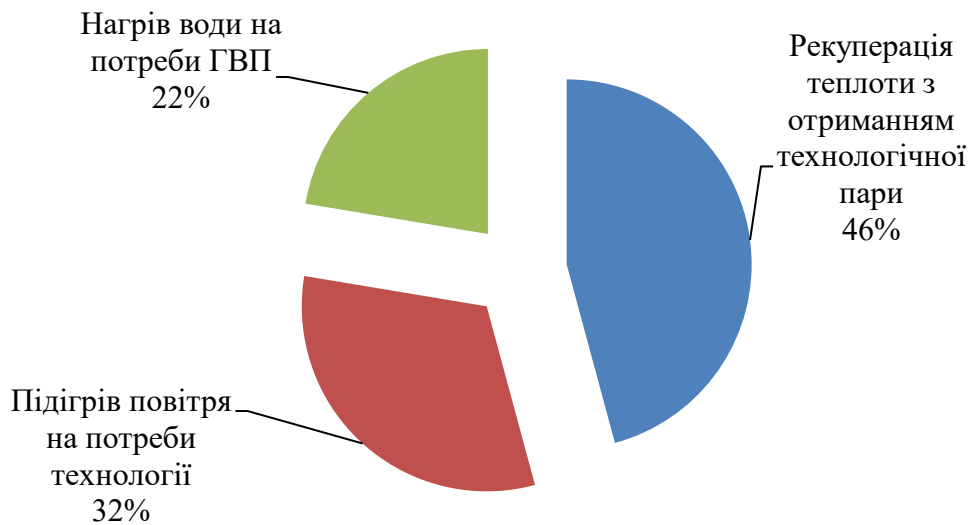


Рисунок 3.3 – Економічний ефект від запропонованих енергозберігаючих заходів

Споживання теплової енергії було таким: технологічна пара -10%, гаряче водопостачання та опалення – 26%, повітряне опалення – 64%. При цьому забезпечується 75% технологічної пари, 42% гарячої води та підігріву гарячої води та опалення, 39% повітряного опалення. Вартість 1 Гкал в оптимальному поєднанні становить близько 726,5 грн/Гкал. Термін окупності комбінованої системи склав близько 3 років, що не перевищує нормативного значення

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних і шкідливих факторів виробничого середовища

У дипломній роботі розглядаються питання економічної доцільності заходів з підвищення енергоефективності ливарного цеху АТ «Мотор Січ». Охорона праці під час будівництва та експлуатації забезпечується прийняттям рішень згідно з відповідними нормами та правилами.

Будівельні, електромонтажні та пусконаладжувальні роботи виконуються відповідно до чинних правил ЕІР, а також відповідно до чинних «Будівельних норм і правил», які затверджуються Державним комітетом будівництва.

В умовах експлуатації ливарного обладнання існують такі потенційні небезпеки: комутація, перенапруга; перехід більш високої напруги в більш низьку сторону; помилкові дії персоналу при оперативному перемиканні; можливість випадкового дотику до струмоведучих частин; пошкодження ізоляції електроустановок; Короткі замикання в електроустановках.

Технічне обслуговування обладнання цеху здійснюється черговим оперативним персоналом, що складається з п'яти осіб. Ремонт і технічне обслуговування виконуються спеціалізованими ремонтними бригадами. Електротехнологічний персонал виробничих цехів і дільниць, які не входять до складу енергослужби, що експлуатує електротехнологічні установки, і мають II групу з електробезпеки і вище, за своїми правами і обов'язками прирівнюються до електротехніки; У технічному плані він підпорядкований енергослужбі підприємства.

Керівники, які безпосередньо підпорядковані електротехнічному персоналу, повинні мати групу з електробезпеки не нижче, ніж у підлеглого персоналу. Вони повинні забезпечувати технічне керівництво та нагляд за цим персоналом.

Відповідно до ПТЕ з метою забезпечення норм охорони праці передбачається ряд захисних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці в ливарному цеху.

Виникнення короткого замикання в електроустановках може призвести до пошкодження обладнання та створити небезпеку ураження людей електричним струмом. Для забезпечення безпеки людей і запобігання пошкодженню обладнання проектом передбачені наступні заходи: розташування обладнання з дотриманням нормативних відстаней між струмоведучими частинами і землею; використання обладнання без конструктивних недоліків; Використання надійного заземлення з відповідним нормативним значенням опору; Монтаж релейного захисту окремих елементів обладнання.

4.2 Технічні рішення в галузі гігієни праці та виробничої санітарії

З метою виключення можливості випадкового дотику або небезпечної близькості до струмоведучих частин, згідно з проектом, передбачені наступні заходи відповідно до вимог ПТЕ: засоби індивідуального захисту від ураження електричним струмом, ізолюючі та вимірювальні електричні щипці; показники напруги, ізоляційні пристрої та ремонтні засоби; діелектричні рукавички, гумові килими, ізоляційні прокладки, переносні ґрунтовки, плакати та попереджувальні знаки. В процесі експлуатації ізолюючі захисні засоби періодично випробовуються підвищеною напругою по ПТЕ.

У зв'язку з тим, що ливарний цех віддалений від інших будівель, в проекті не застосовуються спеціальні заходи по шумоізоляції прилеглої території відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Загальні вимоги безпеки». Так як більш висока напруга в цеху не перевищує 1 кВ, то спеціального захисту від електромагнітних полів по ГОСТ 12.1.006.-84 «Електромагнітні поля радіочастот. Основні небезпеки роботи електрика перераховані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничо-трудового процесу електромонтера

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці.			Довготривалість дії фактору за зміну %
				1 ступ.	2 ступ.	3 ступ.	
1	3-4 кл. небезпеки напруженість електромагнітного поля, кВ	5	7,5	1,5р	-	-	85
2	Вібрація локальна, дБ	92	95	3	-	-	80
3	Шум, дБА	80	90	-	10	-	80
4	Мікроклімат у приміщенні: -температура повітря, °С	27	31	-	4	-	90
	-Швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,5	-	-	-	90
	-Відносна волога повітря,%	65	64	-	-	-	90
5	Тяжкість та напруженість праці	Категорія середньої важкості 2б; помірно-напружена					

Так, як видно з таблиці, умови праці помірно важкі, робота помірно напружена і вимагає заходів щодо її поліпшення і полегшення.

4.2.1 Природне і штучне освітлення

Приміщення ливарного цеху АТ «Мотор Січ» забезпечуються достатнім природним освітленням, а в нічний час - електричним освітленням. Місця, які з технічних причин не можуть бути забезпечені природним світлом, забезпечуються електричним освітленням. Освітлення відповідає СНиП 2-4-79 «Природне і штучне освітлення».

Характеристика приміщень цеху:

- Характер роботи	Постійний моніторинг
- Розслаблення зорової роботи	8
- підкатегорія робіт	В
- Контраст об'єкта визнання	Гарна робота
-тіло	Світлий
- коефіцієнт природної освітленості E_n З верхньою і комбінованою. Освітлення	0,9%
- коефіцієнт природної освітленості E_n При звичайному освітленні	0,3%

Раціональне освітлення має важливе значення для створення сприятливої робочої обстановки. Незадовільне освітлення ускладнює роботу, призводить до зниження продуктивності і працездатності очей, може бути причиною їх захворювань і нещасних випадків.

На промислових підприємствах штучне освітлення поділяють на робоче (для роботи в нічний час або в місцях без достатньої кількості природного освітлення), аварійне (для робіт у разі аварійного відключення робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей з приміщення у разі аварійного відключення робочого освітлення) та охоронне. При необхідності частина ламп того чи іншого типу освітлення використовується для аварійного освітлення. Використовуються ртутно-дугові лампи (ДРЛ).

Штучне освітлення проектується двома системами: загальною (рівномірною або локалізованою, з урахуванням розташування робочих місць) і комбінованою, коли до загального освітлення додається локальне освітлення. Не допускається використання тільки місцевого освітлення, так як різкий контраст між яскраво освітленими і неосвітленими ділянками стомлює око, уповільнює швидкість роботи і часто є причиною аварій. Для штучного освітлення використовуються стельові світильники типу ДРЛ-150, або світильники типу Астра. Для локального освітлення використовуються лампи розжарювання потужністю 150 Вт і лампи НСП-200.

Відповідно до СНиП II-4-79 «Природне і штучне освітлення» на території підстанції передбачені наступні норми освітлення: приміщення обладнання зв'язку – 150 лк; пульт управління приміщенням - 100 лк; Зовнішнє освітлення - 0,5 лк. Зовнішнє освітлення реконструйованої підстанції здійснюється прожекторними світильниками типу СЗГ, які встановлюються на спеціальних щоглах. світильники СЗЛ встановлюються на стійці СВ-95-1 на висоті 7 м; Світильники СЗЛ призначені для освітлення трансформаторів. Внутрішня здійснюється при напрузі 220 В люмінесцентними лампами і лампами розжарювання. Осередки КМ-1 Ф освітлюються лампами розжарювання, встановленими в стіні відсіку, доступ до яких повинен бути тільки для персоналу повітряного судна, який повинен виконувати всі вимоги безпеки відповідно до [2]. Аварійне освітлення передбачає найменш допустиму освітленість. Для закритих приміщень він становить 5 лк, але не менше 2 лк, в проходах і сходових клітках приміщень не менше 0,5 лк, на відкритих майданчиках не менше 0,2 лк.

4.2.2 Санітарно-побутові приміщення

При облаштуванні санітарно-побутових приміщень в дипломній роботі керуємося СНиП 2.09.04-87 «Адміністративно-побутові будівлі». Зведення стін,

вікон, стель і т.д. у виробничих приміщеннях відповідає санітарним нормам, забезпечує сприятливі умови праці для працюючого персоналу.

До побутових об'єктів належать приміщення для задоволення санітарних потреб працівників під час їх перебування на роботі: їдальні, роздягальні, душові, туалети, вбиральні, запас питної води та комора для інвентарю. На території підприємства працюють медпункти, укомплектовані аптечками та іншими медикаментами.

4.2.3 Шум і вібрація в ливарному цеху

Робота обладнання, а також пульсація потужного електричного поля всередині печей ливарного цеху створюють шум і вібрацію. Тому існують різні види шуму. Серед них можна виділити механічні (вентилятори, двигуни), аеродинамічні (газоходи, насоси, вентилятори), гідродинамічні (трубопроводи). Найбільший шум - в електролізному цеху, середній - на робочому місці оператора, а найнижчий - в побутових і допоміжних приміщеннях.

Сильний шум шкідливо впливає на здоров'я людини. Тривалий шум, який пригнічує, впливає на центральну нервову систему, а через неї і на весь організм. Це свідчить про необхідність розробки та впровадження заходів щодо зниження шуму та захисту обслуговуючого персоналу від нього.

З метою зниження шуму використовуються звукоізоляційні конструкції:

- звукоізольоване місце управління робочим місцем оператора електролізера;
- Звукоізоляція трубопроводу.

Джерелом вібрації в ливарних цехах є насоси, двигуни, пічні трансформатори та ін. Максимально допустимий рівень вібрації - 92 дБ. Вплив вібрації призводить до різних порушень здоров'я людини і може викликати вібраційну хворобу. Загальна вібрація впливає на нервову і серцево-судинну системи людини, відбувається

порушення в вестибулярному апараті, порушується обмін речовин, виникають головні болі, погіршується сон і т.д.

В якості захисних заходів використовується віброізоляція. Для зменшення передачі вібрацій і шуму по повітроводах і трубах їх з'єднують з вентиляторами і насосами за допомогою гнучкої вставки з прогумованої тканини. Під джерелом вібрації встановлюють міцну основу.

Згідно ГОСТ 12.1.012-90 «Вібрація. Загальні вимоги безпеки» на проєктованій підстанції захист від вібрацій здійснюється за рахунок застосування віброгасників, зниження рівня вібрації за рахунок установки трансформаторів на фундаментах.

4.3 Заходи щодо поліпшення умов праці

Відповідно до вимог охорони праці була проведена компоновка обладнання цеху, визначений комплекс заходів з охорони праці. Використано засоби контролю параметрів автоматичної системи управління технологічними процесами, а також систему протиаварійних заходів та блокувань. Електрообладнання та заходи щодо його безпечної експлуатації. Безпечні умови експлуатації багато в чому залежать від пристроїв, які потрібно захистити.

Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Електрична безпека. Терміни та визначення» обладнання котельні забезпечується робочою ізоляцією – електричною ізоляцією струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу та захист від ураження електричним струмом.

Відповідно до ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Електротехнічні вироби. Загальні вимоги безпеки» електротехнічні вироби котельні за способом захисту людини від ураження електричним струмом відносяться до 1 класу, в якому є робоча ізоляція, а також є елемент для заземлення. Враховуючи вимоги Правил улаштування електроустановок, НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної

експлуатації електроустановок споживачів», ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Система стандартів безпеки праці. Електротехнічні вироби. Загальні вимоги безпеки» обладнання котельні забезпечується від перевантажень автоматизованою системою управління. Захисне заземлення слід використовувати для запобігання ураженню електричним струмом при дотику до металевих частин під напругою в результаті порушення ізоляції. Для розподілу електроенергії котельня обладнана модульною шафою з автоматичним вимикачем і магнітним пускачем.

Перед пуском електродвигунів подається попереджувальний сигнал. Особи, які обслуговують електроустановки, мають кваліфікаційну групу не нижче 3. Всі деталі, які проводять струм, ізольовані. В якості захисної ізоляції використовуються термостійкі лаки, плівки, емалеві і масляні фарби, а також запірні пристрої для запобігання помилкових спрацьовувань за допомогою автоматичних вимикачів.

Захисне заземлення електроприймачів здійснюється сталевими трубами, опір заземлюючого пристрою не перевищує 4 Ом. Положення «включено» і «вимкнено» чітко позначені на проводах комутаційних апаратів. Для захисту від короткого замикання використовуються швидкодіючі релейні захисти і вимикачі, запобіжники.

У семінарі реалізовано комплекс організаційних заходів, спрямованих на запобігання виникненню надзвичайних ситуацій. До таких заходів можна віднести чітке розмежування обов'язків обслуговуючого персоналу, доручення обслуговування окремих одиниць обладнання конкретним працівникам, розробку посадових інструкцій для всіх категорій працівників і періодичну перевірку знань персоналу.

З метою запобігання аварійних ситуацій такий об'єкт, як цех електролізу, підлягає періодичному огляду і випробуванню обладнання територіальними органами Держгірпромнагляду. Для запобігання витоку газу через зварні та болтові з'єднання, запірну арматуру, газопровід у зборі складають іспит Державного нагляду з охорони праці України.

Дотримання всіх правил і норм техніки безпеки призводить до значного зниження нещасних випадків на виробництві.

4.4 Заходи з електробезпеки

Для забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу і нормальної роботи систем релейного захисту і автоматики захисне і експлуатаційне заземлення пристроїв цих систем виконується відповідно до вимог ЕІР.

Для контрольно-вимірювальних кіл трансформаторів струму і трансформаторів напруги повинні застосовуватися кабелі з металевою оболонкою або оболонкою і бронею. Не допускається об'єднання в одному контрольному кабелі ланцюгів різних класів випробувальної напруги, ланцюгів вимірювання напруги і струму, ланцюгів управління з вимірювальними і сигнальними ланцюгами, а також з силовими ланцюгами.

Кабельні лінії різного призначення рекомендується прокладати по різних трасах, з'єднуючи кабелі з горизонтальними заземлювачами. Металеві оболонки і броня кабелю повинні бути заземлені в місці входу релейного щита в будівлю, а також в місцях остаточного роз'єднання кабелів. Металеві коробки, через які прокладаються кабелі, повинні бути заземлені з інтервалом 5-10 метрів.

Для схем «машина-машина» слід використовувати тільки екрановані симетричні кабелі. Ці кабелі повинні бути прокладені якомога далі від силових ланцюгів.

В цілому, в залежності від характеру ПУЕ на лінії зв'язку і підключеного до них релейного обладнання, можна рекомендувати наступні способи захисту:

- Використання двопровідних симетричних ліній зв'язку, добре ізольованих один від одного і від землі;
- відмова від використання однопровідних зовнішніх ліній зв'язку;

- екранування підземних кабелів мідною, алюмінієвою, свинцевою оболонкою або прокладання їх в металоконструкціях, трубах;
- електромагнітне екранування вузлів і агрегатів обладнання;
- Використання різних видів пристроїв захисту від входу та засобів блискавкозахисту (кабелі, контури заземлення тощо).

Для захисту від прямого контакту використовуються такі заходи: ізоляція струмоведучих частин; паркани та снаряди; Бар'єри; Розміщення в недоступному місці. В якості заходів захисту при непрямому контакті застосовуються: Автоматичне відключення живлення; ізоляційні зони; еквіпотенціальна система зв'язку; Електричне розділення ланцюгів.

Існуючі та проєктовані заходи захисту від ураження електричним струмом відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037, ДСНіП 239-96, ГОСТ 12.1.002-84, Д СанПіН 3.3.6-2002.

Струмоведучі частини повністю покриті ізоляцією, видалити яку можна тільки шляхом руйнування. Ізоляція струмоведучих частин електрообладнання повинна відповідати стандартам або технічним умовам, що пред'являються до відповідного електрообладнання. Струмопровідні частини електрообладнання та шинопроводів знаходяться в недоступному місці на висоті не менше 3,2 м над рівнем землі.

Розподільчий пристрій 6 кВ розташований в окремому приміщенні. Струмоведучі частини розподільного пристрою укладені в корпуси, що забезпечують ступінь захисту не нижче IP2X по ГОСТ 14254.

Для електричного обладнання, яке може утримувати електричний заряд після відключення (наприклад, конденсатори), необхідно зробити попереджувальну етикетку, щоб уникнути дотику до нього. Перш ніж торкатися струмоведучих частин відключених конденсаторних батарей, необхідно провести додатковий розряд шляхом короткого замикання висновків і до корпусу металевим прутком із заземлюючим провідником, насадженим на ізолюючий стрижень.

Для забезпечення автоматичного відключення електроенергії необхідно реалізувати систему заземлення і базову систему вирівнювання потенціалів, а також забезпечити гармонізацію характеристик захисних пристроїв, що здійснюють дане відключення.

4.5 Засоби індивідуального захисту

Для захисту органів слуху використовуються зовнішні і внутрішні протишумові пристрої (антифони). В якості зовнішнього протишумного пристрою рекомендується використовувати навушники з шумозаглушенням, що закривають вушну раковину, а в якості внутрішнього протишумного навушника - штекери і вкладиші, які вставляються в зовнішній слуховий прохід.

Ступінь шумозаглушення залежить від конструкції та частоти шумозаглушення. Штекери гасять шум на 5-7 дБ на частотах до 500 Гц і на 15 дБ на частотах вище 3000 Гц. Шумозаглушення МІОТ послаблює шум до 8 дБ на частотах до 500 Гц і до 55 дБ на частотах 5000-7000 Гц. Для захисту від низькочастотних шумів підходять заглушки - кліпси, що представляють собою гумові заглушки з плоскою торцевою поверхнею, які закріплюються на ободі з підпружиненого сталевого дроту діаметром 1,5-2 мм.

4.6 Технічні рішення щодо забезпечення умов праці з точки зору електробезпеки

Відкриті струмопровідні частини електроустановки повинні бути з'єднані з системою заземлення за допомогою захисних провідників. У цеху використовується система заземлення типу TN-C.

Захисне заземлення і заземлення системи блискавкозахисту будівель і споруд заводу здійснюється за допомогою одного загального заземлюючого пристрою. В якості заземлюючих пристроїв використовуються природні і штучні заземлювальні пристрої, з'єднані сталеву смугою 40x4. Опір заземлюючого пристрою, характерне для високовольтних і низьковольтних електроприймачів, не повинно перевищувати 0,5 Ом в будь-який час року.

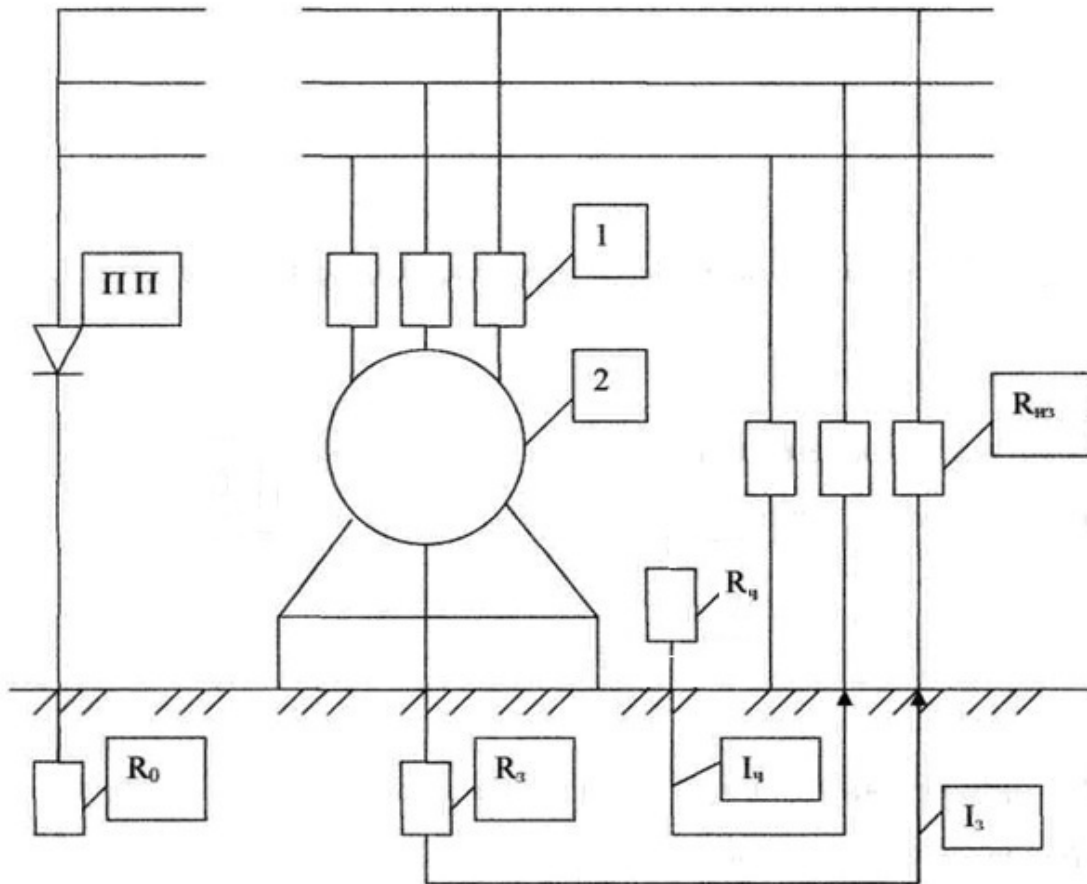
Кожна конструкція має базову систему зрівнювання потенціалів, яка реалізується шляхом приєднання до основної заземлювальної шини електроустановки наступних струмопровідних частин: захисні провідники; заземлювальні провідники захисних і блискавковідводних заземлювальних пристроїв; металеві труби комунікацій; металеві частини каркаса будівлі (споруди) та металоконструкцій промислового призначення; металеві частини систем вентиляції та кондиціонування; основні металеві частини будівельних конструкцій; металеві оболонки, щити та броньовані кабелі.

Всі стики виконуються за допомогою зварювання. Відкриті лінії заземлення покриваються антикорозійною фарбою.

Ураження людини електричним струмом може статися не тільки при дотику до струмоведучих частин, але і в результаті контакту з металевими корпусами електрообладнання, які випадково опинилися під напругою в результаті пошкодження ізоляції. Для запобігання подібних випадків ураження електричним струмом широко використовуються захисні заземлення і занулення. Щоб обчислити подовження землі, спочатку визначимо опір струму одного вертикального електрода.

В якості заземлення візьмемо вертикальні стрижневі електроди довжиною 10 м і діаметром 11 мм.

Принципова схема заземлення електрообладнання показана на рисунку 4.1.



ПП - пробивний запобіжник;

R_0 - заземлення нульової точки трансформатора;

$R_з$ - пристрій заземлення;

$R_{из}$ - ізоляція;

$I_з$ - струм, замикання на землю;

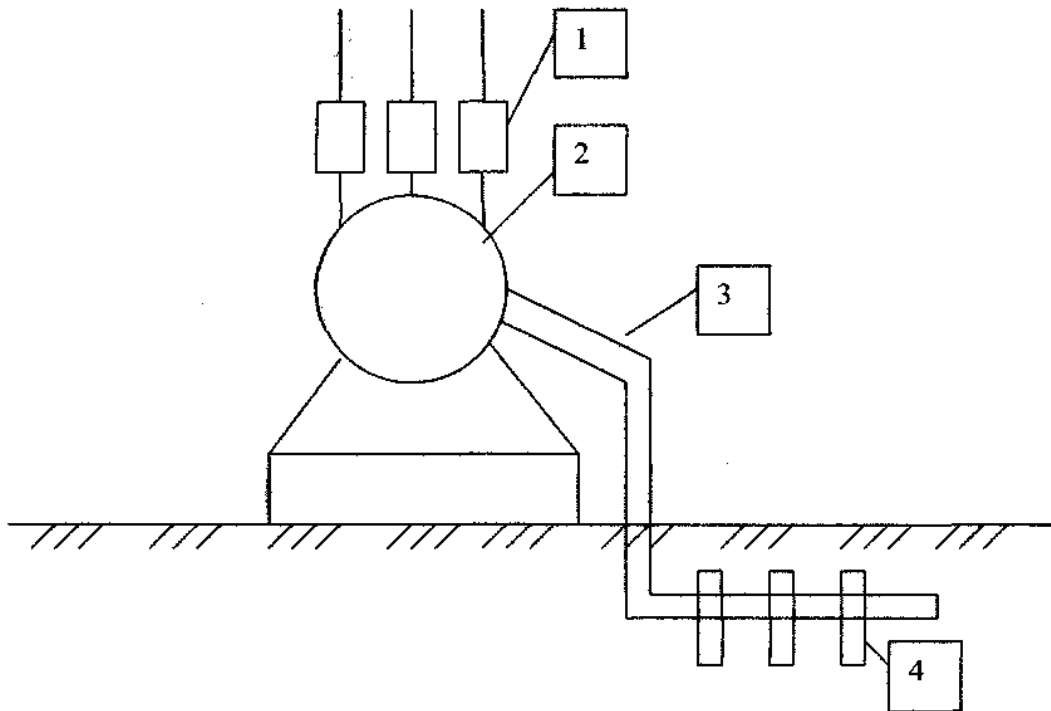
$I_ч$ - струм, що протікає через людину;

1 - охоронці;

2 - Електродвигун

Рисунок 4.1 Принципова схема захисного заземлення

Принципова схема заземлюючого пристрою показана на рисунку 4.2.



- 1 - плавкі вставки;
- 2 - електродвигун;
- 3 - сполучна смуга;
- 4 – трубчасте заземлення

Рисунок 4.2 Конструкція заземлюючого пристрою

Глибина середини електрода від поверхні землі:

$$t = t_0 + \frac{1}{2},$$

де t_0 – відстань від верхньої точки трубчастого заземлення до поверхні землі,
м (t_0 – від 0,5 до 1 м).

У нашому випадку $t_0 = 0,5$ м.

Для початку обчислимо: $m; t = 0.5 + \frac{10}{2} = 5.5$

$$R_e = \frac{\rho}{(2\pi \cdot l)} \cdot \left[\left(\ln \cdot \frac{2l}{d} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4t+l}{4t-l} \right) \right] \quad (4.1)$$

де R_e – опір поширенню струму одного вертикального електрода, Ом
 ρ - питомий опір ґрунту в точці заземлення, Ом м
 l - довжина трубчастого електрода, м
 d - діаметр трубчастого електрода, м
 t - глибина середини електрода від поверхні землі, м
 Тепер у нас є всі метрики для розрахунку R_e :

$$R_e = \frac{100}{(2 \cdot 3.14 \cdot 10)} \cdot \left[\left(\ln \frac{2 \cdot 10}{0.011} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 5.5 + 10}{4 \cdot 5.5 - 10} \right) \right] = 9.07 \text{ Ом.}$$

Знайдену величину R_e порівнюємо з допустимим опором заземлюючого прибору $R_{\text{дон}}$.

R_e (9,07 Ом) > $R_{\text{дон}}$ (4 Ом), тобто потрібно знайти необхідну кількість вертикальних електродів.

Для цього спочатку розрахуйте попередню кількість заземлень без урахування типу підключення (воно повинно бути цілим числом) за формулою:

$$n' = \frac{R_e}{R_{\text{дон}}} \quad (4.2)$$

де $R_{\text{дон}}$ - допустимий опір подовжувача заземлення, Ом береться в залежності від напруги, що подається на електроустановку.

У нашому випадку: 4 Ом для установок до 1000 В.

$$n' = \frac{9.07}{4} \approx 3 \text{ шт.}$$

Потім встановлюємо необхідну кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{n'}{\eta_e}, \quad (4.3)$$

де η_e - коефіцієнт використання вертикальних електродів, який враховує обопільне екранування.

Для вибору цього коефіцієнту приймаємо значення відношення відстані між електродами до їх довжини «параметр але і вибираємо зо залежно від попередньої кількості заземлень n_l і «параметру а».

Візьмемо $a = l$. Заземлення розміщують в ряд. То:

$$n = \frac{3}{0.73} \approx 5 \text{ Шматок.}$$

Знаючи кількість заземлень, знаходимо довжину *шатуна* (L), який з'єднує всі вертикальні стрижневі електроди за формулою:

$$L = a \cdot n \cdot l \quad (4.4)$$

де l - це відношення відстані між електродами до їх довжині.

Обчислимо довжину з'єднувальної струни:

$$L = 1 \cdot 5 \cdot 10 = 50 \text{ м.}$$

Розрахуємо опір поширенню струму сполучного типу без урахування екранування за формулою:

$$R_{uu} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t_0} \right] \quad (4.5)$$

де b – ширина приєднувального типу, м $b = d$.

$$R_{uu} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 50^2}{0.011 \cdot 0.5} \right] = 3.64 \text{ Ом.}$$

Нарешті, визначаємо сумарний опір заземлюючого подовжувача R_3 , який є результатом опору вертикальних електродів і опору з'єднувального типу:

$$R_3 = \frac{R_e \cdot R_{uz}}{R_e \cdot \eta_{uz} + R_{uz} \cdot \eta_l \cdot n} \quad (4.6)$$

Обчислимо загальний опір заземлюючого пристрою R_z :

$$R_3 = \frac{9,07 \cdot 3,64}{9,07 \cdot 0,72 + 3,64 \cdot 0,72 \cdot 5} = 1,68 \text{ Ом.}$$

Отримане R_3 порівнюємо з $R_{\text{дон}}$.

R_3 (1,68 Ом) < $R_{\text{дон}}$ (4 Ом), тобто опір заземлюючого пристрою менше допустимого опору.

Висновок: Заземлення спроектоване з урахуванням стандартів і забезпечує безпеку працівників.

4.7 Пожежна безпека

Відповідно до вимог СНиП 2.01.02-85 «Будівельні норми і правила, правила пожежної безпеки» цех відноситься до категорії «Г» за ступенем вогнестійкості будівельних конструкцій. Проектом передбачена можливість швидкої евакуації людей з цеху. Ливарний цех має два запасних виходи з протилежних сторін будівлі. Двері з службових і допоміжних приміщень відкриваються в бік майстерні. Також є дві пожежні драбини.

Пожежогасіння на підстанції забезпечує міська пожежна охорона, а також первинні засоби пожежогасіння, які встановлюються на протипожежних щитах згідно з таблицею 4.1.

До основних засобів пожежогасіння в цеху відносяться: пінні вогнегасники ОВП-10, порошкові вогнегасники ОП-5, ОП-7, пожежне обладнання (ковдра з теплоізоляційного листа, ящики з піском, діжки з водою, пожежні відра, лопати, гаки, ломи, сокири та ін.). У цеху є внутрішній протипожежний водопровід з пожежними гідрантами і шлангами, а також пожежні щити, до складу яких входять: два вогнегасники, ящик з піском, два лома, три гака, дві лопати.

Таблиця 4.2 – Первинні засоби пожежогасіння на підстанції

Ім'я Обладнання	Найменування та тип засобів пожежогасіння	Кількість Шматок.
ВРУ – 35 кВ	Ящик з піском	2
	Щит с первинними засобами вогнегасіння	2
	Вогнегасник ОУ 8	2
ЗРУ-10 кВ	Вогнегасник ОУ 8	4
	Пересувний вогнегасник ОУ 80	1
ЗПК	Вогнегасник ОУ 2	4

Один раз на квартал для персоналу цеху проводяться інструктажі з пожежної безпеки, інструктажі з охорони праці та пожежної безпеки. Ступінь вогнестійкості всіх будівель відповідно до СНиП2.01.02-85 «Протипожежні норми проектування будівель і споруд» - II.

4.8 Охорона навколишнього середовища

Стан навколишнього природного середовища в Україні викликає серйозне занепокоєння, оскільки є наслідком економічних помилок та екологічних прорахунків, оскільки самовідновлення та самоочищення природного середовища

вже неможливе, а відбувається активна деградація та небезпечне знищення природних ресурсів [10]. .

У зв'язку з цим сформульовано основні шляхи виходу України з найважчої екологічної кризи:

- розроблення інтегрованих природоохоронних програм на основі моніторингових спостережень;

- Збільшення витрат на охорону природи та прискорення темпів будівництва природоохоронних об'єктів

- заборона відхилень від проектів, які завдають шкоди навколишньому середовищу і т.д.

Проектовані об'єкти системи електропостачання станції не мають шкідливих джерел впливу на навколишнє середовище.

Електрообладнання цеху не споживає воду і повітря в технологічному процесі, тому викиди забруднюючих речовин в атмосферу і воду відсутні.

Електромагнітне випромінювання від електрообладнання та кабельних ліній потужністю частоти знаходиться в межах допустимих санітарних норм СН 245-75.

Випромінювання від встановленого електрообладнання збільшується, природний фон відсутній. Низький рівень шуму і вібрації від встановленого електрообладнання забезпечується їх конструктивними рішеннями за рахунок низької потреби в механічній енергії і становить 20 дБ, що не перевищує допустимих норм по СНиП II-12-77 «Захист від шуму». При будівництві максимально зберігаються зелені насадження і рослинний покрив в місцях зведення фундаментів і установки опор, після будівництва відновлюються зелені насадження і рослинний покрив.

При виникненні аварійних ситуацій в проектованій системі електропостачання відсутні шкідливі викиди, небезпечні для життя і здоров'я людей. З урахуванням екологічної безпеки об'єкта природоохоронні заходи не передбачені.

ВИСНОВКИ

1) Досліджено джерела відпрацьованого тепла в ливарному цеху АТ «Мотор Січ» та визначено можливість його використання для технологічних та інших потреб з метою зниження споживання електроенергії;

2) Запропоновані заходи з енергозбереження на зазначеному об'єкті виходячи з економічної доцільності їх здійснення, визначено структуру та послідовність реалізації запропонованих енергозберігаючих заходів;

3) Визначено оптимальні частки розподілу теплового навантаження між джерелами енергії: технологічним паром, гарячим повітрям та водяним опаленням для потреб гарячого водопостачання. Для цього на першому етапі встановлюються максимальні значення витрат на реалізацію кожного із запропонованих заходів, виходячи з мінімально можливого і максимально доцільного використання для кожного з джерел тепла.

4) Оптимальне співвідношення між джерелами тепла встановлено розрахунковим експериментом методом перебору за критерієм мінімізації витрат на 1 Гкал теплової енергії. Його витрати становили 10% на технічну пару, 26% на гарячу воду та 64% на повітряне опалення. При цьому забезпечується 75% технологічної пари, 42% гарячого водопостачання та 39% повітряного опалення. Вартість 1 Гкал в оптимальному поєднанні становить близько 726,5 грн/Гкал. При цьому потенційна кількість зекономленої електроенергії для підтримки цих технологічних циклів становитиме близько 654 тис кВт·год/рік. Термін окупності комбінованої системи становить не більше 3 років, що не перевищує нормативного значення.

ПОСИЛАННЯ

1. Чілікін М.Г., Сендлер А.С. Загальний курс електроприводу: підручник / М.Г. Чілікін, А.С. Сендлер – 6-е вид., переглянуто. та дієтичних дощавок. М., Видавництво «Енергоіздат», 1981, 576 с.
2. Фотьєв М.М. Електропривод і електрообладнання металургійних цехів [Текст]: підручник / М.М. Фотьєв – М.: Изд-во «Металургія», 1990.-352 с.
3. Копилов, І.В. Електричні машини [Текст]: Підручник/ І. Копилов – М.: Видавництво «Енергоатоміздат», 1986.-360 с.
4. Загірняк М. В., Невалін Б. І. Електромашини: підручник. – 2-ге вид., перероблене. та дієтичних дощавок. Київ, Знаннє видавництво, 2009. – 399 с. – ISBN 978-966-336-644-6.
5. Закладний О.М., Проховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження з використанням промислового електроприводу. – К.: Кондор, 2005. – 408. – ISBN 966-7665-23-2.
6. волинський, б.с. електротехніка [текст]/ б.а. волинський,. Е.Н. Зейн, В.Е. Шетрніков.-М.: Енергоатоміздат, 1987.-528 с.
7. Тихомиров А. К. Теплоставање районного міста [Текст]: Підручник / А. К. Тихомиров. Хабаровськ: Тихоокеанське видавництво, 2006. – 135 с. ISBN 5 – 7389 – 0515 – 6.
8. Качан Ю.Г. Основи енергозбереження / Ю.Г. Качан.- Запоріжжя: ЗДІА, перевидання. 2005.-184 с.
9. Качан Ю.Г., Артем'єв В.В., Воронін О.Г., Видавництво ЗДІА, 2006.-50 с.
10. Методи зниження втрат в теплових мережах [Електронний ресурс] Енергосовет.– Режим доступу: \WWW/ URL: <http://www.energsovet.ru/stenergo.php?idd=156> – Заголовок з екрану.
11. Методи зниження втрат в теплових мережах [Електронний ресурс] Енергосовет.– Режим доступу: \WWW/ URL: <http://www.energsovet.ru/stenergo.php?idd=156> – Заголовок з екрану.

12. Регулювання обертання синхронних двигунів [Електронний ресурс] Електричні машини.– Режим доступу: \WWW/ URL: http://www.induction.ru/library/book_002/glava6/6-15.html– Назва з екрану.

13. Частотне регулювання насоса – переваги і недоліки [Електронний ресурс] OptiElectro.– Режим доступу: \WWW/ URL: http://optimele.ru/articles/poleznye_sovety/chastotnoe_regulirovanie_nasosa_preimus_hchestva_i_nedostatki/– Заголовок з екрану.

14. Каталог продукції Siemens [Електронний ресурс] Siemens.– Режим доступу: \WWW/ URL: <http://www.siemens-ru.com/taxonomy/term>– Заголовок з екраном.

15. Князевський Б.А. Охрана труда в электроустановках / Б.А. Князевський – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 278 с.

16. Ботштейн В. А., Каневський А. Л., Литвиненко В. Г., Скоромний А. Л. // Екологія і промисловість. – 2011. – № 1. – С. 85–90. – [Електронний ресурс] Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom_2011_1_18 – 10.11.18 – Назва проекту.

17. Інтегроване планування та управління енергозберігаючими процесами в енергетичному комплексі підприємства / Барбасова, Т. А. – 2019 – [Електронний ресурс] – Режим доступу: WWW/URL: http://eneff.susu.ru/publish/Integrirovannoye_planirovaniye_i_upravleniye_protsesta_mi_yenergosberezheniya_v_teployenergeticheskom_komplekse_metallurgicheskogo_predpriyatiya/ – 14.11.2021 – Назва з екрану.

18. Переклад на умовне паливо [Електронний ресурс] – Режим доступу: WWW/URL: http://www.vinser-audit.ru/fuel_calc – 16.11.2022 – Назва з екрану.