

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 ефективності споживання електричної енергії насосною станцією підкачування ПрАТ «Дніпроспецсталь»

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)

Жеребіло К. В.

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц., Коваленко В.Л.

(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**


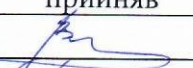

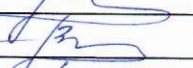



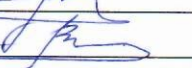
Жеребіло Кирилу Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи Підвищення ефективності споживання електричної енергії насосною станцією підкачування ПрАТ «Дніпроспецсталь»
керівник роботи Коваленко В.Л., д.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 Витрата води на нагрівальні печі залежить від їх типу, продуктивності, величини злитків, що нагріваються і становить на 1 т металу від 0,3-0,5 м³ до 8 м³; водопостачання цехів оборотне, з роздільною (через різні труби) подачею води.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз технологічного процесу оборотного циклу. 2) Визначення можливості підвищення ефективності споживання електричної енергії обладнанням насосної станції підкачування ПрАТ «Дніпроспецсталь» 3) Розрахунок витрат на реалізацію енергозберігаючих заходів й економічного ефекту від їх впровадження 4) Охорона праці та техногенна безпека.
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1) Існуюча схема оборотного водопостачання 2) Характеристики насосного агрегату та мережі 3) Засоби підвищення ефективності системи водопостачання 4) Модернізована схема водопостачання 5) Характеристики насосного агрегату

та мережі після модернізації 6) Техніко - економічні показники заходів
7) Охорона праці та техногенна безпека

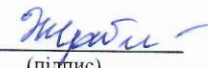
6 Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В.Л. д.т.н., доцент		
Розділ 2	Коваленко В.Л. д.т.н., доцент		
Розділ 3	Коваленко В.Л. д.т.н., доцент		
Розділ 4	Коваленко В.Л. д.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 технологічного процесу оборотного циклу	30.09.2023	
2	Визначення можливості підвищення ефективності споживання електричної енергії обладнанням оборотного водопостачання ПрАТ «Дніпроспецсталь»	15.10.2023	
3	Розрахунок витрат на реалізацію енергозберігаючих заходів й економічного ефекту від їх впровадження	25.10.2023	
4	Охорона праці та техногенна безпека.	10.11.2023	

Студент  К. В. Жеребіло
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи  В.Л. Коваленко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

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

АНОТАЦІЯ

Жеребіло К. В. Підвищення ефективності споживання електричної енергії насосною станцією підкачування ПрАТ «Дніпроспецсталь».

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

Дослідження показало, що використання енергії стовпа освітленої води та регулювання продуктивності насосних агрегатів можуть підвищити ефективність споживання електричної енергії обладнанням оборотного водопостачання.

На прикладі ПрАТ «Дніпроспецсталь» підтверджено, що ці заходи є економічно доцільними.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПРИВІД, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, УТИЛІЗАЦІЯ ЕНЕРГІЇ, ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, НАСОСНА СТАНЦІЯ

ABSTRACT

Zherebilo K. V. Improving the efficiency of electricity consumption by the pumping station of PJSC "Dniprospetsstal".

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

The study showed that the use of the energy of the clarified water column and the regulation of the performance of pumping units can improve the efficiency of electrical energy consumption by circulating water supply equipment.

On the example of PJSC "Dniprospetsstal", it is confirmed that these measures are economically feasible.

Tags: ELECTRIC DRIVE, ELECTRIC ENERGY, ENERGY UTILIZATION, ENERGY SAVING, PUMPING STATION

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз технологічного процесу циркуляційного циклу.....	12
1.1 Опис блок-схеми	12
1.2 Аналіз можливих заходів щодо підвищення енергоефективності циркуляційного циклу шляхом внесення змін до схеми.....	21
1.3 Аналіз способів зниження тиску в нагнітальному колекторі.....	22
2. Визначення можливості підвищення ефективності споживання електроенергії обладнанням оборотного водопостачання ПрАТ «Дніпроспецсталь».....	32
2.1 Гідравлічний розрахунок освітлюваного водного тракту	32
2.2 Розрахунок режимів роботи насосної станції.....	40
3 Розрахунок витрати на реалізацію енергозберігаючих заходів та економічний ефект від їх впровадження.	59
3.1 Розрахунок капітальних витрат на здійснення енергозберігаючих заходів.....	59
3.1.1 Калькуляція вартості обладнання та матеріалів.....	59
3.1.2 Розрахунок витрат на будівельно-монтажні та пусконаладжувальні роботи	60
3.1.3. Розрахунок загальних витрат на реалізацію	64
3.2 Розрахунок трудовитрат обслуговуючого персоналу.....	64
3.2.1 Розрахунки витрат на оплату праці змінного та обслуговуючого персоналу.....	65
3.3 Розрахунок ефект від впровадження енергозберігаючих заходів.....	70
4. Охорона праці та техногенна безпека.....	76
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища.....	76

4.2 Заходи щодо захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища	79
4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії.....	80
4.3.1 Мікроклімат.....	80
4.3.2 Вентиляція й кондиціонування.....	80
4.3.3 Освітлення.....	87
4.4 Захисні заходи з електробезпеки.....	90
4.5 Пожежна безпека.....	91
4.6 Засоби індивідуального захисту.....	93
4.7 Розробка заходів захисту від тепловиділень.....	94
Висновки.....	100
Перелік посилань.....	102

ВСТУП

Україна – одна з найбільш енергоємних країн світу. Частка первинної енергії, що споживається в країні, дорівнює 2,2% світового споживання, тоді як населення України становить лише 0,6% від усього людства. Таким чином, проблема криється в низькій енергоефективності. Частка енергії у виробництві продукції зростає, що свідчить про вкрай неефективне використання енергії.

Для порівняння можна навести енерговитрати на виробництво чорних металів в США і Україні:

- в США на виробництво однієї тонни сталі витрачається: паливо з умовним вирахуванням – 648 кг паливного еквівалента/тонну; теплова енергія - 1746,6 МДж/т; електроенергія – 427,7 кВт·год/т;

- в Україні на виробництво однієї тонни сталі витрачається: паливо з умовним вирахуванням – 1180 кг паливного еквівалента/т; теплова енергія - 2175,15 МДж/т; електроенергія – 960,33 кВт·год/т.

Є дві основні причини неефективності виробництва з енергоспоживанням. По-перше, це структура енергоспоживання. Друга причина – використання застарілого обладнання, техніки та технологій. При загальному зниженні обсягів виробництва підвищилася енергоємність продукції в більшості галузей. Як показує світовий досвід, процес підвищення енергоємності продукції може бути зупинений ефективною політикою в області енергозбереження.

Без чітко визначеної енергетичної стратегії компанія не зможе розробити ефективну програму енергоефективності. Енергетична стратегія повинна визначати загальні цілі використання енергії, а отже, включати такі питання: закупівля первинних енергетичних ресурсів; їх трансформація на підприємстві; дистрибуція та постачання; Енергоспоживання; Загальний розподіл відповідальності керівництва за використання енергії.

Відомо, що з урахуванням недовантаження електричних машин в нормальному технологічному режимі на 20-25% і зниження продуктивності в

2,5-3 рази вартість ремонту двигунів (з часом між відмовами в 4000 мотогодин) близька до вартості електроенергії, яку двигун споживав би при роботі між двома ремонтами, якщо ціна за 1 кВт·год знаходиться на рівні 0,73-0,85 грн. З урахуванням транспортних та інших витрат, пов'язаних з аварійною виходом з ладу двигуна, вартість ремонту агрегату близька до відповідного показника для нових заводських машин [1].

Об'єкт дослідження — система водопостачання
ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Предмет дослідження — процес електропостачання обладнання насосної станції ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Метою роботи є аналіз енергоспоживання насосної станції ПрАТ «Дніпроспецсталь»; вивчення можливості підвищення ефективності споживання електроенергії обладнанням насосної станції за рахунок використання енергії освітленого водяного стовпа і регулювання продуктивності насосних агрегатів; підтвердження доцільності запропонованих заходів.

Зниження продуктивності машин і установок призводить до зменшення терміну служби ряду факторів, які так чи інакше пов'язані зі збільшенням числа пусків електродвигунів (в тому числі регульованих електроприводів).

Проведений аналіз [1, 2] показує, що значне зниження енергоспоживання за рахунок широкого застосування змінного електроприводу в даний час не реалізується через обмеженість інвестиційних можливостей для реконструкції електроприводів. Регульований електропривод, як панацея від усіх бід, вважається дилетантським підходом. Слід використовувати раціональний підхід, що поєднує розумну комбінацію регульованого і нерегульованого, наприклад, керованого запуском, забезпечуючи ефект, досить близький до самого просунутого приводу. Слід також враховувати рівень технічного обслуговування електрообладнання, який, як правило, не відповідає стандартам, властивим високопродуктивним приводам зі змінною швидкістю. При цьому слід мати на увазі, що перераховані вище позитивні властивості набуваються системою

електроприводу не за рахунок застосування будь-яких інших технічних засобів, а за рахунок використання регулюючих можливостей системи електроприводу.

Встановлено, що будь-який технологічний процес в тій чи іншій мірі піддається контролю. Така керованість також пов'язана з технічною можливістю періодичних зупинок процесу або значного зниження продуктивності. Зниження продуктивності машин і установок призводить до зменшення терміну служби ряду факторів, які так чи інакше пов'язані зі збільшенням числа пусків електродвигунів (в тому числі регульованих електроприводів). При пуску електричних машин через реактор або безпосередньо на всю конструкцію діють значні крутні моменти і сили, що діють на обмотки та інші елементи конструкції. Величина максимального крутного моменту, M_m що утворюється під час пуску, в деяких випадках значно перевищує критичний M_k і пусковий M_n моменти.

Важливо розуміти, що пускові системи, за своєю суттю, є новим класом енергозберігаючого обладнання. Розуміння цього тісно пов'язане із загальними і специфічними завданнями реального енергозбереження. Невиправдано у всіх напрямках робити односторонню орієнтацію на змінний електропривод. Багато проблем енергозбереження можна вирішити із застосуванням частотно-регульованих пристроїв, що забезпечують розгін двигуна, обмеження струмових, механічних і термічних навантажень. Основними вимогами, що пред'являються до таких систем, є: можливість необмеженої кількості; обмеження динамічних крутних моментів і струмового навантаження; можливість тривалої роботи на знижених оборотах (для прогріву деяких технологічних механізмів); Достатній пусковий момент для створення підвищеного пускового моменту під час запуску Низька вартість (порівняно зі змінним приводом) Можливість послідовного запуску кількох двигунів. Вищевикладене підтверджує актуальність дисертації, присвяченої вибору та обґрунтуванню засобів підвищення енергоефективності потужних нерегульованих приводів циркуляційних насосних агрегатів.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО ЦИКЛУ

1.1 Опис блок-схеми

Сучасні агрегати, в тому числі і млин безперервної дії, відрізняються складом обладнання і особливо конструкцією окремих млинів і механізмів, ступенем механізації та автоматизації.

Для виробництва труб всього сортаменту використовується початкова кругла заготовка тільки з одним діаметром 140 мм, що дозволяє скоротити кількість технологічних інструментів (валків, оправок, лінійок) і скоротити час, що витрачається на регулювання стану.

Круглі прутки довжиною 9... 12 м пропускаються трьома нитками на роликах в кожній з двох секційних високошвидкісних нагрівальних печей, де вони нагріваються до 1200... 1250 °С, після чого заготовки розрізають на відрізки довжиною 1,5... 3 кожної печі заготовки подаються на ножиці по черзі з трьох нагрівальних потоків. Потім заготівля центрується з переднього кінця під дією пневматичного центруючого бойка і надходить у впускний жолоб двовалкового прошивного стану.

Прошивний стан має діаметр валка 750... 950 мм, кут подачі до 18°, швидкість валка 95 ... 190 хв", потужність основного двигуна постійного струму становить 3600 кВт. Прошиті рукава діаметром 141 мм і товщиною стінки 14... 19,5 мм, надходять на дев'ятирічний безперервний стан, де прокатка відбувається на довгій плаваючій оправці зі швидкістю 3,9... 6 м/с в останньому квадраті. У секції екстрактора оправки знімається з тягової труби, після чого оправки надходять в охолоджувальну ванну, а потім в вузол змащення. Змащені оправки подаються в жолоб перед млином безперервної дії. При необхідності огляду поверхні оправок вони скидаються з рольганга за знімачем на розвантажувальний роликівий конвеєр і передаються на місце огляду. Після візуального огляду поверхні оправки управління накочують на приймальний стіл оправки, звідти вони надходять на транспортний рольганг, який подає

оохолоджені оправки на індукційний нагрів перед змащенням. Викинуті оправки складають в кишеню. Оправки з підігрівом не вимагають індукційного нагріву в процесі роботи і проходять через решітку оохолоджуючої ванни.

Після оохолодження оправки направляються в індукційну нагрівальну піч для нагріву. Під час передачі через колосникові ґрати задній кінець труби обрізається.

Дев'ятнадцятисекційний редукаційний стан призначений для зниження високої напруги, що зменшує діаметр і товщину стінки труби. Млин оснащений приводом диференціальної групи, до складу якого входять два електродвигуни постійного струму потужністю 2900 кВт.

Трубний прокат виходить з редуктора зі швидкістю до 12 м/с; Його діаметр становить 45... 73 мм при товщині стінки 3,0... 6,0 мм, а максимальна довжина – 135 м. Сумарний вихлоп на агрегаті досягає 100.

Літаючими ножицями, влаштованими відповідно до стану, нарізають трубу на мірну довжину 16... 24 м без зупинки, після чого труби надходять в холодильник і технологічний проліт.

На цій ділянці труби випрямляють на трубозправних верстатах, розрізають на мірні відрізки, проводять гідравлічні випробування і дефектоскопію; Частина труб відправляється на термічну обробку.

У нагрівальній печі вода використовується для оохолодження рам і заслінок, розсувних (подових труб), а також фурмних пристроїв. Витрата води на нагрівальні печі залежить від їх типу, продуктивності, розмірів нагрітих злитків і становить від 0,3 до 0,5 м³ на 1 тону, до 8 м³ на обігрів колодязів в цехах блюма і до 8 м³ на підігрів печей в дрібносортних млинах. Вода в опалювальних колодязях і печах нагрівається на 8-15° і не забруднюється. Тому він зазвичай не змішується з водою, яка виходить з інших станів, а після оохолодження в градирні використовується в системі реверсивного циклу.

Велика частина води використовується для оохолодження роликів і підшипників, щоб уникнути надмірного нагрівання при їх постійному контакті з

розпеченим металом; Рулони поливаються водою з перфорованих труб або жолобів, розташованих над ними.

Водопостачання трубопрокатних цехів є циркуляційним, з роздільною (по різних трубах) подачею води: чиста вода в нагрівальні печі, забруднена вода в прокатні стани. Вода також використовується для охолодження масла і повітря (для великих електродвигунів) в закритих трубчастих холодильниках. Бажано, щоб температура охолодженої води не перевищувала 25°C.

Вода, що циркулює в циркуляційній системі, використовується для охолодження прокатних валків, охолодження валків і транспортування ваг. Схема наведена на рисунку 1.1.

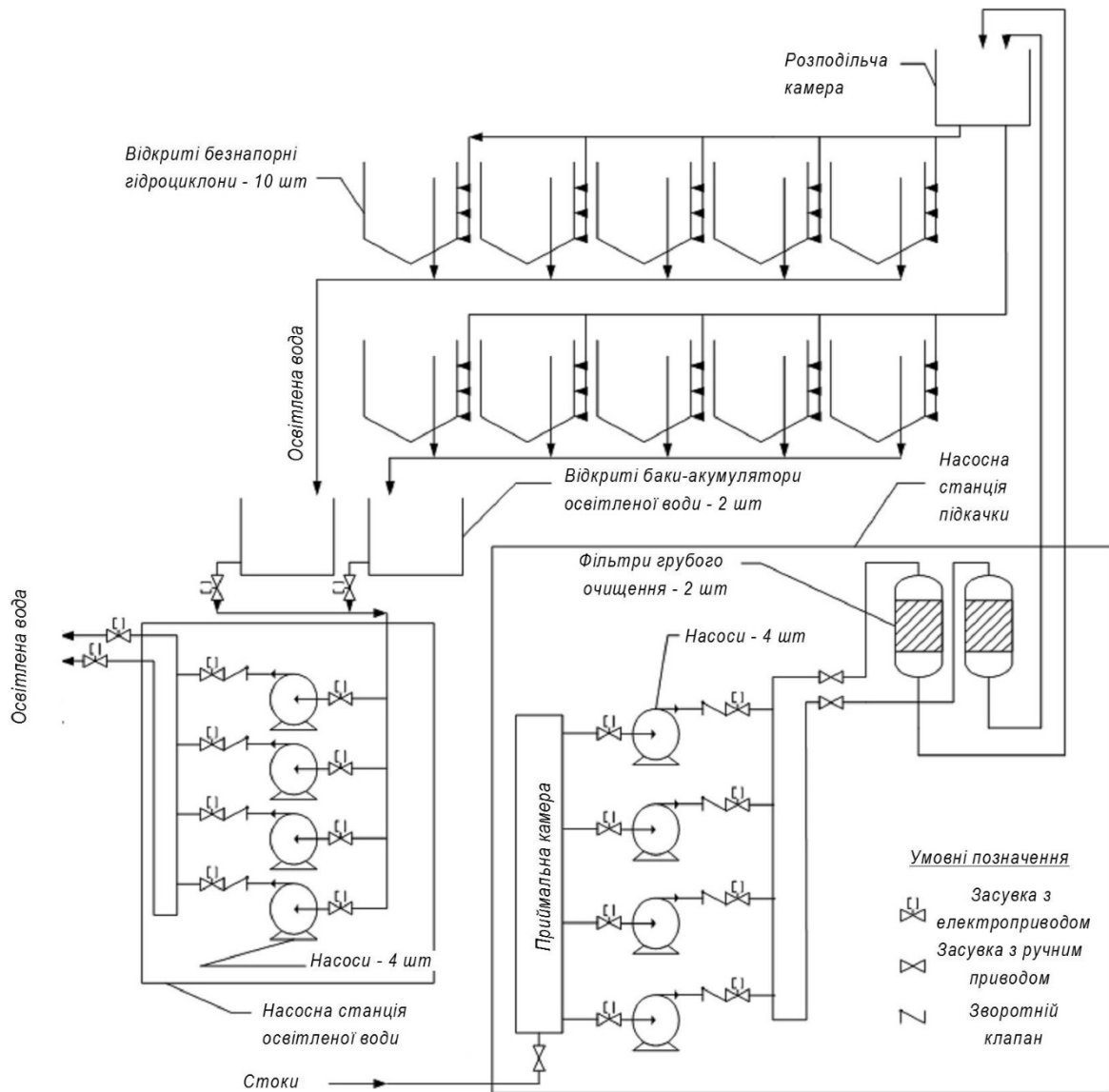


Рисунок 1.1 – Принципова схема циклу циркуляції стоків від накипу

Для всіх цехів з циклом оборотного водопостачання доцільно вирішити питання економії електроенергії для приводу насосів, задіяних в схемі циркуляційного циклу накиподержащих стоків.

Забруднена вода з цеху надходить у приймальну камеру насосної станції через колектор DN 900 мм, який розташований на глибині 14,00 м, і транспортується насосами 1GRT1600/50 до рівня +24 000 м до очисних споруд, які є відкритими безнапірними гідроциклонами. Насосна станція включає в себе:

- Водозабірна камера, що використовується для збору забрудненої води з трубопрокатного цеху;
- Чотири паливні насоси типу 1 GRT 1600/50 для створення необхідного тиску;
- Два фільтри грубої очистки води.

Очищена в гідроциклонах вода зливається в накопичувальні ємності і насосами 300д70 подається в трубопрокатний цех, які розташовані на станції освітленої води. Станція освітленої води включає в себе чотири насоса, які служать для створення необхідного тиску, який був втрачений при зливі води в баки акумулятора.

Умови експлуатації циркуляційного циклу і характеристики обладнання наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Споживання оборотної води споживачами магазинів

Пункт No	Назва статусу	Витрата води, м ³ /год		
		Максимум	Мінімальний	Середній
1	ТПА-30-102 безперервний	1200	500	977
2	прошивний	550	200	483
3	редукційний	450	120	230
4	калібрувальний	150	45	115
5	РАЗОМ:	2350	865	1805

Графік середньогодинного споживання води споживачами протягом середньодобового періоду, взятий на основі спостережень протягом року, представ

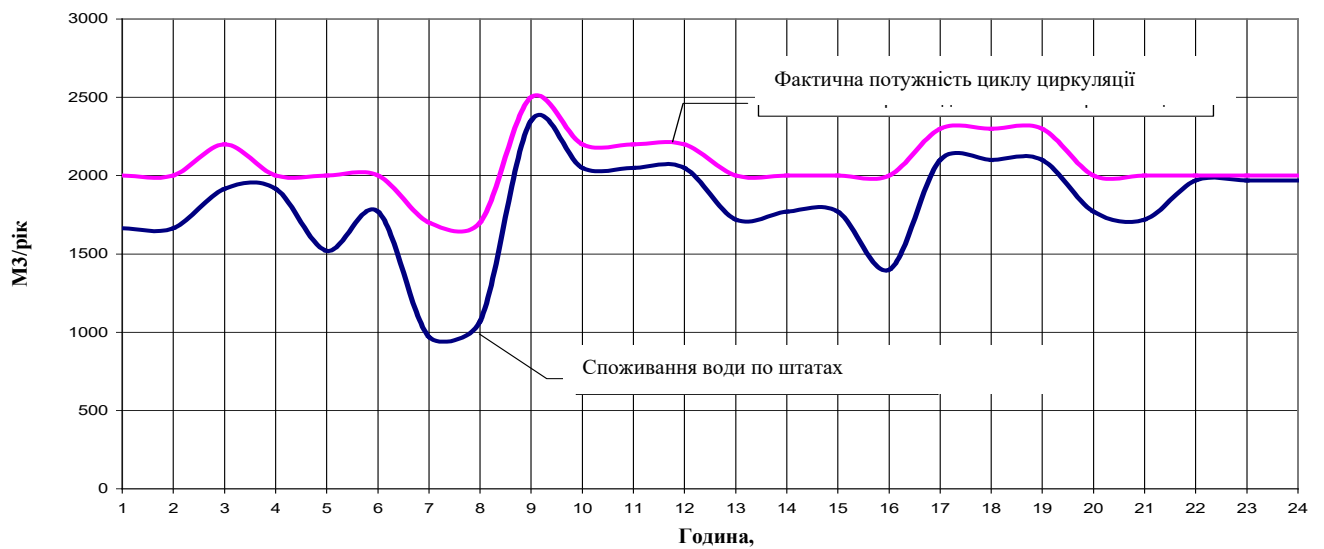


Рисунок 1.2 – Графіки середньогодинного споживання оборотної води технологічними споживачами та продуктивності циркуляційного циклу

Графіки споживання електроенергії насосними агрегатами насосної станції і насосної станції освітленої води наведені в таблицях 1.2 і 1.3

Таблиця 1.2 - Споживання електроенергії насосними агрегатами насосної станції освітленої води в залежності від потужності в середньодобовій

Година	Спожи- вання води, м ³ /год	Виробни цтво води, м ³ /год	Необхідний тиск у колекторі, кгс/см ²	Фактичний тиск у колекторі, кгс/см ²	Необхідн а корисна потужніс ть, кВт ¹	Фактична корисна потужніс ть, кВт
1	2	3	4	5	6	7
1	1665	2000	2,6	2,8	211,534	273,640
2	1665	2000	2,6	2,8	211,534	273,640
3	1915	2200	2,6	2,7	243,295	290,254

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
4	1915	2000	2,6	2,8	243,295	273,640
5	1520	2000	2,6	2,8	193,112	273,640
6	1770	2000	2,6	2,8	224,873	273,640
7	970	1700	2,6	2,9	123,236	240,901
8	1070	1700	2,6	2,9	135,940	240,901
9	2350	2500	2,6	2,6	298,561	317,618
10	2050	2200	2,6	2,7	260,447	290,254
11	2050	2200	2,6	2,7	260,447	290,254
12	2050	2200	2,6	2,7	260,447	290,254
13	1720	2000	2,6	2,8	218,521	273,640
14	1770	2000	2,6	2,8	224,873	273,640
15	1770	2000	2,6	2,8	224,873	273,640
16	1400	2000	2,6	2,8	177,866	273,640
17	2100	2300	2,6	2,6	266,799	292,208
18	2100	2300	2,6	2,6	266,799	292,208
19	2100	2300	2,6	2,6	266,799	292,208
20	1770	2000	2,6	2,8	224,873	273,640
21	1720	2000	2,6	2,8	218,521	273,640
22	1970	2000	2,6	2,8	250,283	273,640
23	1970	2000	2,6	2,8	250,283	273,640
24	1970	2000	2,6	2,8	250,283	273,640
Порив.	1806,250	2066,667	2,600	2,758	229,479	277,834

Регулювання продуктивності насосних агрегатів згідно з проектом здійснюється засувкою 30x915бр Ду500. Максимальне навантаження на гідроциклони становить 250 м³/год. Розрахункове навантаження 320 м³/год.

Потужність розраховується за формулою:

$$N = \frac{G \cdot \Delta H \cdot 101325}{3600 \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot 1000}, \quad (1.1)$$

де G - витрата води через насосну станцію, м³/год;

ΔH - Напір, створюваний насосними агрегатами, Па;

φ - Кут зсуву між струмом і напругою синусоїдальних хвиль. $\cos \varphi$ береться за паспортними даними двигунів і дорівнює 0,9;

η - ККД насоса. Приймається на підставі паспортних даних 0,64.

Було прийнято рішення знехтувати зміною рівня в баках-акумуляторах через його незначність.

У зв'язку з відсутністю манометрів на нагнітальних трубах насосних агрегатів не вдалося врахувати втрати енергії при дроселюванні потоку в запірній арматурі, що використовується для регулювання.

Таблиця 1.3 - Споживання електроенергії насосними агрегатами насосної станції в залежності від потужності в середньодобовому часі

Година	Фактичний прихід стоків, м ³ /год	Необхідний тиск у колекторі, кгс/см ²	Фактичний тиск у колекторі, кгс/см ²	Необхідна потужність на привод насосів, кВт	Фактична потужність на привод насосів, кВт
1	2	3	4	5	6
1	2000	4,7	4,7	382,388	459,324
2	2000	4,7	4,7	382,388	459,324
3	2200	4,7	4,7	439,803	505,257
4	2000	4,7	4,7	439,803	459,324
5	2000	4,7	4,7	349,087	459,324
6	2000	4,7	4,7	406,502	459,324
7	1700	4,7	4,7	222,772	390,426
8	1700	4,7	4,7	245,739	390,426

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6
9	2500	4,7	4,7	539,706	574,155
10	2200	4,7	4,7	470,807	505,257
11	2200	4,7	4,7	470,807	505,257
12	2200	4,7	4,7	470,807	505,257
13	2000	4,7	4,7	395,019	459,324
14	2000	4,7	4,7	406,502	459,324
15	2000	4,7	4,7	406,502	459,324
16	2000	4,7	4,7	321,527	459,324
17	2300	4,7	4,7	482,291	528,223
18	2300	4,7	4,7	482,291	528,223
19	2300	4,7	4,7	482,291	528,223
20	2000	4,7	4,7	406,502	459,324
21	2000	4,7	4,7	395,019	459,324
22	2000	4,7	4,7	452,434	459,324
23	2000	4,7	4,7	452,434	459,324
24	2000	4,7	4,7	452,434	459,324
Середній	2066,667	4,700	4,700	414,827	474,635

Нинішня схема водопостачання має такі недоліки:

– енергія водяного стовпа, який насосами насосної станції піднімається на висоту +24 000 м, втрачається при обриві струменя в накопичувальних ємностях.

– для регулювання продуктивності використовується запірна арматура великого діаметру, що призводить до передчасного зносу і підвищує ймовірність виходу з ладу.

– управління запірною арматурою не дозволяє забезпечити точний баланс продуктивності обох насосних станцій, що призводить до перевитрати води і електроенергії.

– регулювання за допомогою запірної арматури не є енергоефективним, оскільки зазвичай втрачає від 5 до 10% енергії.

– проблема регулювання продуктивності оборотного циклу відповідно до потреб виробництва не вирішена, в результаті чого виникає перевитрата води і, як наслідок, перевитрата електроенергії на її транспортування.

Ці недоліки призводять до перевитрати електроенергії на привід насосних агрегатів, збільшення собівартості продукції.

1.2 Аналіз можливих заходів щодо підвищення енергоефективності циркуляційного циклу шляхом внесення змін до схеми

Проблема використання водяного стовпа не може бути вирішена герметизацією накопичувальних ємностей і експлуатацією їх під тиском водяного стовпа в 20 м, оскільки, по-перше, конструкція резервуарів не дозволяє їм працювати під тиском, а по-друге, ці резервуари розташовуються безпосередньо поблизу пішохідних і транспортних магістралей і їх переведення на напірну роботу може створити небезпеку для проїжджаючих повз людей і проїжджаючих транспортних засобів. Тому освітлена вода з гідроциклонів повинна подаватися безпосередньо у всмоктувальний колектор насоса освітленої води. При можливій поломці насосних станцій, щоб уникнути попадання повітря у всмоктуючий колектор і зриву подачі, необхідно приєднати накопичувальні баки до трубопроводу освітленої води від гідроциклонів до всмоктуючого колектора. У зв'язку з тим, що завод має резерв очисних споруд, в якості накопичувальних ємностей пропонується використовувати гідроциклони No1 і 2. При цьому пропускна здатність очисних споруд буде знижена з 3200 м³/год до 2560 м³/год. Оскільки максимальне значення скидання води через очисні споруди становить 2500 м³/год, таке рішення здається прийнятним. Схема комутації трубопроводів для даного рішення показана на малюнку 1.3.

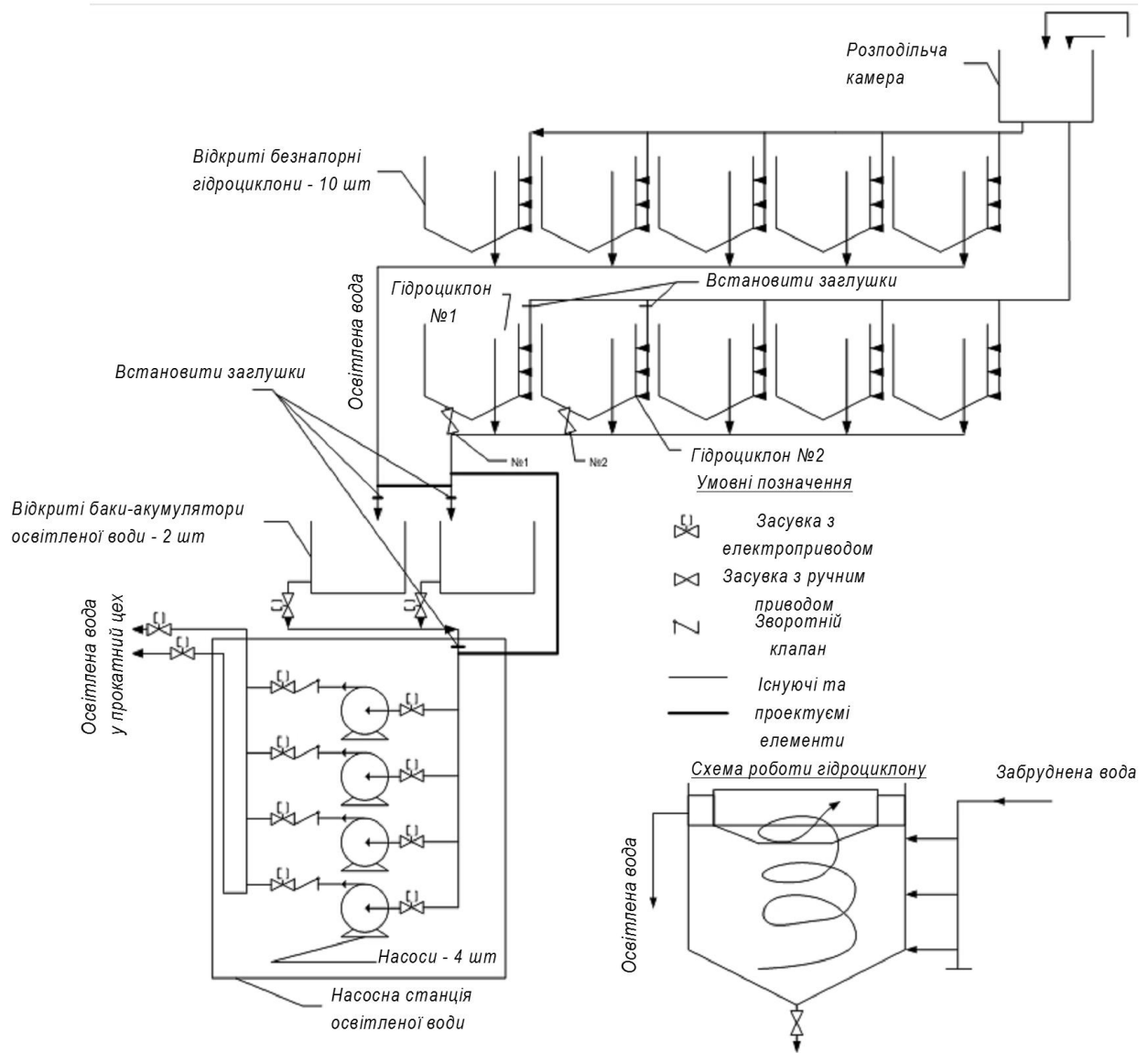


Рисунок 1.3 – Обов'язкове перемикання в реверсивному ланцюзі

За схемою забруднена вода надходить в гребінь, направляючи потік по дотичній до окружності циліндричної частини корпусу гідроциклону для випуску суспензій, які періодично зливаються у вигляді суспензії через клапан у верхній частині конуса апарату. Освітлена вода піднімається вгору і через дренажний поріг надходить в кільцевий жолоб чистої води, звідки по трубопроводу надходить в збірний колектор. Для реалізації схеми гідроциклони No 1 і 2 від'єднують від забрудненого водозбірника заглишками. Трубопроводи з вентилями No1 і No2 вриваються в нижню частину конуса і з'єднуються з одним з двох освітлених водозбірників. Два освітлених водозбірника з'єднані містком, а нижче греблі від'єднані від накопичувальних ємностей заглишками.

Акумуляторні баки виведені з експлуатації. Трубопровід, що з'єднує його з всмоктуючим колектором станції, з'єднується з колектором освітленої води.

Схема працює наступним чином. Для заповнення гідроциклонів No1 і 2, які стали акумуляторами, включається подача забрудненої води з насосної станції. При цьому запірні арматури насосної станції освітленої води закриваються і насоси зупиняються. Вода надходить в гідроциклони для очищення, після освітлення через освітлені водозбірники і вентилі No 1, 2 заповнює гідроакумулятори. При досягненні робочого рівня включаються насоси насосної станції освітленої води, відкривається запірні арматури працюючих насосів, і освітлена вода подається в прокатний цех.

1.3 Аналіз методів зниження тиску в нагнітальному колекторі

При подачі води під надлишковим тиском у всмоктуючий колектор насосної станції тиск в нагнітальному колекторі насосної станції також буде зростати. Щоб дотримати робочі параметри обладнання і домогтися економії електроенергії, цього допускати не можна, тому для зниження тиску в нагнітальному колекторі застосовують такі методи:

- Регулювання режиму за допомогою нагнітального клапана;
- обертання крильчатки насоса;
- Змінити частоту обертання крильчатки насоса.

Поворот робочого колеса - незворотний процес, після якого насосний агрегат починає працювати в непроектованому режимі, що виходить за рамки його гідравлічних характеристик. Тому такий спосіб небажаний і далі розглядатися не буде.

Давайте розглянемо спосіб регулювання швидкості потоку шляхом дроселювання потоку за допомогою нагнітального клапана та зміни частоти

обертання робочого колеса насоса за допомогою твердотілого перетворювача частоти.

Можливість регулювання частоти обертання асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором була доведена відразу після їх винаходу. Реалізувати цю можливість вдалося лише з появою силових напівпровідникових приладів, спочатку тиристорів, а пізніше IGBT-транзисторів. В даний час у всьому світі широко використовується частотний метод управління асинхронними верстатами, який сьогодні розглядається не тільки з точки зору економії споживаної енергії, але і з точки зору вдосконалення управління технологічним процесом. У промислово розвинених країнах використання частотних перетворювачів використовується вже більше 30 років. За цей час закладено науково-методичні основи, розроблено та вдосконалено технічні засоби керування електроприводом, удосконалено технологічні процеси та обладнання, налагоджено курси підготовки фахівців. Накопичено досить великий досвід прийняття технічних рішень при створенні систем з використанням даного типу приводів, ряд рішень стандартизований. Однак, на жаль, це відбувається за кордоном. У нашій країні ситуація дещо інша. Частотно-регульовані приводи, що відповідають вимогам надійності та електромагнітної сумісності з електромережами, з'явилися на ринку України порівняно пізно, а їх ціна в умовах ринкової економіки досить висока. Не завжди позитивний досвід роботи з тиристорними приводами призвів до настороженого ставлення до використання сучасних систем, і багато операторів висловлюють недовіру з приводу очікуваного економічного ефекту від їх впровадження. Адже, з огляду на відносно високу вартість напівпровідникових перетворювачів, що використовуються для контролю швидкодії асинхронних приводів, найважливішим питанням на сьогоднішній день є окупність інвестицій в їх реалізацію. Тому особлива увага приділяється порівнянню втрат енергії в приводах нагнітачів з різними типами управління. Для ілюстрації причин, чому і коли можна економити енергію, споживану приводами насосів, і що необхідно зробити, щоб досягти цієї економії без порушення загального ходу

технологічного процесу, візьмемо узагальнену технологічну схему системи, що забезпечує подачу води в мережу споживача при постійному заданому тиску (рис. 1.4).

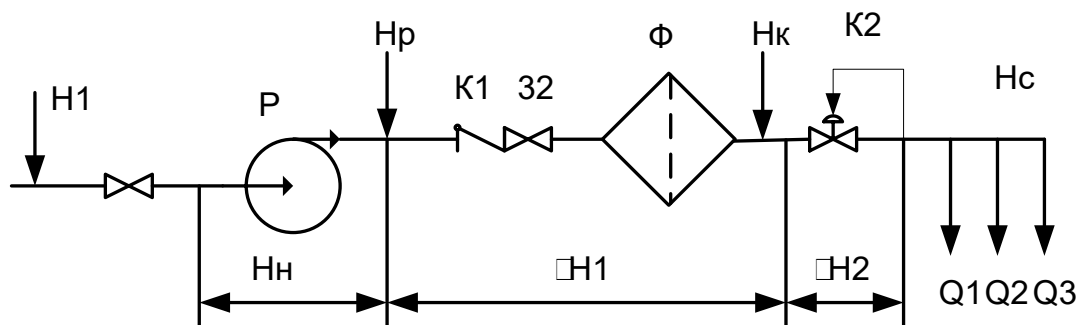


Рисунок 1.4 Приклад спрощеної блок-схеми

Аналогічний підхід можна прийняти і в інших технологічних схемах, де в якості речовини, що транспортується, може бути рідина або газ. Основними елементами схеми є запірні технологічні засувки 31 і 32, насосний агрегат P , зворотний клапан $ДО_1$, фільтр води Φ і регулювальний клапан K_2 . В цій схемі можна виділити й основні технологічні параметри, серед яких H_1 — напір, що створюється джерелом подачі води, H_p — напір, одержуваний після насосного агрегату, H_k — напір перед регулювальним клапаном, H_c — напір у мережі споживачів і $Q_1 - Q_3$ — витрати води споживачами мережі. Крім того, можна виділити напір H_n , що розвивається насосним агрегатом, а також втрати напору на елементах системи, що розташовані між насосним агрегатом P и мережею споживачів: δH_1 — втрати напору на засувці 32 і водяному фільтрі й H_2 — втрати напору на регулювальному клапані.

Розглядаючи енергетичні характеристики технологічного процесу об'єкта, можна констатувати, що необхідна (корисна) енергія для водопостачання споживачів може бути розрахована як:

$$W_c = H_c \cdot (B_1 + B_2 + B_3) \quad (1,2)$$

Для нормальної роботи мережі найчастіше необхідно створити постійне значення напору H_c . Витрати $Q1-Q3$ визначаються споживачами і можуть змінюватися з часом.

Гідравлічна енергія, що виробляється насосним агрегатом, може бути отримана у вигляді:

$$W_{т\cdot год} = H_{ч} \cdot (Q1 + B2 + B3) \quad (1.3)$$

де сума витрат - це загальний витрата води в мережі KK .

В ідеалі бажано, щоб W_c і W_h були рівні. По суті, між насосним агрегатом і мережею встановлюються елементи з власними гідравлічними опорами, на яких втрачається частина напору, створюваного насосним агрегатом

$$H_b = H1 + H2. \quad (1.4)$$

Таким чином, втрати енергії на технологічну підтримку параметрів рідини, що перекачується можна визначити як:

$$Ш = H \cdot \text{Питання}_e. \quad (1,5)$$

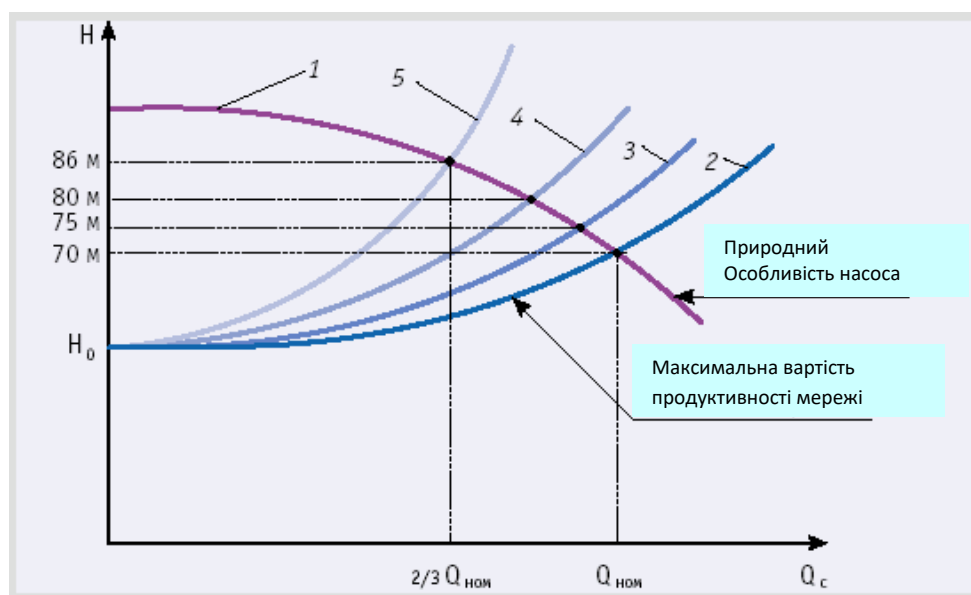
Тому для підтримки заданих технологічних параметрів мережі насос повинен розвивати гідравлічну потужність, рівну:

$$W_H = H_c \cdot (Q1 + Q2 + Q3) + H \cdot (Q1 + Q2 + Q3). \quad (1.6)$$

З останнього виразу видно, що втрати енергії в технологічному процесі залежать від витрати мережі (технологічного навантаження), яка визначається споживачем, і втрат напору на обладнанні насосної станції H_b , які визначаються гідравлічним опором елементів контуру. Загалом, ці втрати напору можна оцінити, порівнявши манометри перед клапаном тиску $C2$ і манометр у

магістральному трубопроводі. Чим більше різниця в їх показаннях, тим більше енергії втрачає система.

Для того, щоб організувати технологічний процес з мінімальними втратами енергії, необхідно, перш за все, знизити втрати напору між трубопроводом насосного агрегату і мережею споживачів – H_b . Тепер розглянемо роботу технологічного процесу, з точки зору зміни параметрів навантаження мережі KK . Для цього скористаємося відомими характеристиками $Q-H$ для насосних агрегатів і мережі (рисунок 1.5).



Малюнок 1.5 Характеристика насосного агрегату і мережі без регулювання тиску

Крива 1 відповідає напірній характеристиці насосного агрегату, а крива 2 - гідравлічній характеристиці мережі, де H_0 - необхідний статичний напір мережі. Точка перетину цих характеристик є ідеальною розрахунковою точкою для спільної роботи насосного агрегату і мережі (Q_{om}). При зміні конфігурації мережі зв'язку з підключенням або відключенням споживачів або зміною витрати води за допомогою запірної арматури, встановленої безпосередньо на водоспоживаючому обладнанні, змінюються і його гідравлічні характеристики – лінії 3-5. Відповідно, точки перетину характеристик будуть зміщуватися. Як видно з малюнка, зі збільшенням швидкості потоку тиск в мережі зменшується.

Крім того, в процесі роботи, в залежності від режимів роботи системи, може змінюватися тиск перед насосом, яке створюється джерелом водопостачання. Зміни цього тиску відображаються і на величині тиску в мережі споживача. Такий характер взаємозв'язку параметрів вимагає установки в системі елементів управління дросельною заслінкою і регулюючої арматури (як правило, їх роль виконують напірні клапани агрегатів). Ці елементи створюють додатковий гідравлічний опір і забезпечують стабільний тиск в магістральному трубопроводі. При використанні дросельних елементів тиск розподіляється на елементи системи. Такий розподіл напору показано на малюнку 1.6, де H_d - падіння напору на дросельній заслінці.



Рисунок 1.6 – Характеристики насосного агрегату і дросельної мережі

Для того щоб підтримувати заданий тиск в магістральному трубопроводі при зміні витрати рідини необхідно змінювати гідравлічний опір керуючого елемента. При цьому загальна гідравлічна характеристика буде мати більш крутий вигляд. При такому регулюванні значення H_d неухильно зростає. Таким чином, чим глибше дроселювання здійснюється керуючим елементом, тим більше енергії втрачається у всьому технологічному процесі. На величину втрат в управлінні дросельною заслінкою впливає не тільки регулятор «Елемент»: найчастіше на етапі проектування підбирається насосний агрегат з певним

запасом напору, а при заміні насосних агрегатів нове обладнання може мати трохи завищені характеристики тиску. Крім того, діапазон тисків на вході (перед всмоктуючим патрубком насосного агрегату) впливає на величину тиску за насосним агрегатом. Всі ці обставини призводять до того, що втрати енергії в процесі технологічного процесу стають досить великими, досягаючи 45 і більше відсотків від номінальної потужності агрегату.

Для вирішення проблеми мінімізації втрат, пов'язаних з регулюванням тиску в мережі, необхідно усунути додаткові гідравлічні опори на ділянці від насосного агрегату до мережевого трубопроводу, тобто необхідно повністю відкрити всю запірно-регулюючу арматуру. Це можна зробити, передавши процес регулювання тиску на насосний агрегат. Теорія роботи нагнітачів (насосів і вентиляторів) доводить, що зміна швидкості обертання приводу нагнітача змінює його напірні характеристики. Крім того, напір, створюваний нагнітачем, пропорційний квадрату швидкості агрегату.

Малюнок 1.7 ілюструє зміну напірних характеристик насосного агрегату зі зміною частоти обертання на малюнку 1.7, в якому крива 1 відповідає номінальній (при номінальній частоті обертання приводу) реакції на тиск, а криві 2 - 4 - характеристикам тиску при зниженій швидкості. Якщо робота приводу насосного агрегату організована таким чином, що він змінює швидкість обертання при зміні параметрів технологічного процесу (витрата в мережі і тиск на вході агрегату), то в результаті вдається стабілізувати тиск в мережі споживача без істотних втрат енергії. При такому способі управління виключаються втрати напору (відсутні дросельні елементи), а отже, і втрати гідравлічної енергії.

Спосіб регулювання тиску в мережі шляхом зміни частоти обертання приводу насосного агрегату знижує витрату електроенергії ще з однієї причини.

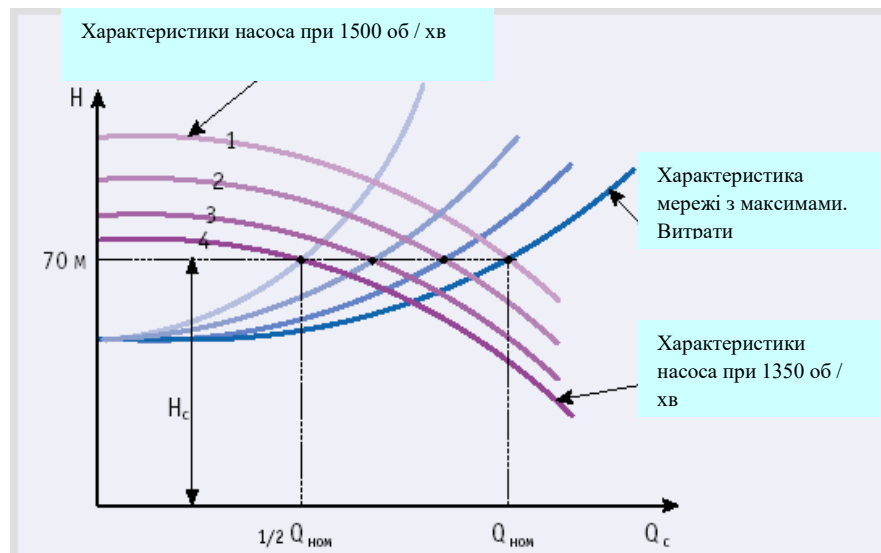


Рисунок 1.7 – Характеристики насосного агрегату і мережі з частотним регулюванням

Насос, як пристрій перетворення енергії, має свій ККД, що представляє собою відношення механічної енергії, прикладеної на вал, до гідравлічної енергії, одержуваної в напірному трубопроводі насосного агрегату. Характер зміни ККД насоса $\eta_{h\epsilon}$ залежності від витрати рідини Q при різних швидкостях показаний на малюнку 1.8. Відповідно до теорії подібності, максимальний ККД трохи знижується при зменшенні швидкості і зміщенні вліво.

Аналіз необхідної зміни частоти насосного агрегату при зміні витрати в мережі показує, що зниження витрати вимагає зниження швидкості. Якщо розглядати роботу агрегату при витраті менше розрахункового (вертикальні лінії А і Б), то раціонально, щоб ці режими працювали на зниженій швидкості. При цьому ККД насоса вище, ніж при роботі на номінальних оборотах.

Таким чином, зниження частоти обертання відповідно до технологічного навантаження дозволяє не тільки економити енергію, що витрачається на усунення гідравлічних втрат, але і отримувати економічний ефект за рахунок підвищення ККД самого насоса, тобто перетворення механічної енергії насосного колеса в енергію потоку рідини. Застосування частотного регулювання приводів дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати, пов'язані з обслуговуванням вузлів і систем. Наприклад, зменшення перепаду

тиску між всмоктуючим і нагнітальним патрубками насосного агрегату збільшує термін служби ковпачкових ущільнень, практично виключає гідроудари і забезпечує стабільність тисків в трубопроводах мереж, а також мінімізує витрати на їх обслуговування.

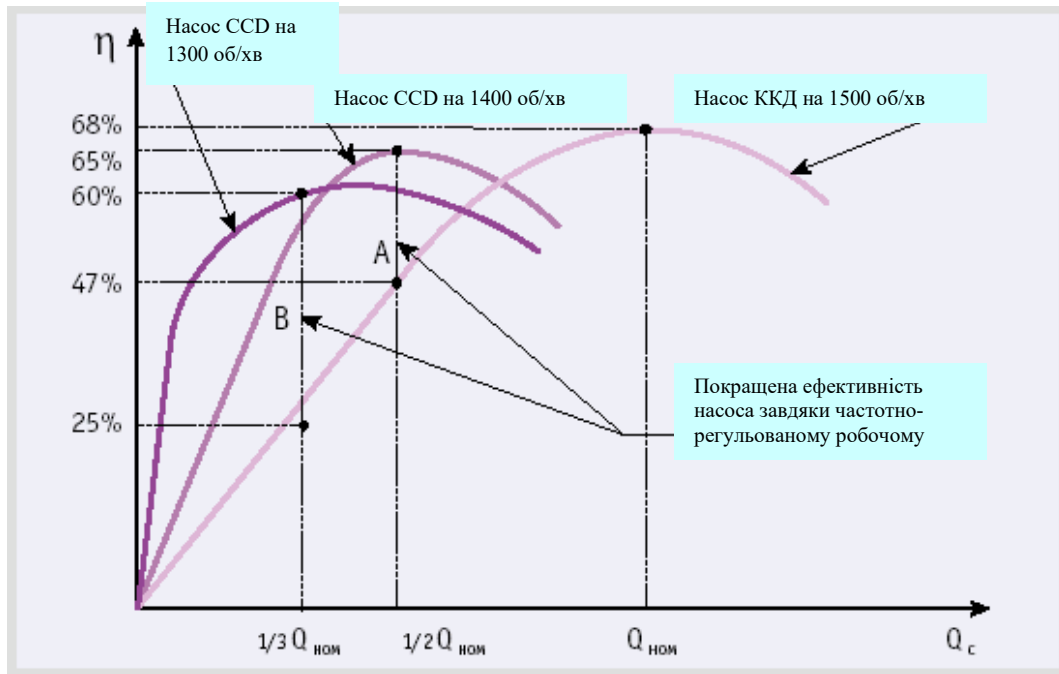


Рисунок 1.8 – Зміна ККД насосного агрегату зі зміною продуктивності

Представлені результати теоретичних і практичних досліджень визначили необхідність широкого впровадження частотно-регульованих електроприводів в технологічні системи в нашій країні. Однак слід зазначити, що установка тільки частотного перетворювача дозволяє отримати лише невелику частину можливого ефекту від реалізації. Говорячи про економічну ефективність, можна сказати, що термін окупності установки частотно-регульованих електроприводів становить від 1 до 1,4 року і залежить від рівномірності завантаження насосних агрегатів. Чим нерівномірніше навантаження, тим швидше окупиться установка приводу зі змінною швидкістю.

Для досягнення такого ефекту при проектуванні частотно-регульованих систем використовуються сучасні схемотехнічні рішення та алгоритми управління енергоефективним обладнанням. Система складається з перетворювача частоти Siemens і програмованого логічного контролера.

Контролер забезпечує необхідний алгоритм управління насосними агрегатами і в залежності від режиму роботи насосів вибирає агрегат (по відпрацьованому часу або встановленому ключу управління), підключає допоміжний агрегат до перетворювальних шин (два агрегати від одного перетворювача) або безпосередньо до мережі. Крім того, контролер формує тривожні та попереджувальні повідомлення у разі відхилення технологічних та приводних параметрів від встановлених норм.

Практика використання частотних перетворювачів для управління насосами доводить доцільність не просто включення перетворювача для управління агрегатом, а створення спеціалізованих систем управління технологічними процесами. Саме такий підхід дозволяє отримати економічний ефект не тільки від зниження споживаної електроенергії з мережі, але і домогтися значного зниження експлуатаційних витрат, поліпшення умов праці і збільшення терміну служби обладнання.

Сучасні частотні перетворювачі дозволяють отримати більше 20 параметрів стану електроприводу. Відповідна обробка цих параметрів дозволяє провести глибоку діагностику як обладнання системи, так і поточних процесів. З'являється можливість не тільки відреагувати на аварію, а й запобігти їй, що набагато важливіше для енергетичних об'єктів.

Створення систем з частотно-регульованими приводами, в яких регулювання частоти здійснюється поряд з контролем ряду різних технологічних параметрів, дозволяє знизити не тільки споживання електричної енергії, в оснащення системи входять частотні перетворювачі, які контролюють швидкість обертання насосів, програмований логічний контролер і допоміжне обладнання. Частотні перетворювачі управляються їх дискретними і аналоговими входами, а основні параметри приводів зчитуються через промислову мережу з інтерфейсом RS-485. Програмне забезпечення конвертера дозволяє підключати до цієї мережі до 32 пристроїв. Зв'язок між контролером і перетворювачами здійснюється за загальноприйнятими протоколами.

Перетворювач інформує контролер про свій стан за допомогою вбудованих дискретних і аналогових виходів. Використання мережевих можливостей перетворювача в даному випадку обумовлено вимогами підвищеної надійності управління насосними агрегатами. Швидкість обертання агрегатів вибирається контролером на підставі даних, отриманих від датчиків технологічних параметрів обладнання. Вся інформація, що обробляється контролером, може передаватися через промислову мережу або модем для управління з більш високого рівня.

При створенні простих систем, що управляють простим технологічним процесом, можуть використовуватися і більш прості технічні рішення, засновані на використанні мікроконтролерів.

У таких системах процес регулювання технологічного параметра передається на перетворювач частоти (зазвичай з вбудованим ПІД-регулятором), а управління блоками передається на мікроконтролер. Такі рішення досить дешеві, але забезпечують необхідні алгоритми комутації, реалізують автоматичне перемикання блоків і необхідну сигналізацію для нормальної роботи системи.

Підводячи підсумки, можна зробити ряд висновків. Застосування частотних приводів насосів і вентиляторів в технологічних процесах дозволяє знизити енергоспоживання технологічного обладнання.

Перед початком впровадження рекомендується провести техніко-економічне обґрунтування, яке дозволяє визначити не тільки термін окупності від впровадження, але і правильно організувати технологічний процес з урахуванням можливостей приводів з частотним регулюванням.

Частотні перетворювачі повинні використовуватися не як елементи системи управління конкретним агрегатом, а як компоненти комплексних системних рішень з підключенням широкого спектру засобів автоматизації технологічних процесів.

Такі рішення дозволять отримати додатковий ефект, який явно є чимось більшим, ніж проста економія електричної енергії.

На закінчення слід додати, що на сьогоднішній день в нашій країні є досвід впровадження та експлуатації систем з частотним регулюванням. Опрацьовано ідеологічні, організаційні та схематичні аспекти їх застосування.

Для визначення економічного ефекту від впровадження частотно-частотних перетворювачів розроблені і апробовані різні методи, виходячи з необхідної потужності перетворювача. Крім того, на ринку України представлена велика кількість перетворювачів частоти в найширшому діапазоні потужностей, організовано їх обслуговування та технічне навчання.

Як показує статистика, кількість впроваджених систем зростає з кожним роком.

Слід зазначити, що на підставі вищесказаного можна зробити висновок про доцільність застосування методу регулювання освітленої водяної насосної станції за допомогою транзисторних перетворювачів частоти.

Нижче наведена можлива оцінка економії електроенергії для приводу насоса освітленої води:

Потужність, споживана насосом, визначається за формулою, Вт:

$$N = \frac{G \cdot \Delta H}{3600 \cdot \cos \varphi \cdot \eta} \quad (1.7)$$

де G - продуктивність насоса, м³/год;

ΔH - Напір, що розвивається насосом, Па;

$\cos \varphi$ - косинус кута зсуву фаз між синусоїдальними хвилями струму і напруги, взятий з паспортних даних двигунів;

η - Повний ККД насоса. Приймається на підставі паспортних даних на об'єкт.

Напір, що розвивається насосом, визначається за формулою, Па:

$$\Delta H = H_i - H_a \quad (1.8)$$

де H_n – тиск у нагнітальному патрубку, Па

H_v - тиск у всмоктуючому патрубку, Па

Тиск у всмоктуючому колекторі при підключених баках-акумуляторах становить $H_{b1} = 0,4$ кгс/см² (40530 Па), а при підключеному гідроакумуляторі $H_{b2} = 2,4$ кгс/см² (243180 Па). Таким чином, потужність, зекономлена при використанні даної схеми, визначається за формулою, кВт:

$$\Delta N = \frac{10^{-3} \cdot G \cdot (H_{e2} - H_{e1})}{3600 \cdot \cos \phi \cdot \eta}, \quad (1.9)$$

$$\Delta N = \frac{10^{-3} \cdot 2066,667 \cdot (243180 - 40530)}{3600 \cdot 0,9 \cdot 0,64} = 201,97.$$

де G - продуктивність насоса, прийнята за середню продуктивність освітленої води (табл. 1.3) м³/год;

H_{b2} - напір у всмоктуючому колекторі насосної станції з підключеними акумуляторами, Па;

H_{b1} - напір у всмоктуючому колекторі насосної станції з підключеними баками-акумуляторами, Па;

$\cos \phi$ - Косинус кута зсуву фаз між синусоїдою струму і напруги. 0,9 береться за даними, наведеними в паспорті двигуна;

η - Повний ККД насоса, 0,64, береться відповідно до даних паспорта на насосний агрегат.

Фактична економія буде дещо нижчою за рахунок коригування рівня зберігання та тертя в трубопроводах.

2. ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ОБЛАДНАННЯМ ОБОРотНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

2.1 Гідравлічний розрахунок освітлюваного водного тракту

Як видно з вищесказаного, для усунення цих недоліків необхідно вирішити дві проблеми:

– Використовують енергію водяного стовпа, створювану насосними агрегатами насосної станції.

Запропонувати схему надійного і економічно вигідного регулювання продуктивності насосних агрегатів обох насосних станцій.

Розрахунок проводиться за методикою, наведеною нижче.

Трубопровід розбивається на проектні ділянки, конструктивні елементи для кожної ділянки визначаються натурними вимірами, витрата води визначається робочими параметрами, втрати тиску визначаються для кожної ділянки, сумарні втрати тиску в мережі визначаються для найбільш несприятливого випадку, тобто для найбільшого числа втрат тиску в кінцевій точці.

Структурна схема тракту освітленої води низького тиску (від виходу гідроциклонів до всмоктуючого патрубку насосів) наведена на малюнку 2.1, розрахункові характеристики ділянок трубопроводу - діаметр, довжина, витрата, сума місцевих опорів - наведені в розрахунковій таблиці. Розрахунок проводиться окремо для кожного контуру АВ (секції 1,2,3,4,5,6) і КБ (розділи 13,14,15,16). Ланцюг, на якій сума опорів більше, буде вважатися основним ланцюгом і буде задіяна в подальших розрахунках.

Швидкість у трубопроводі обчислюється за формулою, м/с:

$$V = \frac{G}{F}, \quad (2.1)$$

де G - розрахунковий витрата води для ділянки, м³/с;

F - поперечний переріз трубопроводу в перерізі, що визначається діаметром номінального проходу, м².

Коефіцієнт гідравлічного тертя для розрахунку лінійних втрат розраховується за універсальною формулою Альтшуля:

$$\lambda = 0.25 \cdot \left(\frac{k}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.11}, \quad (2.2)$$

де k - коефіцієнт шорсткості (для старих сталевих труб використовується 1,150 мм [4]);

d - внутрішній діаметр трубопроводу, прийнятий рівним діаметру номінального проходу, мм

Re - тест Рейнольдса. $\text{Re} = \frac{V \cdot d}{\nu}$, де $\nu = 10^{-6}$ м²/с – коефіцієнт кінематичної в'язкості для води. Приймається при температурі води 20°C.

Лінійні втрати тиску обчислюються за допомогою рівняння Дарсі-Вейсбаха, Па:

$$\Delta P_e = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{V^2 \cdot \rho}{2}, \quad (2.3)$$

де λ - коефіцієнт гідравлічного тертя;

l - довжина поперечного перерізу, м;

d - внутрішній діаметр секційного трубопроводу, м;

V - швидкість руху води в районі, м/с;

$\rho = 998$ кг/м³ – густина води при 20°C.

Втрати тиску в місцевих опорах обчислюються за формулою Па:

$$\Delta P_i = \frac{V^2 \cdot \rho}{2} \cdot \sum \xi, \quad (2.4)$$

де $\sum \xi$ - сума локальних коефіцієнтів опору на ділянці.

Сумарні втрати тиску в перерізі визначаються як сума лінійних і локальних втрат, Па:

$$\Delta P = \Delta P_e + \Delta P_i \quad (2.5)$$

Вихідні дані і результати розрахунків в освітлених водопроводах з витратою води в досліджуваному цеху 2000 м³/год наведені в таблиці 2.1.

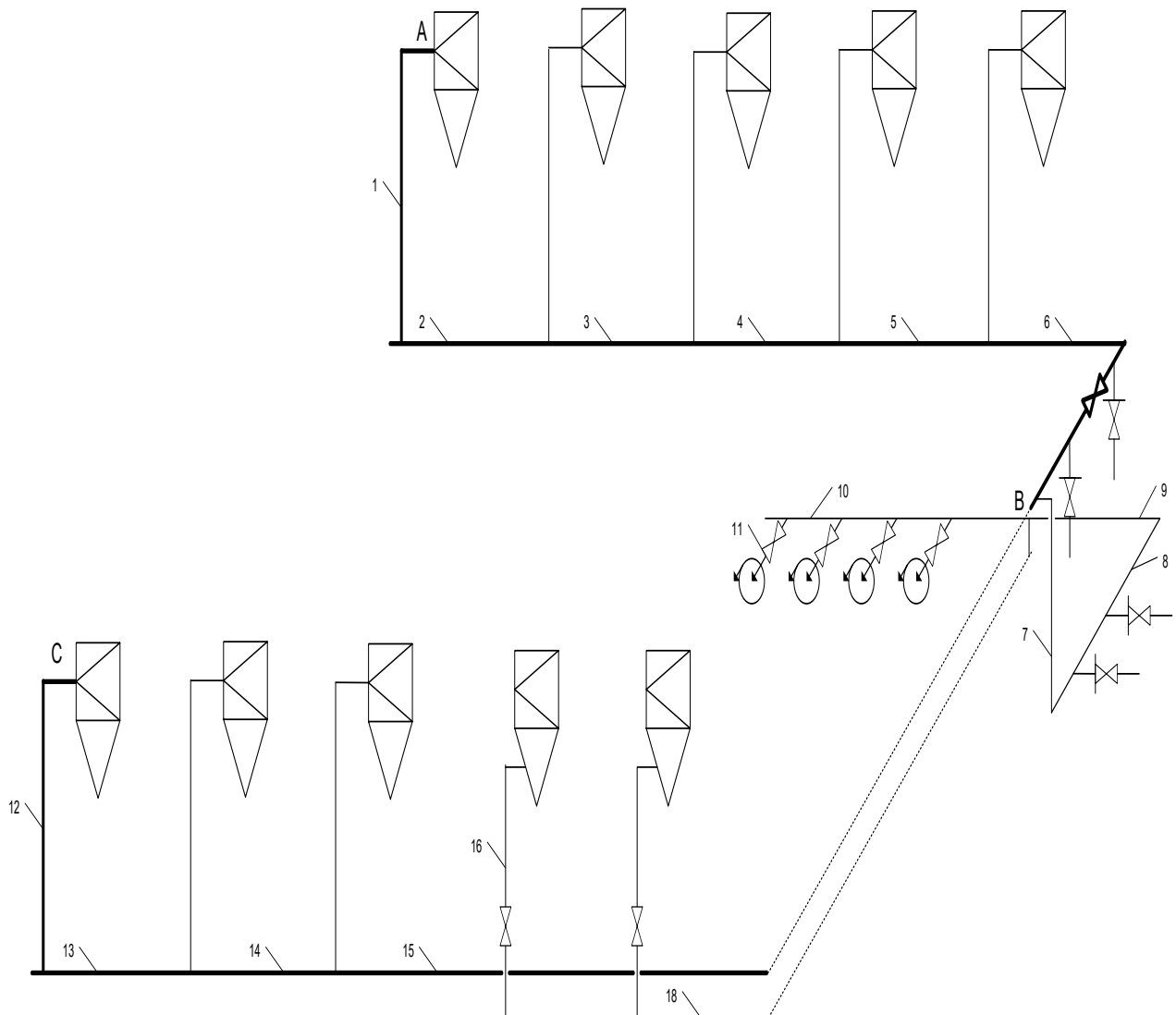


Рисунок 2.1 – Структурна схема шляху освітленої води низького тиску (від гідроциклонів до всмоктуючого патрубку насосів освітленої води)

Таблиця 2.1 - Вихідні дані і результати розрахунків гідравлічних втрат в освітлюваних водопроводах низького тиску

Сюжет №.	Внутрішній діаметр, мм	Довжина, м	Споживання		Швидкість, м/с	Сума місцевих опорів	Гідравлі чне тертя	Лінійні втрати, Па	Локальні втрати, Па	Загальні втрати, Па
			м ³ /рік	м ³ /Вт						
Відділення АВ										
1	300	9,6	250	0,069	0,983	2,05	0,063	973,818	988,34	1962,15
2	500	8	250	0,069	0,354	0	0,057	56,889	0,000	56,88
3	500	8	500	0,139	0,708	0,6	0,056	223,368	149,94	373,32
4	600	8	750	0,208	0,737	1,1	0,053	192,826	298,31	491,13
5	600	8	1000	0,278	0,983	0,6	0,053	341,200	289,27	630,46
6	600	14	1250	0,347	1,229	2,6	0,053	930,311	1958,59	2888,90
РАЗОМ										6402,87
7	800	10,2	2000	0,556	1,106	3	0,049	383,676	1830,53	2214,2
8	800	15	2000	0,556	1,106	2	0,049	564,229	1220,36	1784,5
9	1000	12	2000	0,556	0,708	1	0,047	140,872	249,93	390,80
10	1000	6	1000	0,278	0,354	0,5	0,048	17,939	31,241	49,180
РАЗОМ									5772,01	
Всього у всмоктувальному тракті (гілки АВ+сума 7-11)									12174,9	

На малюнку 2.2 показана розрахункова схема трубопроводів освітленої води високого тиску. Розрахунок гідравлічного опору аналогічний і виконується за формулами (2.4) – (2.8). Вихідні дані та результати розрахунків наведені в таблиці 2.2.

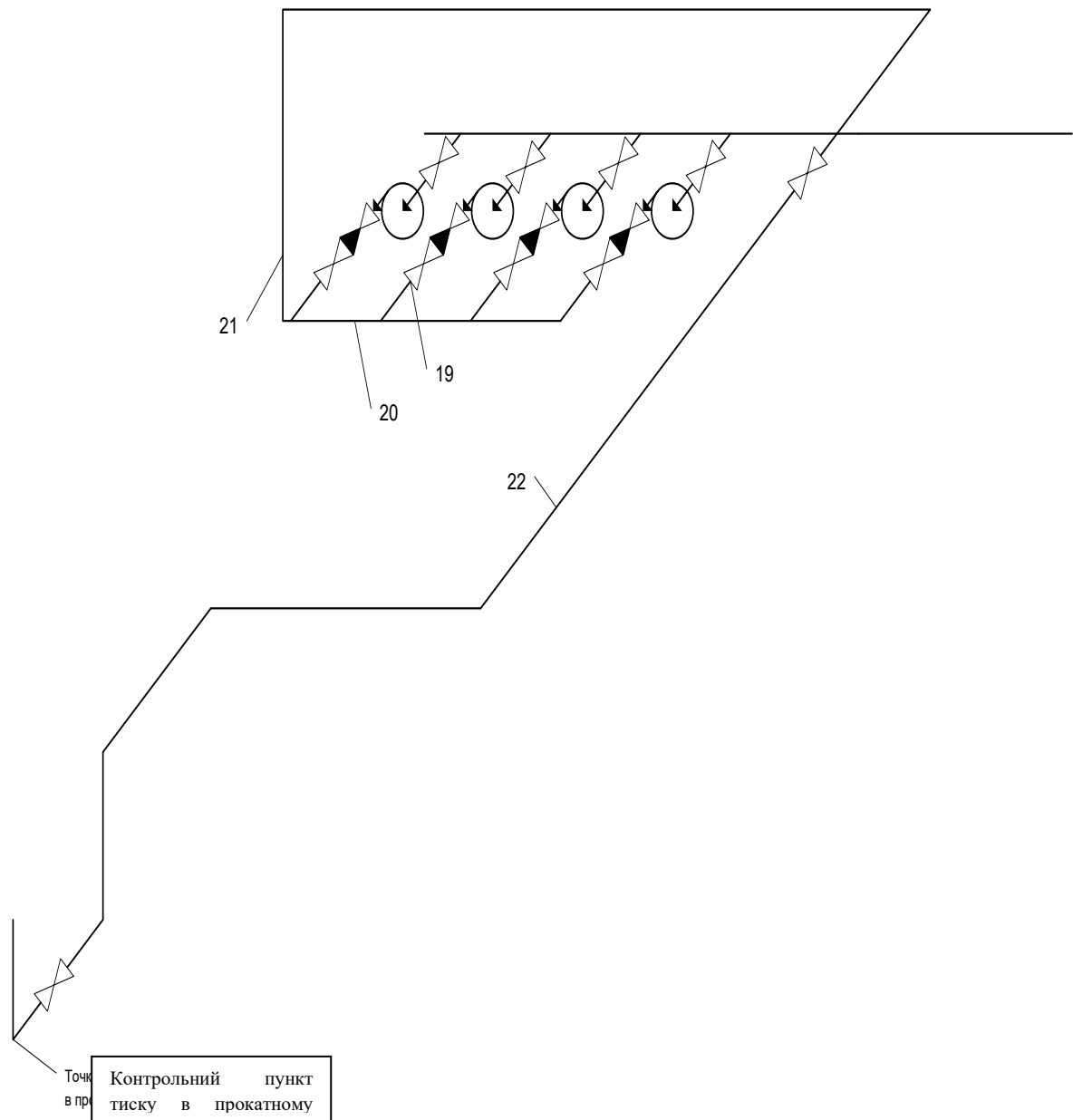


Рисунок 2.2 – Структурна схема освітлюваного водопроводу високого тиску (від напірного трубопроводу насосів освітленої води до точки приєднання до внутрішніх мереж трубопрокатного цеху)

Таблиця 2.2 – Вихідні дані та результати розрахунків гідравлічних втрат в уточнених водопроводах високого тиску

Номер послідовності	Внутрішній діаметр, м	Довжина, м	Споживання		Швидкість, м/с	Сума місцевих опорів	Лінійні втрати, Па	Локальні втрати, Па	Загальні втрати, Па
			м ³ /рік	м ³ /с					
19	500	3	1000	0,27	1,41	8,5	331,774	8497,57	8829,3
20	600	8	1000	0,2778	0,98	0,5	341,200	241,057	582,2
21	600	33	2000	0,5556	1,96	2,5	5589,43	4821,15	10410
22	700	280	2000	0,5556	1,444	2	21168,0	2081,87	23249,7
РАЗОМ								43072,107	

Сумарні втрати тиску в трубопроводах визначаються як сума втрат тиску в трактах низького і високого тиску і рівня, Па:

$$12174,9+43072,107=55247,007$$

2.2 Розрахунок режимів роботи насосної станції

Режим роботи насосної станції являє собою поєднання напору, виробленого насосними агрегатами, і їх продуктивності.

При цьому параметрами, які додатково описують режим, є споживана потужність і ККД насосних агрегатів і електродвигунів.

Режим роботи насосної станції визначається перетином гідравлічних характеристик трубопровідної мережі і характеристик насосного агрегату.

Розрахунки гідравлічних характеристик трубопровідної мережі.

На підставі даних, наведених у таблиці 2.1, розраховується гідравлічна характеристика трубопровідної мережі, що представляє собою параболу:

$$H = H_0 + k \cdot G^2, \quad (2.6)$$

де H - опір мережі, Па

H_0 - статичний тиск водяного стовпа, необхідне для заповнення трубопроводів. Вона залежить від конфігурації системи і дорівнює різниці між оцінками висоти осі насоса і найвищої точки системи трубопроводів. Для розглянутої мережі він дорівнює 16 м дюймів або 162120 Па.

k - коефіцієнт, який залежить від опору мережі. Він визначається підстановкою відомої пари значень H і G при $H_0 = 0$ в рівняння (2.6).

Наступним чином:

$$k = \frac{H}{G^2} = \frac{55247.007}{2000^2} = 0,0138117.$$

Рівняння гідравлічної характеристики мережі вихідних труб буде виглядати наступним чином:

$$H = 162120 + 0,0138117 \cdot G^2 \quad (2.7)$$

Розрахунок характеристик насосних агрегатів

Характеристики насоса (далі «робоча характеристика») наведені в паспорті насосного агрегату і являють собою параболу, накреслену в координатах Н-Г.

Розрахунок режимів роботи насосної станції.

Для того щоб побудувати робочу характеристику для двох однакових повітродувок, що працюють паралельно, необхідно скласти витрата в кожній точці при постійному тиску (рисунок 2.3).

Отриманий графік і буде експлуатаційною характеристикою насосної станції.

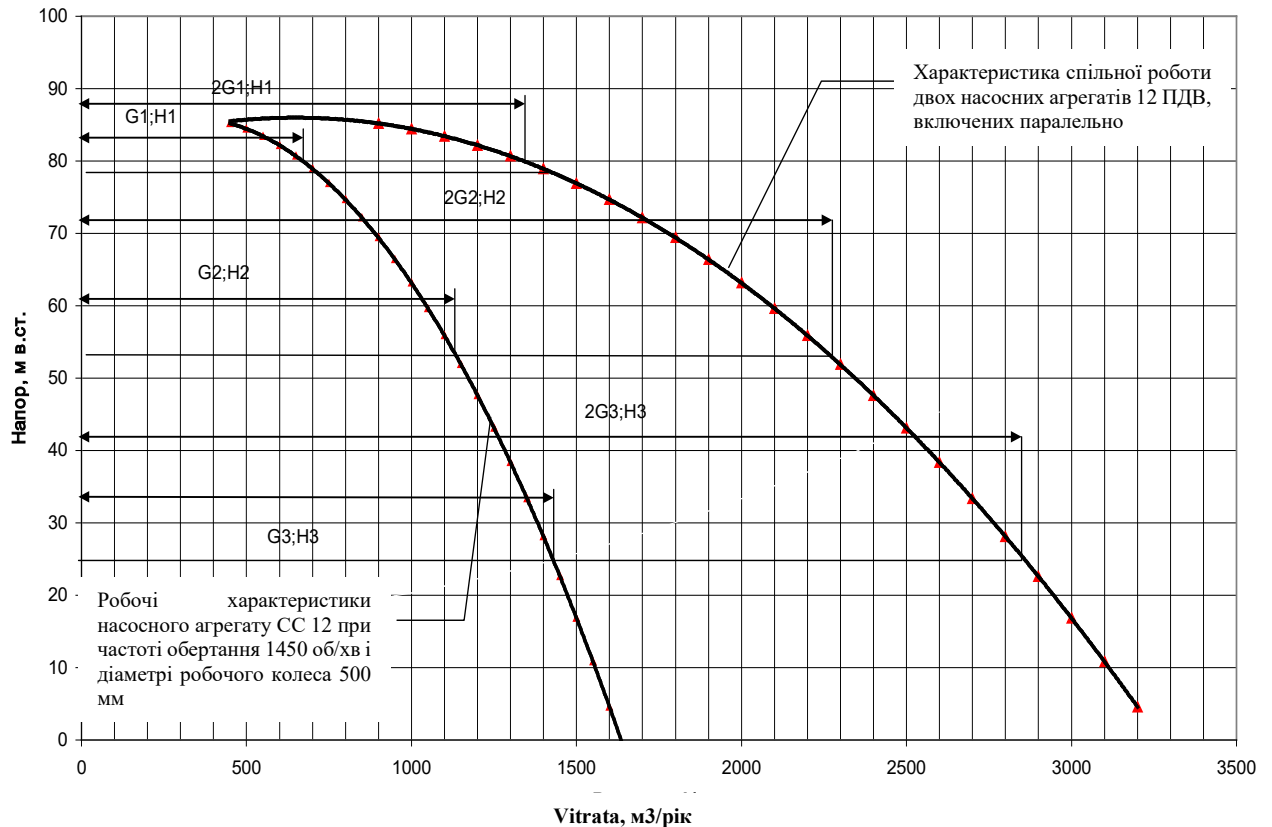


Рисунок 2.3 – Побудова сумарної робочої характеристики для двох однакових насосів, з'єднаних паралельно

На основі отриманих аналітичних залежностей побудовано спряжений графік нагнітачів та мережі (рис. 2.4).

З графіків на малюнку 2.5 видно, що однієї одиниці недостатньо для забезпечення максимальної витрати 2500 м³/год, а двох блоків занадто багато. На практиці це означає, що запускаються обидва насоси, а для регулювання продуктивності насосної станції характеристики системи змінюються шляхом перекриття вентилів на нагнітанні насоса або на колекторі насосної станції.

Такий спосіб регулювання, крім безпосереднього непродуктивного споживання електроенергії, призводить до передчасного зносу запірної арматури, герметизації кришок насосних агрегатів, скорочує міжремонтний період насосного обладнання і трубопроводів, призводить до додаткових витрат на ремонтне обслуговування енергетичного обладнання і до втрат від втрат продукції через подовження простоїв основного технологічного обладнання при ремонті обладнання зворотного циклу.

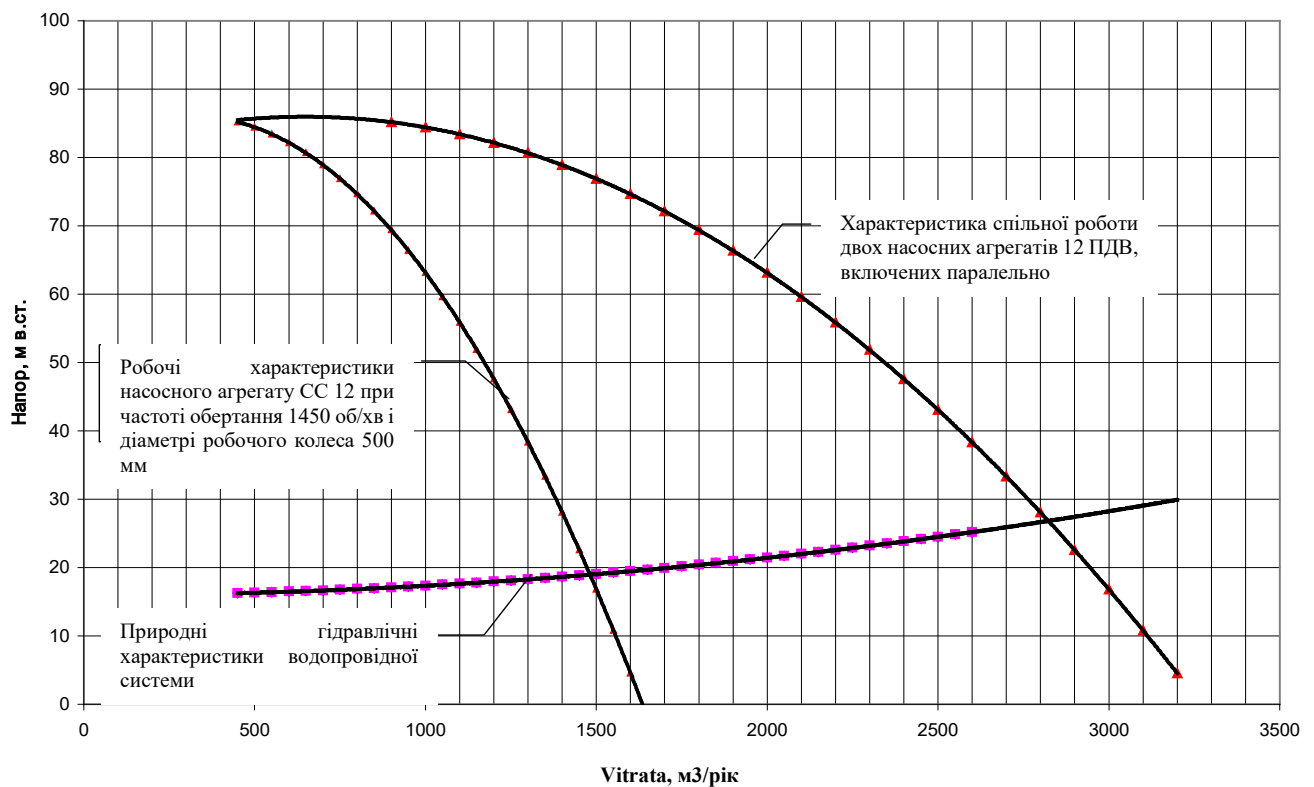


Рисунок 2.4 – Схеми спільної роботи мережі і насосів насосної станції освітленої води

Розрахунки режиму роботи насосної станції при регулюванні запірної арматури.

При закритті засувки збільшується опір мережі і збільшується нахил характеристики. Насосна станція споживає додаткову енергію для подолання цього опору. Кількість додаткової енергії пропорційно перепаду тиску на арматурі, за допомогою якої проводиться регулювання, і може бути оцінена як, кВт:

$$\Delta N = \frac{G \cdot \Delta H \cdot 101325}{3600 \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot 1000}, \quad (2.8)$$

де G - витрата води через насосну станцію, м³/год;

ΔH - різниця між вторгненим опором мережі та опором за рахунок ковпачка запірної арматури, кгс/см²;

φ - кут зміщення між синусоїдальними хвилями струму і напруги, $\cos \varphi$ прийнятий за паспортними даними двигунів і рівний 0,9;

η - ККД насоса. Приймається на підставі паспортних даних 0,64.

При витраті через насосну станцію 2500 м³/год і зниженні тиску на запірній арматурі 18,596 м втрати потужності на регулювання складуть, кВт:

$$\Delta N = \frac{2500 \cdot 1,8596 \cdot 101325}{3600 \cdot 0,9 \cdot 0,64 \cdot 1000} = 227,170$$

Отримана цифра показує, що в цьому випадку близько половини споживаної енергії витрачається на регулювання потужності.

Розрахунок режиму роботи при регулюванні продуктивності зміною швидкості.

Для розрахунку режиму роботи насосної станції при регулюванні і зміні частоти обертання робочого колеса скористаємося відомим співвідношенням:

$$\left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 = \frac{\Delta H_1}{\Delta H_2} \quad (2.9)$$

де $N1$ - початковий оборот крильчатки, об / хв;

$N2$ - змінна частота обертання робочого колеса, об / хв;

$\Delta H1$ – розвиваючий початковий напір, m.h.st.;

$\Delta H2$ - модифікована розвиваюча головка, m.h.st.

Графіки режимів роботи насосної станції при регулюванні запірної арматури наведені на малюнку 2.5.

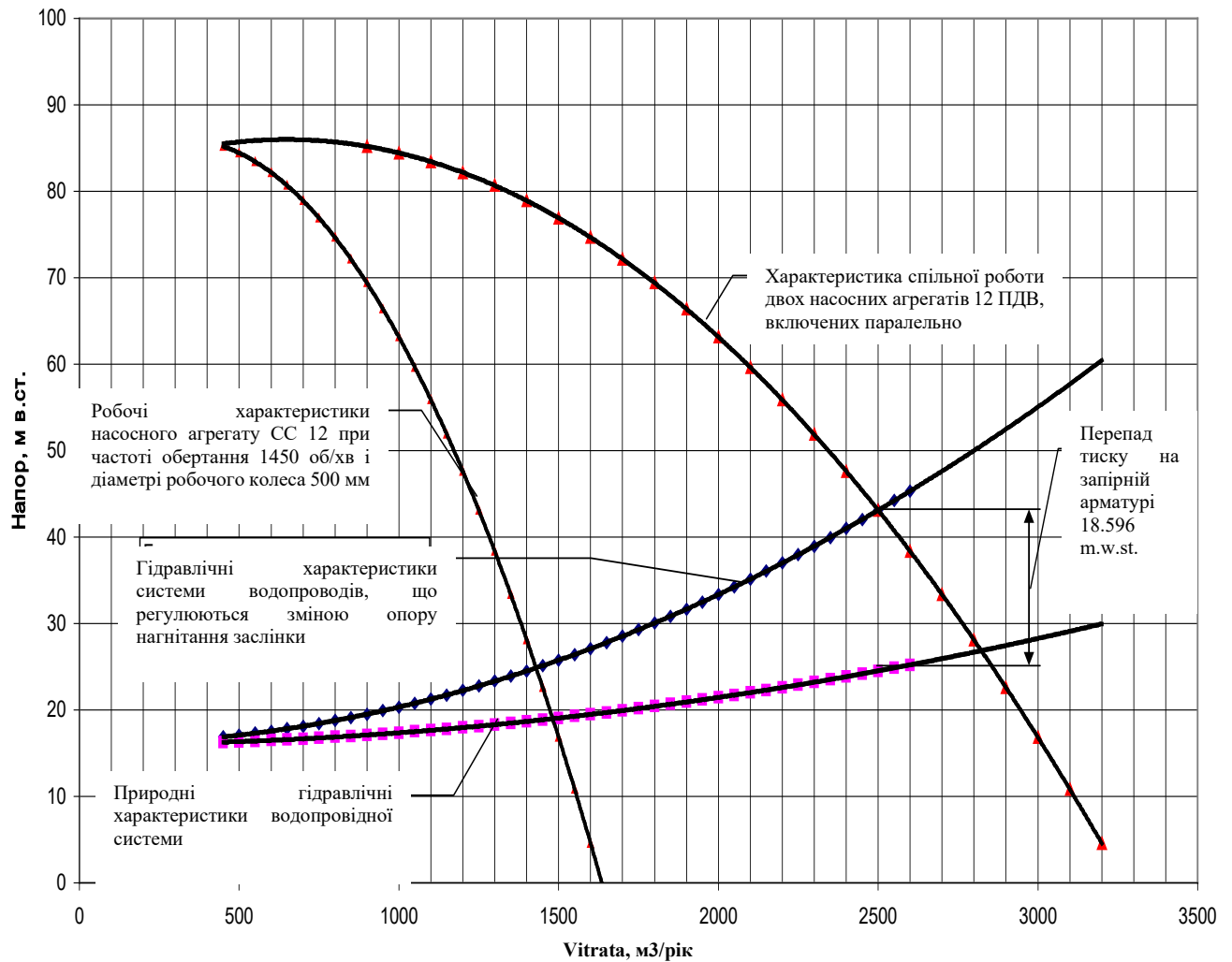


Рисунок 2.5 – Режим роботи насосної станції при регулюванні витрати за допомогою клапана на нагнітання насосів

Знаючи H_1 і H_2 і $\Delta n / \Delta c$ (2.9), знаходимо модифіковану частоту обертання насоса, необхідну для розвитку напору H_2 , об / хв: Δ

$$n_2 = n_1 \cdot \sqrt{\frac{\Delta H_2}{\Delta H_1}} = 1450 \cdot \sqrt{\frac{24,519}{43,115}} = 1093,479$$

Розв'язавши рівняння (2.9) щодо ΔH_2 , отримаємо рівняння характеристик насоса на швидкостях, відмінних від стандартних:

$$\Delta H_2 = \Delta H_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad (2.10)$$

Підставивши в (2.10) Δ праву частину рівняння характеристики насоса, наведене на рисунку 2.4, замість $H1$, отримаємо характеристичне рівняння при швидкостях, відмінних від стандартних:

$$\Delta H = \left(-5 \cdot 10^{-5} \cdot G^2 + 0,0324 \cdot G + 80,74 \right) \cdot \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \quad (2.11)$$

Режим роботи, при якому регулюється частота обертання робочого колеса, розраховується на підставі рівняння (2.11) і показаний на малюнку 2.6.

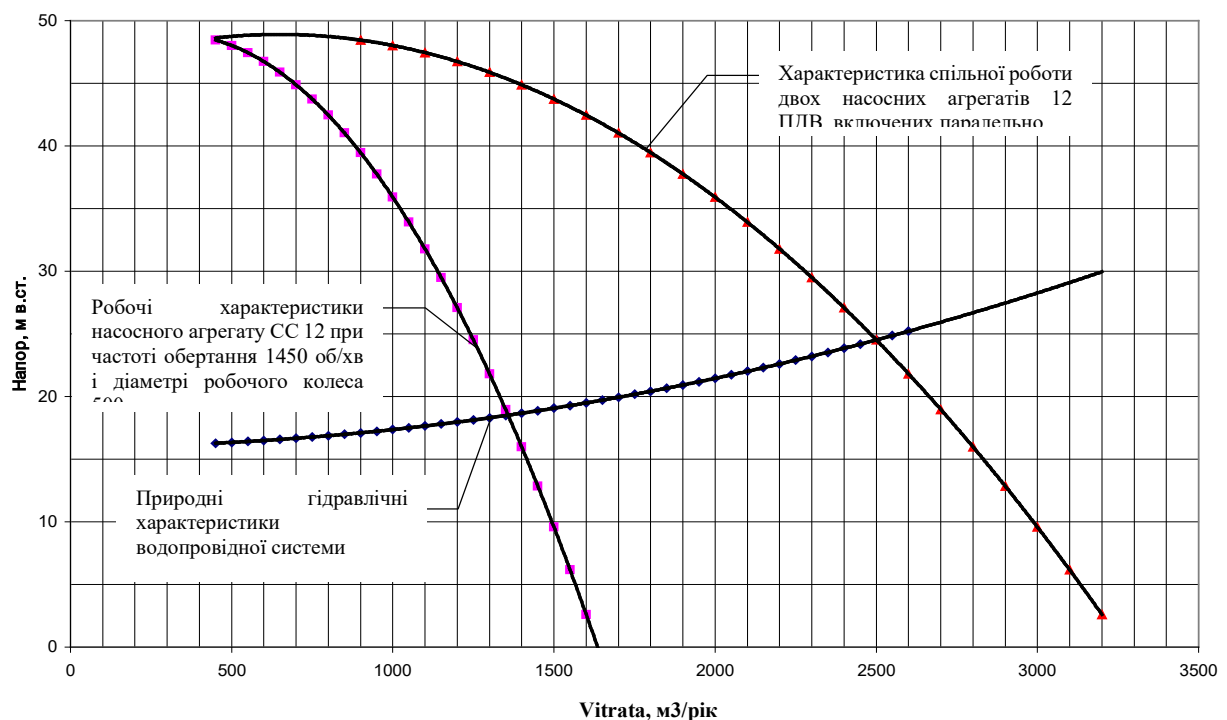


Рисунок 2.6 – Режим роботи насосної станції при регулюванні витрати за рахунок зміни частоти обертання робочого колеса насоса

З графіків, наведених на малюнку 2.6, видно, що напір насоса знизився до величини, необхідної для забезпечення пропускної здатності системи трубопроводів. При цьому втрати напіру в запірній арматурі відсутні. При зниженні частоти обертання насоса знижується споживана потужність, яка оцінюється по відношенню до:

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 = \frac{N_1}{N_2} \quad (2.12)$$

З (2.12) знаходимо потужність, споживану при зниженні швидкості, кВт:

$$N_2 = N_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \quad (2.13)$$

де N_1 - потужність, споживана при регулюванні потужності насосної станції за допомогою запірної арматури

N_2 - змінна частота обертання насоса, об / хв,

N_1 - початкова частота обертання насоса, об / хв.

Потужність N_1 розраховується за формулою (2,8) і для режиму, показаного на малюнку 2.6, дорівнює, кВт:

$$N_1 = \frac{G \cdot \Delta H \cdot 101325}{3600 \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot 1000} = \frac{2500 \cdot 4,3115 \cdot 101325}{3600 \cdot 0,9 \cdot 0,64 \cdot 1000} = 526,696 \quad (2.14)$$

Геть:

$$N_2 = N_1 \cdot \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 = 526,696 \cdot \left(\frac{1093,479}{1450}\right)^3 = 225,88 \text{ кВт.}$$

У цьому випадку економія електроенергії становить:

$$\Delta N = N_1 - N_2 = 526,696 - 225,88 = 300,816 \text{ кВт.}$$

Розрахунок режимів роботи насосної станції з використанням тиску води з гідроакумуляторів і одночасним регулюванням кількості обертів.

При використанні гідроакумуляторного тиску води гідравлічні характеристики трубопроводної мережі будуть змінюватися, так як статичний тиск, необхідний для заповнення системи, буде зменшуватися на кількість

засипної води на всмоктуванні насосів. Характеристика мережі описується рівнянням (2.9).

При подачі води у всмоктууючий колектор під тиском характеристичне рівняння буде таким:

$$H = 162120 - \frac{H_0 \cdot 101325}{9,8} + 0,0138117 \cdot G^2 \quad (2.15)$$

де H_0 - величина всмоктууючого колектора назад, м

Розрахункові характеристики очисних споруд циркуляційного циклу визначають величину зворотного потоку від 13 до 25 м. Для подальших розрахунків візьмемо середнє значення зворотної витрати $(13 + 25) \cdot 0,5 = 19$ м.

Потужність, споживана в цьому режимі, становить кВт:

$$N = \frac{G \cdot \Delta H \cdot 101325}{3600 \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot 1000} = \frac{2500 \cdot 0,5519 \cdot 101325}{3600 \cdot 0,9 \cdot 0,64 \cdot 1000} = 67,420 \quad (2.16)$$

Економія електроенергії в порівнянні з управлінням запірною арматурою і без використання всмоктууючої спинки складає, кВт:

$$526\,696 - 67\,450 = 459\,246 \text{ кВт},$$

тобто 87,199% від початкового визначення (2,14).

Розрахунок споживання електроенергії за середньодобовий день.

Режим роботи насосної станції при використанні резерву у всмоктууючій магістралі і регулюванні зміни частоти обертання показаний на малюнку 2.7

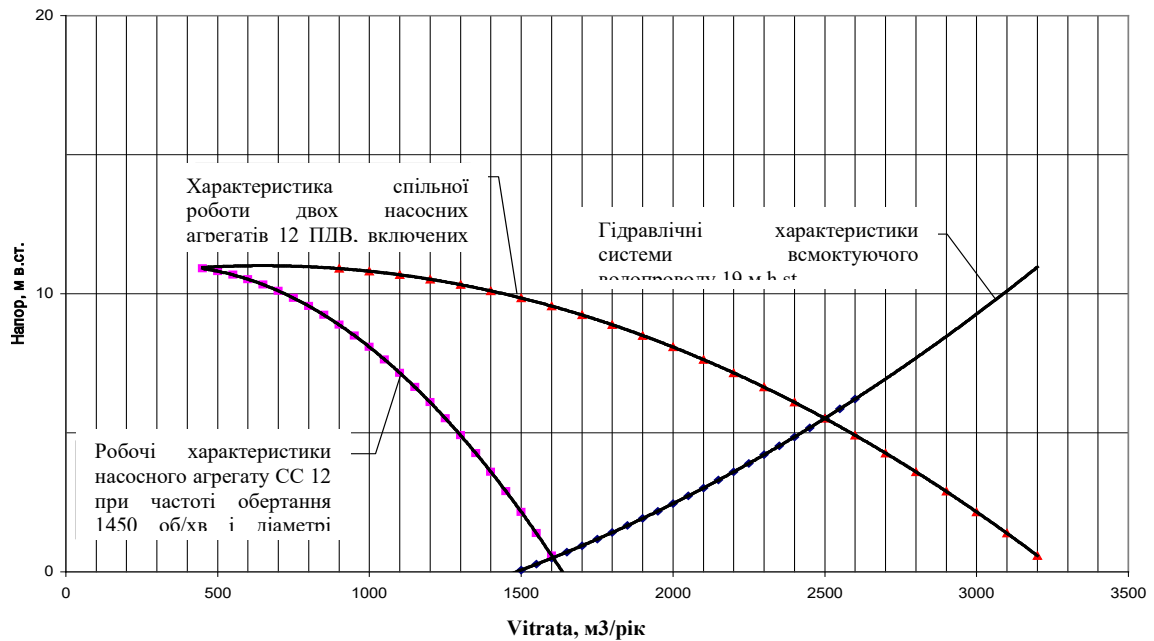


Рисунок 2.7 – Режим роботи насосної станції освітленої води з використанням тиску всмоктування 19 м в т.ч. і частотою обертання насосного агрегату 518,8075 об/хв

В якості вихідних даних для розрахунків були взяті скиди води, показані на графіку (рис. 1.2). Для розрахунку енерговитрат при регулюванні запірної арматури використовуються значення фактичної потужності циркуляційного циклу, а для розрахунку енерговитрат при регулюванні зміни швидкості обертання - фактично спожиті обладнанням витрати. Такий стан пояснюється тим, що при регулюванні запірної арматури неможливо домогтися точної відповідності фактичної витрати необхідної. У таблиці 2.3 наведені середні погодинні витрати за день.

Розрахунок споживання електроенергії за середньодобову добу при регулюванні потужності насосної станції за допомогою запірної арматури.

Для розрахунків необхідно отримати аналітичний вираз для сумарної характеристики одночасної роботи двох насосів 12 ПДВ, які включаються паралельно і працюють з номінальною частотою обертання 1450 об / хв.

Таблиця 2.3 - Фактична потужність циклу рециркуляції та освітлена витрата води технологічним обладнанням

Виграний рік	Витрата води технологічним обладнанням, м ³ /год	Фактична продуктивність насосної станції, м ³ /год
1	1665	2000
2	1665	2000
3	1915	2200
4	1915	2000
5	1520	2000
6	1770	2000
7	970	1700
8	1070	1700
9	2350	2500
10	2050	2200
11	2050	2200
12	2050	2200
13	1720	2000
14	1770	2000
15	1770	2000
16	1400	2000
17	2100	2300
18	2100	2300
19	2100	2300
20	1770	2000
21	1720	2000
22	1970	2000
23	1970	2000
24	1970	2000

Для знаходження рівняння виділимо графік, зображений на малюнку 2.9. За допомогою команди «Намалювати лінію тренду» на діаграмі в книзі електронних таблиць EXCEL побудуйте квадратичну залежність. Вибравши в діалоговому вікні опцію «Показати рівняння на діаграмі», отримаємо аналітичну залежність для характеристики спільної роботи двох насосів 12 ВАТ:

$$H = -1,25 \cdot 10^{-5} \cdot G^2 + 0,0162 \cdot G + 80,74 \quad (2.17)$$

На підставі (2.17) визначаємо напір насосної станції, який розвивається при регулюванні продуктивності за допомогою запірної арматури, і споживану при цьому потужність. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри роботи насосної станції при регулюванні продуктивності запірної арматури протягом середньодобової

Рік Збільшення	Фактична продуктивність насосної станції, м ³ /год	Напір насоса при регулюванні запірною арматурою, м	Потужність насосів при регулюванні запірною арматурою, кВт
1	2	3	4
1	2000	63,14	617,06
2	2000	63,14	617,06
3	2200	55,88	600,72
4	2000	63,14	617,06
5	2000	63,14	617,06
6	2000	63,14	617,06
7	1700	72,155	599,39
8	1700	72,155	599,39

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
9	2500	43,115	526,70
10	2200	55,88	600,72
11	2200	55,88	600,72
12	2200	55,88	600,72
13	2000	63,14	617,06
14	2000	63,14	617,06
15	2000	63,14	617,06
16	2000	63,14	617,06
17	2300	51,875	583,01
18	2300	51,875	583,01
19	2300	51,875	583,01
20	2000	63,14	617,06
21	2000	63,14	617,06
22	2000	63,14	617,06
23	2000	63,14	617,06
24	2000	63,14	617,06
Середня кількість годин не є величиною		60,44	604,841

Оскільки регулюванням шляхом зміни частоти обертання досягається точна відповідність досягнутої витрати природному опору мережі, то при розрахунку робочих параметрів насосної станції за допомогою тиску всмоктування і регулювання змінної частоти обертання робочих коліс для визначення напору насосних агрегатів прийнято рівняння характеристик мережі. Як *НО* Результати розрахунків напору, виробленого насосною станцією, і споживаної при цьому потужності наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Робочі параметри насосної станції для регулювання витрати за рахунок зміни частоти обертання і використання зворотного всмоктування для середньодобових

Виграний рік	Витрата води технологічним обладнанням, м ³ /Год	Напір насоса при використанні резерву і зміні частоти, м	Потужність насоса з регулюванням зміни частоти, кВт
1	2	3	4
1	1665	0,78	6,34
2	1665	0,78	6,34
3	1915	2,00	18,70
4	1915	2,00	18,70
5	1520	0,15	1,11
6	1770	1,27	10,99
7	970	-1,72	-8,14
8	1070	-1,44	-7,53
9	2350	4,53	51,99
10	2050	2,73	27,33
11	2050	2,73	27,33
12	2050	2,73	27,33
13	1720	1,03	8,68
14	1770	1,27	10,99
15	1770	1,27	10,99
16	1400	-0,33	-2,25
17	2100	3,01	30,90
18	2100	3,01	30,90
19	2100	3,01	30,90
20	1770	1,27	10,99
21	1720	1,03	8,68

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
22	1970	2,29	22,05
23	1970	2,29	22,05
24	1970	2,29	22,05
Середнє значення		1,58	16,14

Знак «-» поруч з деякими значеннями потужності вказує на те, що якщо витрати тиску в трубопроводах невеликі, досить обійтися без освітленої водяної насосної станції, потік води має надлишок енергії і може подавати її в мережу електропостачання. Таким чином, середня потужність, споживана насосною станцією при використанні тиску всмоктування і регулюванні продуктивності зміною швидкості обертання насосних агрегатів, складе 16,89 кВт. Економія електроенергії дорівнює різниці між середнім значенням споживаної потужності при регулюванні запірної арматури (табл. 2.4) і середнім значенням потужності при використанні тиску всмоктування і регулюванні витрати шляхом зміни частоти обертання насосних агрегатів і становить, кВт:

$$\Delta N = 604,841 - 16,89 = 587,951 \quad (2.18)$$

Для визначення потужності частотних перетворювачів, встановлених в насосній станції, визначимо, як змінюється споживана потужність при мінімальному тиску у всмоктуючому колекторі. Мінімальний тиск може бути на рівні води в трубопроводах з всмоктуванням 10 м. Коли тиск досягне нижче цього значення, необхідно активувати систему автоматичного зменшення витрати води, так як в цьому випадку насос може перейти в сухий режим. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими роботи насосної станції при мінімальному зворотному потоці у всмоктуючому колекторі (10 м)

Час	Витрата води технологічним обладнанням, м ³ /год	Напір насоса при використанні резерву і зміні частоти, м	Потужність регулювання частоти, кВт
1	1665	9,78	79,56
2	1665	9,78	79,56
3	1915	11,00	102,92
4	1915	11,00	102,92
5	1520	9,15	67,96
6	1770	10,27	88,83
7	970	7,28	0,00
8	1070	7,56	0,00
9	2350	13,53	155,34
10	2050	11,73	117,49
11	2050	11,73	117,49
12	2050	11,73	117,49
13	1720	10,03	84,32
14	1770	10,27	88,83
15	1770	10,27	88,83
16	1400	8,67	0,00
17	2100	12,01	123,25
18	2100	12,01	123,25
19	2100	12,01	123,25
20	1770	10,27	88,83
21	1720	10,03	84,32
22	1970	11,29	108,68
23	1970	11,29	108,68
24	1970	11,29	108,68
Середній		10,58	90,02

У таблиці 2.6 наведені кошториси для базового і проектного варіантів.

Таблиця 2.6 – Аналіз отриманих розрахункових даних

Час доби	Базовий варіант		Версія проекту	
	Споживана потужність насосів при регулюванні запірною арматурою, кВт	Річне споживання електроенергії, тис. кВт год	Споживана потужність насосів з регулюванням зміни частоти і використанням реверсивного обмежувача 19 м по осі, кВт	Річне споживання електроенергії, тис.
1	617,06	8802	6,34	3645
2	617,06		6,34	
3	600,72		18,70	
4	617,06		18,70	
5	617,06		1,11	
6	617,06		10,99	
7	599,39		-8,14	
8	599,39		-7,53	
9	526,70		51,99	
10	600,72		27,33	
11	600,72		27,33	
12	600,72		27,33	
13	617,06		8,68	
14	617,06		10,99	
15	617,06		10,99	
16	617,06		-2,25	
17	583,01		30,90	
18	583,01		30,90	
19	583,01		30,90	
20	617,06		10,99	
21	617,06		8,68	
22	617,06		22,05	
23	617,06		22,05	
Середнєзначення. 604			22,05	

Як видно з таблиці, максимальна споживана потужність може досягати 155 кВт. Виходячи з цього, припустимо, що потужність одного перетворювача дорівнює 200 кВт. Кількість перетворювачів - 2 шт. Кожен перетворювач може обслуговувати 2 насосних агрегату. При цьому один блок працює, а другий є резервним. У разі аварійної зупинки робочого агрегату (якщо зупинка здійснювалася автоматикою насоса, а не конвертера) машиніст насосної станції включає резервний агрегат від того ж конвертера. В якості частотних перетворювачів візьмемо 2 блоки VLT 6275-НТ4 "Danfoss" N=200 кВт.

Як видно з таблиці 2.6, річне споживання електроенергії зменшиться на 58,6%.

3. РОЗРАХУНОК ВИТРАТИ НА РЕАЛІЗАЦІЮ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ ТА ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ

3.1 Розрахунок капітальних витрат на здійснення енергозберігаючих заходів

3.1.1 Розрахунки вартості обладнання та матеріалів

Перелік обладнання та матеріалів, а також витрати на їх придбання наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Перелік матеріалів та обладнання, необхідних для реалізації проекту

Пункт №	Ім'я	Одиниці	Кількість	Вартість одиниці, грн	Сума, грн
1	2	3	4	5	6
1	Перетворювач частоти VLT 6275-НТ4"Danfoss" N=200 кВт	стан	2	127500	555000
2	Електрична сталева труба безпосередньо	Т	4,3	2500	10750
3	Труба сталева поздовжньозварна 325х6	Т	1,7	2500	4250
4	Привід 30х915шт Доо 600	стан	2	14000	28000
5	Допоміжні матеріали (електрика, паливно- мастильні матеріали, монтаж)				10000
	Всього, Q1				1163000

Для реалізації запропонованого проекту необхідно понести витрати на придбання частотних перетворювачів, трубопроводів, запірної арматури, допоміжних матеріалів, провести роботи з монтажу та пусконаладжувальних робіт обладнання. Проведено розрахунки доцільності реалізації заходів для базового варіанту схеми оборотного циклу та варіанту з реконструкцією, що передбачає зміну схеми оборотного циклу та застосування частотно-регульованого електроприводу.

3.1.2 Розрахунок витрат на будівельно-монтажні та пусконаладжувальні роботи

Вартість будівельно-монтажних робіт наведена в таблиці 3.2. Ціни розраховуються з коефіцієнтом за умови праці 1,1.

Таблиця 3.2 – Кошторис витрат на монтаж трубопроводів, арматури та перетворювачів частоти

N	Найменування роботи та витрати	Од. вим.	Пост.	Поточна ціна за одиницю, грн	Вартість, грн	Витрати праці працівників за обсягом робіт, людино-годин
1	2	3	4	5	6	7
1	Установка чавунних фланцевих засувок з електричним тиском при номінальному тиску 1 МПа, номінальний діаметр отвору 600 мм	стан	2	217,65	435,30	55,56
2	Гідравлічне випробування на герметичність засувки нового запірної фланця з номінальним діаметром отвору 600 мм	Демп фер	2	25,51	51,02	21,7
3	Ручне очищення ковпачка в зборі DN 600 мм	вузол	2	2,15	4,30	1,98
4	Виробництво підлогових покриттів вагою до 30 кг	Т	0,65	373,18	242,57	81,536
5	Виготовлення опор, маса елемента до 0,3 т	Т	0,2	278,12	55,62	21,934
6	Монтаж опор	Т	0,4	156,68	62,67	17,804
7	Демонтаж окремих ділянок труб Ду 600мм	10 метрів	0,4	105,38	42,15	13,328
8	Монтаж окремих відрізків труб DN 600 мм	10 хв	2,8	245,42	687,18	210,952
9	Монтаж окремих ділянок труб Ду 300 мм	10 хв	3,3	85,23	281,26	53,229

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
10	Виробництво секторного вигину, діаметра, товщини стінки 600х10 мм п'ятисекторний вигин	стан	1	58,68	58,68	12,35
11	Установка секторного вигину, номінальний діаметр отвору 600 мм	10 хв	0,2	245,42	49,08	15,068
12	Врізка в існуючу трубопровідну мережу, діаметр труби 600 мм	Обрізки	2	25,37	50,74	8,06
13	Монтаж внутрішніх інвентарних трубчастих риштувань: висота до 6 м	100 м2	0,2	177,49	35,50	14,652
14	Прибудова на висоті 4 м	100м2	0,2	88,11	17,62	7,282
15	Демонтаж внутрішнього інвентарю Трубчасті риштування: висота до 6 м	100 м2	0,2	107,01	21,40	8,844
16	Прибудова на висоті 4 м	100 м2	0,2	53,37	10,67	4,412
17	Ручна очистка трубопроводів діаметром 200-600 мм	м2	100	2,15	215,00	99
18	Ручне очищення металоконструкцій з перевагою кутової сталі	Т	1,25	72,77	90,96	37,125
19	Знепилювання поверхонь трубопроводів і металевих поверхонь	м2	89,11	0,86	76,64	10,69332

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
20	Покриття ґрунтовою ГФ-021 (перший шар)	100м ²	0,89	162,53	144,65	20,1585
21	Фарбування металевих ґрунтованих поверхонь емалями ПФ-115 2 рази	100м ²	0,89	152,72	135,92	8,2414
22	Монтаж системи управління електроприводом. Нереверсивний електричний Диск; Однозонне керування	стан	2	8562	17124,0	18,52
23	Регулювання системи управління електроприводом. Нереверсивний електропривод	стан	2	9549	19098,0	18,52
	Разом за кошторисом:	-	-	38990,94		760,95
I	Загальні прямі витрати	-	-	38990,94		761
	Заробітної плати	-	-	1924,37		-
	Вартість експлуатації машини	-	-	37066,57		-
II	Накладні	-	-	4259,07		-
III	Кошти на будівництво тимчасових будівель і споруд	-	-	-		-
	Загальна вартість будівельно-монтажних робіт (I+II+III+IV+V)	-	-	43250,01		761
ТИ	Інші супутні витрати	-	-	-		-
X	Податки, збори, обов'язкові платежі					
	Разом 32=(I+II+III+IV+V+VI+VII+VIII+IX)			44037,6		

3.1.3 Розрахунок загальних витрат на здійснення заходів

Загальні витрати на реалізацію проекту складаються із загальних значень, зазначених у таблицях 3.1 та 3.2, і становлять:

$$KЗ = Cуст + Сбуд \quad (3.1)$$

$$CZ = 1163000 + 44037,6 = 1\,207\,037,6 \text{ грн}$$

3.2 Розрахунок трудовитрат обслуговуючого персоналу

Штатний розклад дільниці наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Штатний розклад секції JCMS

Пункт №	Посада	Розряд ETCS	Кількість штатних посад	Тарифна ставка, грн/год або місячна заробітна плата	% від премії
1	Обладнання для очищення води	3	4	4,5	15
2	Обладнання для очищення води	4	4	4,2	15
3	Машиніст насосної установки	3	4	4	15
4	Майстер з ремонту слюзарів	5	2	4,5	20
5	Слюсар-Ремонтник				
6	Старший виконроб		1	1300	40

Формою оплати праці працівників є погодинні премії.

3.2.1 Розрахунок трудовитрат на змінний і обслуговуючий персонал

Розрахунки фонду робочого часу T_{ef} вахтового і обслуговуючого персоналу наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Фонд робочого часу працівників дільниці

Пункт No	Посада	Розклад	Річний фонд робочого часу, годин
1	Обладнання для очищення води	2-х змінний безперервний 4-х бригадний	$365 \cdot 24 / 4 = 2190$
2	Машиніст насосної установки	2-х змінний безперервний 4-х бригадний	$365 \cdot 24 / 4 = 2190$
3	Майстер з ремонтів слюзарів	1-змінний з 5-денним робочим тижнем	$(365 - 10 - 52 - 52) - 6 = 2002^*$

* 10 – кількість святкових днів у році, 52 – кількість субот та неділь у році, 6 – кількість годин внаслідок скорочення передсвяткових днів на 1 годину.

Розрахунки по заробітній платі проводяться в такій послідовності:

Визначення тарифної заробітної плати робітників на рік (на основі тарифної ставки, відпрацьованого часу й чисельності робітників даної професії й розряду робіт):

$$ЗП_{тар. (роз.)} = T_{ef} \cdot h_{cp.} \cdot Ч_{об.}, \quad (3.2)$$

де $h_{cp.}$ - середньозважена годинна тарифна ставка, грн.;

$Ч_{об.}$ - облікова чисельність робітників, осіб;

$T_{эф.}$ - річний ефективний фонд часу роботи робітника, год.

Розрахунки суми преміальних виплат за якісне виконання виробничого завдання:

$$ЗП_{пр.} = ЗП_{тар.} \cdot (П_{пр.} / 100\%), \quad (3.3)$$

де $П_{пр.}$ - відсоток премії за якісне виконання виробничого завдання.

Визначення доплати за роботу у вечірній час (вечірнім часом вважається час з 16⁰⁰ до 22⁰⁰; доплата проводиться з розрахунку 20 % від денної годинної тарифної ставки за кожну годину роботи у вечірній час):

$$ЗП_{веч.} = 0,2 \cdot h_{ср.} \cdot T_{веч.} \cdot Ч_{об.}, \quad (3.4)$$

де $T_{веч.}$ – кількість годин роботи у вечірній час ($T_{эф.}/4 = 1950 \text{ год} / 4 = 487,5 \text{ год.}$)

Визначення доплати за роботу в нічний час (нічним часом вважається час із 22⁰⁰ до 6⁰⁰; доплата проводиться з розрахунку 40 % від денної годинної тарифної ставки за кожну годину роботи в нічний час):

$$ЗП_{ніч.} = 0,4 \cdot h_{ср.} \cdot T_{ніч.} \cdot Ч_{об.}, \quad (3.5)$$

де $T_{ніч.}$ - кількість годин роботи в нічний час ($T_{эф.}/3 = 1950 \text{ год.} / 3 = 650 \text{ год.}$)

Розрахунки доплати за роботу у святкові дні:

$$ЗП_{свят.} = h_{ср.} \cdot T_{свят.} \cdot Д \cdot Е \cdot Ч_{об.}, \quad (3.6)$$

де $T_{свят.}$ - кількість святкових днів у планованому році;

$Д$ – тривалість зміни, год.;

$Е$ – частка працюючих у святкові дні (при чотирибригадному двозмінному графіку $2/4=0,5$).

Оплата понаднормового часу роботи:

$$ЗП_{пер} = h_{ср.} \cdot T_{пер} \cdot Ч_{об.}, \quad (3.7)$$

де $T_{пер}$ - річна кількість годин переробки, яка визначається за формулою:

$$T_{пер} = T_{факт} - T_1 - T_2, \quad (3.8)$$

де $T_{факт}$ - річна кількість годин роботи одного робітника при безперервному двозмінному чотирибригадному режимі роботи:

$$T_{факт} = (365 \cdot 2 \cdot 12) / 4 = 2190 \text{ год.};$$

де T_1 - річна кількість годин роботи одного робітника при 40-годинному робочому тижні у відповідність з трудовим законодавством:

$$T_1 = (365 - 10 - 52 - 52) \cdot 8 - 6 = 2002 \text{ год.}$$

де 10 - кількість святкових днів у році;

52 - кількість неділь у році;

52 - кількість субот у році;

6 - кількість годин у результаті скорочення передсвяткових днів на 1 годину;

8 - тривалість зміни, год.;

T_2 - річна кількість годин роботи одного робітника у святкові дні:

$$T_2 = (10 \cdot 2 \cdot 8) / 4 = 40 \text{ год.}$$

Розрахунки оплати відпусток здійснюються, виходячи з тривалості відпустки й середньоденної заробітної плати робітника:

$$ЗП_{відп.} = (ЗП_{мар.} + ЗП_{прир.} + ЗП_{пр.} + ЗП_{проф.} + ЗП_{ночн.} + ЗП_{празд} + ЗП_{пер.}) \cdot (T_{відп.} / T_{к.}), \quad (3.9)$$

де $T_{відп.}$ - тривалість відпустки у календарних днях;

$T_{к.}$ - календарний фонд часу, дні.

Розрахунки фонду додаткової заробітної плати робітників:

$$\Phi_{\text{дод.ЗП}} = \Sigma(\text{ЗП}_{\text{пр.}} + \text{ЗП}_{\text{прир.}} + \text{ЗП}_{\text{проф.}} + \text{ЗП}_{\text{веч.}} + \text{ЗП}_{\text{ніч.}} + \text{ЗП}_{\text{свят.}} + \text{ЗП}_{\text{пер.}} + \text{ЗП}_{\text{відн.}}) \quad (3.10)$$

Результати розрахунку заробітної плати змінного персоналу наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 - Результати розрахунку заробітної плати змінного персоналу дільниці ЦОВВ

Показник	Од.вим	Значення
Середньозважена погодинна ставка	грн/рік	4,23
Кількість працівників	Осіб	12
Річна ставка заробітної плати	грн/рік	111252
Бонусні виплати	грн/рік	16687,8
Доповнення для вечірнього часу	грн/рік	4953
Доплата в нічний час	грн/рік	13208
Доплати за роботу у святкові дні	грн/рік	3048
Доплати за перенесення	грн/рік	7518,4
Додаткова заробітна плата працівникам	грн/рік	55716,60
Сума основної та додаткової заробітної плати працівників	грн/рік	166968,60
Середньомісячна заробітна плата працівників	грн/(людино-година)	1159,50

Визначення фонду оплати праці працівників шляхом підсумовування основного фонду оплати праці та додаткового фонду оплати праці працівників:

$$\Phi_{\text{ОТ}_{\text{роб.}}} = \Sigma(\Phi_{\text{осн.ЗП}} + \Phi_{\text{дод.ЗП}}) \quad (3.11)$$

Розрахунки середньомісячної заробітної плати чергових і ремонтників (окремо):

$$ЗП_{ср.м.} = ФОР / (Ч_{об.} \cdot 12_{міс.}), \quad (3.12)$$

де $ФОР$ – фонд оплати праці відповідної до категорії робітників, грн.;

$Ч_{об.}$ - облікова чисельність відповідної категорії робітників, осіб.

Результати розрахунку заробітної плати обслуговуючого персоналу наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Результати розрахунку заробітної плати обслуговуючого персоналу сайту ЦОВС

Показник	Од.вим	Значення
Середньозважена погодинна ставка	грн/год	4,67
Кількість працівників	Осіб	3
Річна ставка заробітної плати	грн/рік	28028
Бонусні виплати	грн/рік	5605,6
Тривалість відпустки	Дні тижня	24
Календарний фонд робочого часу	Дні тижня	251
Свято	грн/рік	3215,96
Додаткова заробітна плата працівникам	грн/рік	8821,56
Сума основної та додаткової заробітної плати працівників	грн/рік	36849,56
Середньомісячна заробітна плата працівників	грн/(чол.•год)	1023,60

Розрахунок заробітної плати менеджера сайту.

Річний фонду оплати праці визначають за формулою (з урахуванням преміальних виплат):

$$ФОР_{(n)} = \Sigma ((ЗП_{окл.} + ЗП_{окл.} \cdot (П_{пр.} / 100\%)) \cdot 12_{міс.}), \quad (3.12)$$

де $ЗП_{окл.}$ - оплата за окладом для відповідної посади, грн.;

$П_{пр.}$ - відсоток премії за якісне виконання виробничого завдання;

Розрахунки фонду заробітної плати керівника дільниці представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Розрахунок заробітної плати старшого майстра дільниці КМОК

Посада	Щомісячна заробітна плата, грн.	Щомісячний страховий внесок, грн.	По-старому місяцю, грн.	Рік Фонд оплати праці, грн
Головний майстер	1300	40	1820	21840

Загальна вартість оплати праці працівників КЦБК становить:

$$166968.60 + 36849.56 + 21840 = 225658.16 \text{ грн/год/}$$

3.3 Розрахунки ефекту від впровадження енергозберігаючих заходів

Розрахунки річного економічного ефекту та економічної ефективності від впровадження енергозберігаючих заходів.

Балансовий прибуток від реалізації проекту

$$\Delta\Pi = C_{\delta} \cdot Q_{\delta} - C_n \cdot Q_n, \quad (3.13)$$

де C_{δ} і C_n – собівартість 1 тис.м³ освітленої води для базового й проектного варіантів відповідно;

Q_{δ} і Q_n – продуктивність оборотного циклу для базового й проектного

варіантів відповідно.

Структура собівартості освітленої води за базовим варіантом й після реконструкції наведено в таблиці 3.8

У таблиці 3.8 представлена структура собівартості освітлених вод за базовим варіантом і після реконструкції

Таблиця 3.8 Структура витрат на освітлену воду

№/	Найменування статті витрат	Одиниці	Кількість		Витрати, грн/рік	
			Базовий варіант	Після реконструкції	Базовий варіант	Після реконструкції
1	Потужність циклу циркуляції	тис. м ³ /рік	18098	15823	-	-
2	Електрика	тис. кВт·год	8802	3645	7217640	2988900
3	Технічна вода	тис.м ³	1810	475	543000	142500
4	Заробітної плати	грн	225658	225658	225658	225658
5	Амортизація основних засобів	грн			23420	279 120
6	Обслуговування	грн	24000	24000	24000	24000
7	Ремонт	грн	180000	180000	180000	180000
8	РАЗОМ				8213718	3 840 178
9	Собівартість продукції	грн/тис.м ³			453	243

Балансовий прибуток від реалізації проекту складе:

$$\Delta\Pi = 453 \cdot 18098 - 243 \cdot 15823 = 4\,373\,540 \text{ грн/рік.}$$

Чистий прибуток від проекту:

$$П_{\text{ч}} = \Delta\Pi - 25\% \Delta\Pi . \quad (3.14)$$

Чистий прибуток від проекту складе:

$$П_{\text{ч}} = 4\,373\,540 - 0,25 \cdot 4\,373\,540 = 3\,280\,155 \text{ грн/рік.}$$

Коефіцієнт абсолютної економічної ефективності розраховується за формулою:

$$E_{\text{АБС}} = \frac{П_{\text{ч}} + C_{\text{уст}} \cdot H_{\text{а}}}{КЗ}, \quad (3.15)$$

Коефіцієнт абсолютної економічної ефективності дорівнює:

$$E_{\text{АБС}} = \frac{3\,280\,155 + 1163000 \cdot 0,24}{1\,207\,037,6} = 2,95 \text{ грн/1грн Q3}$$

Термін окупності капітальних витрат:

$$T = \frac{КЗ}{П_{\text{ч}} + C_{\text{уст}} \cdot H_{\text{а}}}, \quad (3.16)$$

Термін окупності капітальних витрат становить^

$$T = \frac{1\,207\,037,6}{3280155 + 1163000 \cdot 0,24} = 0,34 \text{ рік.}$$

Результати розрахунків ефективності запропонованих заходів наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва індикатора	Одиниці	Значення показника	
		Базовий варіант	Прогнозована версія
Річний обсяг виробництва:	тис.м ³	18098	15823
- в натуральній формі;			
- За вартістю	тис.грн	8213,718	3 840,178
Кількість працівників, всього	осіб	12	12
Включаючи			
Фонд заробітної плати працівникам	тис.грн./р ік	225,658	225,658
Вартість одиниці продукції	грн./тис.м 3	453	229
Капітальні витрати (CAPEX)	тис.грн.		1207,037
Чистий прибуток від проекту	тис.грн.		3280,155
Абсолютне співвідношення витрат і ефективності	грн./1грн. КВ		2,95
Термін окупності	рік		0,34

Величина чистого потоку (NPV) визначається за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+E)^t} - KЗ \quad , \quad (3.17)$$

де D_t - прибуток, отриманий в рік T , в перший рік експлуатації обладнання прибуток становить 50% від загальної передбачуваної річної економії.

T - розрахунковий період в роках;

Е - процентна ставка, $E = 10\%$

Таблиця 3.10 – Калькуляція видаткових витрат

№	Рядок		2018	2019	2020	Кількість
1	Грошовий потік проекту	тис.грн.	3 280	3 280	3 280	13 554
2	Нарахування грошового потоку	тис.грн.	6 993	10 274	13 554	13 554
3	Коефіцієнт знижок (CD)		1,33	1,46	1,61	
4	$A = 1/КД$		0,75	0,68	0,62	
5	Дисконтований залишок грошових коштів	тис.грн.	2 464	2 240	2 037	9 736
6	Загальний залишок грошових коштів	тис.грн.	5 459	7 700	9 736	9 736
7	Термін окупності з урахуванням дисконтування	років				

У таблиці 3.4 наведено розрахунок внутрішньої норми прибутковості.

Таблиця 3.11 – Внутрішні розрахунки норми прибутковості

Рік	2018	2019	2020	Просто
Т-рік	3	4	5	
Грошовий потік проекту, тис.	3 280,2	3 280,2	3 280,2	13 554
$(1+IRR)^t$	24,4	70,7	205,1	
Дисконтований грошовий потік	134,49	46,38	15,99	-54,60
ВСД	1,90 > 0,15			

Внутрішня норма прибутковості, ВНП, (IRR) виводиться з рівняння:

$$\sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1+ВНП)^t} - КЗ = 0, \quad (3.18)$$

На малюнку 3.1 представлений графік чистого грошового потоку

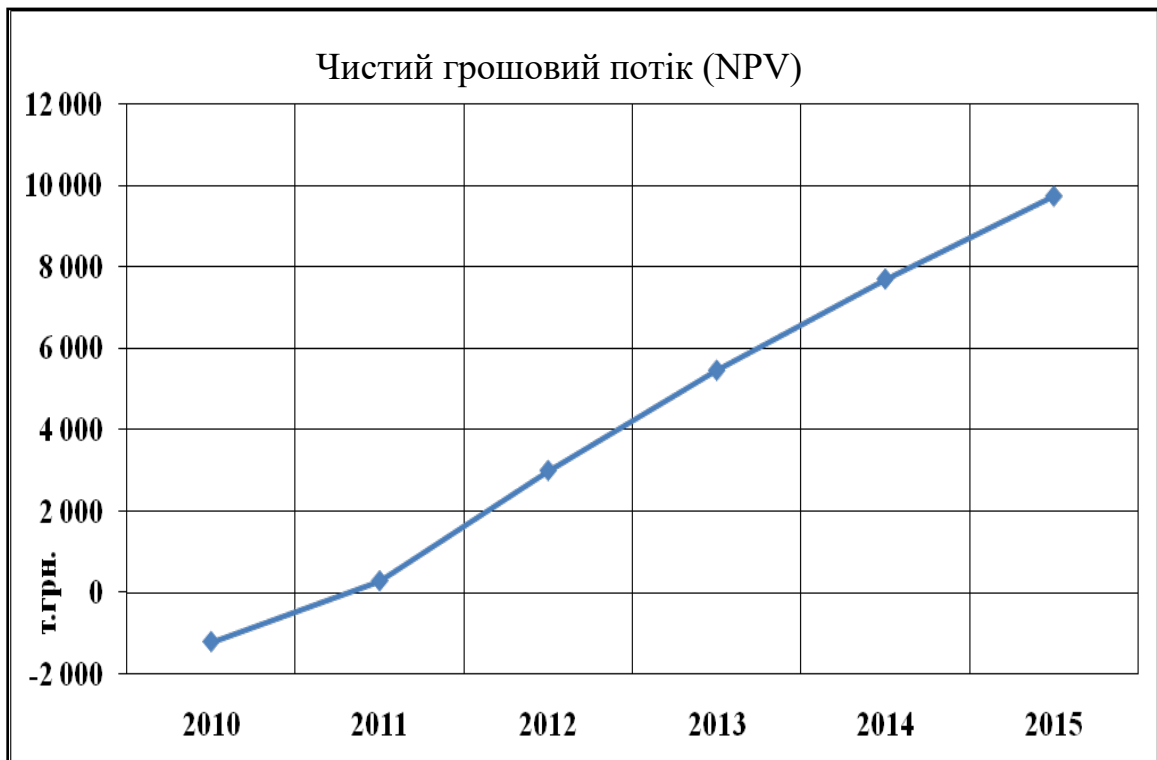


Рисунок 3.1 – Графік руху чистих грошових коштів

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Цех ПрАТ «Дніпроспецсталь» включає в себе: рудний двір спільно з аглофабрикою; Цех глиняних млинів; відділ фасувальних машин; сміттєва естакада; доменні печі з ливарними дворами; газоочищення.

Призначення рудного двору - зберігання і усереднення складу шихтових матеріалів, що використовуються для агломераційного і доменного виробництва.

Ділянка глиняного млина призначена для виробництва мас для забивання отворів для вивантаження чавуну і шлаку.

Ливарний верстатний цех використовується для лиття чавуну в товарні злитки (спеціальні чавунні злитки).

Бункерний стелаж призначений для зберігання, накопичення шихтових матеріалів і подачі їх на скіпи (спеціальні візки) і в пічну частину.

У доменному цеху в зв'язку з особливостями технологічного процесу, який протікає з утворенням великої кількості надлишкового тепла, інфрачервоного випромінювання, пилу і газів, питання створення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці мають особливе значення.

До складу цеху входять: рудний двір, ливарний двір, бункерні стелажі та бункерні приміщення.

Рудний двір призначений для створення запасів руди в зимовий період, руда вивантажується вагоном-самоскидом в рудну траншею, звідки укладається на висоту до 17 м мостовим грейферним краном. Довжина рудного двору займає весь фронт довгих печей.

Вивантаження і транспортування сировини (коксу, руди, агломерату і т.д.) супроводжується викидом значної кількості пилу в повітряний басейн рудного двору. Основними джерелами викиду пилу є розвантаження вагонів, перевалка руди грейферними кранами, навантаження і розвантаження перевантажувального вагона. Концентрація пилу в рудному складі

коливаються від 10 до 120 мг/м³, на бункерному стелажі - від 16 до 1000 мг/м³. Концентрації пилу досягають максимальних значень при завантаженні і вивантаженні пилоподібних матеріалів. Як правило, виробничий шум на рудному дворі і бункерних стелажих не перевищує допустимих рівнів, встановлених СН-245-71. Вплив шуму відчувають на собі оператори рудного крана, вагоноперекидача, вагоноштовхача, перевантажувального вагона.

Бункерні стелажі являють собою конструкцію металевого, залізобетонного або змішаного типу, що складається з ряду бункерів для зберігання оперативного запасу шихтових матеріалів. Бункери накриваються ґратами з отворами 200x200 мм, через які здійснюється завантаження, а знизу обладнуються ворота для вивантаження матеріалів. Уздовж фасаду доменних печей споруджені стелажі з дворядним розташуванням бункерів.

Доменне виробництво нерозривно пов'язане з високими температурами, тисками з утворенням великої кількості вибухонебезпечних і токсичних газів, рідких продуктів плавки, з рухом великої кількості газів і насиченням механічним і електричним обладнанням. За характером роботи доменне виробництво відноситься до розряду важких робіт, більшість технологічних операцій виконуються в несприятливих кліматичних умовах виробничого середовища (висока температура, теплове випромінювання, запиленість, загазованість, шум і вібрація).

При випуску чавуну й шлаків спостерігається підвищення змісту пилу в повітрі робочої зони. Найбільші пиловиділення відбуваються при випуску чавуну й досягають 270 мг/м³ у головної ринви. Значні концентрації пилу (до 1500 мг/м³) у зоні чугуновозного ковша, що заповнюється чавуном. Ця операція супроводжується утворенням хмари пилу, що складає в основному із часточок графіту.

У таблиці 4.1 наведена оцінка факторів виробничо-трудоного процесу печі.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничо-трудоного процесу печі

Ні /П	Факторів Виробництво Навколишнє середовище та праця Процес	Нормативне значення	Фактична вартість	III клас: шкідливі і небезпечні умови, характер праці.			Тривалість коефіцієнта зміни %
				1 Шви дкіст ь.	2 Шви дкіст ь.	3 Шви дкіст ь.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
	1 кл. небезпеки ангідрид хромовий	0,01	0,059	-	-	5,9р	85
	бенз-(α)-пирен	0,0002	0,0002				
	2 кл. небезпеки аерозоль оксиду марганця	0,3	0,27	-	-		85
3-4 кл. небезпеки	сірководень	10	13,4	1,34р	-	7.1р	85
	діоксид азоту	5	7,4	1,48р			
	азоту оксиди	5	35,5				
	сірчистий ангідрид	10	21,5	2.1р			
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³	6	23	-	3,75р	-	85
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ	92	95	3	-	-	85
4	Шум, дБА	80	96	-	-	16	85
5	Мікроклімат у приміщенні, °С:	27	38	-	-	11	85
	-швидкість руху повітря, м/с	0,3	0,5	0,2	-	-	85
	-відносна вологість повітря, %	60	49	-	-	-	85
	-інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	6000	-	-	5860	85
6	Тяжкість та напруженість праці	Тяжка (категорія 3) праця напружена					

4.2 Заходи захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

Проаналізувавши карту умов праці, можна побачити, що основними факторами, що впливають на здоров'я пічника, що працює в доменному цеху ПАТ «Запоріжсталь», є фактори, що виникають в ході виробничих процесів, а саме це тепло від агрегатів.

Джерелами інтенсивного теплового випромінювання є: розплавлений чавун і шлак, вогнетривка футеровка внутрішньої частини печі, нагріта до високої температури, і поверхня розплавленого шлаку, дія яких проявляється при відкритих вікнах печі.

Працівники ливарного двору періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Залежно від розмірів і температури джерел іонізуючого випромінювання та відстані інтенсивність опромінення на робочих місцях становить (0,01...3) м, (6...7) кВт/м².

Вихід чавуну і шлаку з печі також супроводжується виділенням значних кількостей шкідливих для організму газів і сполук: чадного газу, сірчистого ангідриду, різних вуглеводнів і ціанистих сполук.

Джерелом газовиділення також можуть бути тріщини в кладці і кожусі доменної печі, нещільності в місцях з'єднання окремих елементів конструкції.

У доменних цехах при виробництві чавуну і шлаку утворюється і викидається у виробниче приміщення велика кількість пилу.

Максимальне виділення пилу спостерігається в основному в жолобі при виробництві чавуну.

При виплавці передільного чавуну й роботі з підвищеним тиском під колошником пил має наступний хімічний склад в %: 6,02 Fe; 12,9 Fe₂O₃; 13,8 Fe_{общ}; 14,6 Si₂; 4,35 Al₂O₃; 4,35 Mg; 11,85 Ca; 0,74 S; 3,75 Mn.

Кількість пилу в повітрі робочої зони горнового становить 180 мг/м³, при нормі 4 мг/м³.

У доменному виробництві шум є шкідливим фактором. При виконанні деяких операцій виникають шуми різного походження:

- механічні (рух електричних мостових кранів, заправних машин) – 95 дБА;
- термічна (згоряння палива в інжекторних пристроях) – 90 дБА.

4.3 Технічні рішення в галузі гігієни праці та виробничої санітарії

4.3.1 Мікроклімат

Характеристики мікроклімату виявляють велику увагу до умов експлуатації печі: температури, вологості, швидкості руху повітря, теплового випромінювання. Температура повітря робочої зони становить 42°C, що перевищує норму. Температура повітря залежить від кількості видимого (надлишкового) тепла.

В результаті періодичності гарячих операцій мікроклімат цехів нестабільний, з часто мінливими параметрами.

Різкі коливання температури повітря впливають на терморегуляцію організму, знижують імунітет працівників, порушують обмін речовин. Вологість повітря в доменних цехах низька: 10 г/м влітку і 8 г/м взимку.

Дійсне значення швидкості руху повітря в доменних цехах становить (0,2...0,3) м/с при нормативному значенні 0,3 м/с.

4.3.2 Вентиляція і кондиціонування повітря

У зв'язку з виділенням великої кількості надлишкового тепла в доменному цеху (ливарному дворі) необхідний значний повітрообмін, особливо в літній період.

Вентиляція є ефективним засобом забезпечення необхідного гігієнічного якості повітря, що відповідає вимогам СанПіН при проектуванні промислових підприємств СН-245-71.

Вентиляція досягається за рахунок переміщення повітря: забрудненого повітря з приміщення і свіжого повітря в приміщення.

За способом руху повітря розрізняють природну і механічну (штучну) вентиляцію. При змішаній вентиляції природна і механічна вентиляція поєднуються по-різному.

Природна загальнообмінна вентиляція призначена для: ливарного двору, доменних печей, печей і розливної машини. У механічній вентиляції повітрообмін досягається за рахунок різниці тисків, створюваної вентилятором.

Механічна вентиляція застосовується в тих випадках, коли тепловиділення в цеху недостатнє для застосування аерації протягом усього року, а також в тому випадку, коли кількість або токсичність шкідливих речовин приміщення, що виділяються в повітря, вимагає підтримки постійного повітрообміну незалежно від зовнішніх метеорологічних умов.

Механічна вентиляція поділяється на робочу та аварійну. Робочі - для загального обміну і місцеві. Опалення в кімнаті відпочинку локальне, також є центральне опалення в допоміжних приміщеннях. Тепловіддача від обладнання використовується для обігріву доменного цеху і підігріву припливного повітря. Основним способом регулювання тепла в ливарному дворі є система загальної і місцевої припливної вентиляції, а також кондиціонування.

Місцева витяжна вентиляція застосовується з укриттів основного жолоба, чавунних і шлакових входів.

У доменному цеху в льотку для виробництва чавуну і шлаку застосовують дуттєву вентиляцію кондиціонованим повітрям (5 труб продуктивністю 17000 м³/рік) (табл. 4.2).

На ливарному дворі застосовують витяжні пристрої накатки для ковшів для чавуну і шлаку.

Припливна вентиляція з кондиціонованим повітрям на станціях управління (3000 м³/год).

Таблиця 4.2 – Значення прийнятих параметрів повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Характеристика виробничих приміщень за надлишковим тепловиділенням (більш-менш 23 Вт/м ²)	Категорія робіт	Період року (теплий) на постійних робочих місцях			Температура повітря на вулиці пост. Працює Місця
			t ^o _п , °C	Відн. вологість %	Швидкість руху повітря, м/з	
			Теплий період	5520	Важкий II	

Обігрів виробничих приміщень повинен здійснюватися повітрям, поєднаним з припливною вентиляцією. Використовується природна загальнообмінна вентиляція (аерація). Визначення сумарного повітрообміну по тепловіддачі.

Необхідна кількість припливного повітря (без урахування місцевого відсмоктування) визначається за формулою

Тепловіддача від доменної печі визначається за формулою

$$L_{np} = \frac{Q_y - C_n(t_{p.z} - t_n)}{C_v(t_{y.x} - t_{np})}, \quad (4.1)$$

де Q_y – надлишок явної теплоти в приміщенні, $Q_y = 7969358,8$;

C_n – теплоємність повітря, $C_v = 1,005$ кДж/(м³·К);

$t_{p.z}$ – температура робочої зони, $t_{p.z} = 42$ °C;

t_{np} – температура приточного повітря, $t_{np} = t_n = 27$ °C;

t_{yx} – температура повітря, що видаляється з верхньої зони приміщення, °C.

$$L_{np} = \frac{7969358,8 - 1,0005(42 - 27)}{1,005(36,9 - 27)} = 881077,2 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Температура відпрацьованого повітря визначається за формулою, °C

$$t_{yx} = \frac{t_{p.z} - (1 - m) \cdot t_{np}}{m}, \quad (4.2)$$

$$t_{yx} = \frac{42 - (1 - 0,7) \cdot 27}{0,7} = 36,6 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Таким чином, необхідна кількість припливного повітря, що надходить в цех, становить 881077,2 м³/год.

Тепловіддача від доменної печі визначається за формулою, Вт

$$Q = a \cdot F_n (t_n - t_g), \quad (4.3)$$

де t_g, t_n - температура в цеху й поверхні печі, °C;

F_n - площа бічної поверхні печі, м²;

a - коефіцієнт теплообміну, 18 Вт/(м² К);

$$Q = 18 \cdot 70(140 - 42) = 125244 .$$

У цеху чотири доменні печі, Вт

$$\sum Q_n = 4 \cdot 125244 = 500976 .$$

Тепло, що надходить від відкритих робочих вікон, Вт

$$Q_u = 3 \cdot k \cdot c_0 \left[\left(\frac{T_u}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_o}{100} \right)^4 \right] F \frac{\tau}{60}, \quad (4.4)$$

де k - коефіцієнт діафрагмування, дорівнює 0,65;

c_o - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, дорівнює 5,67 Вт/м²;

T_w, T_o - температура робочого простору й навколишнього середовища, К;

F - площа випромінюючої поверхні;

τ - час на який відкривається вікно протягом години, 20 хв.

$$Q_u = 3 \cdot 0,65 \cdot 5,67 \left[\left(\frac{1473}{100} \right)^4 - \left(\frac{315}{100} \right)^4 \right] 1,16 \frac{20}{60} = 200842,8 \text{ '}$$

Тепло, що виходить від охолоджуючого металу

$$Q_m = 0,28 [c_{ж} (t_{пoch} - t_{\phi}) + l_{\phi} + c_{тв} (t_{\phi} - t_{кін})] \cdot G / \tau , \quad (4.5)$$

де $c_{ж}$ і $c_{тв}$ - питома теплоємність матеріалу в рідкому й твердому стані, 1,17 і 0,73 кДж/(кг·К);

$t_{пoch}, t_{\phi}, t_{кін}$ - температура відповідно початкова, фазового перетворення й кінцева, °С;

l_{ϕ} - теплота фазового перетворення, 96 кДж/кг;

G - маса матеріалу, 60000 кг;

τ - час знаходження металу в цеху, 0,5 години.

$$Q_m = 0,28 [1,17(1600 - 1400) + 96 + 0,73(1400 - 700)] \cdot 60000 / 0,5 = 7131348 .$$

Надлишкова тепловіддача визначається як сума всіх складових, Вт

$$\sum Q_{над} = 500976 + 200842,8 + 136192 + 7131348 = 7969358,8 .$$

Висота температурного перекриття визначається номограмою, $z = 18,5$ м.

Перепад тиску, що викликає рух повітря аерації через припливні та витяжні отвори, кгс/м²

$$\Delta p = (z - z_1)(\gamma_n - \gamma_{p.z}) + (z_2 - z)(\gamma_n - \gamma_y) \quad (4.6)$$

де γ_n , $\gamma_{r.z}$ - питома вага навколишнього і відпрацьованого повітря, кг/м³ відповідно визначається за формулою

$$\gamma = 353/T$$

$$\begin{aligned} \gamma_n &= 353/293=1,2 & \gamma_{r.z} &= 353/315=1,12 & \text{РЕЗЮМЕ} &= \\ & 353/320=1,1 & & & & \end{aligned}$$

$$\Delta p = (18,5 - 1,5)(1,2 - 1,12) + (30 - 18,5)(1,2 - 1,1) = 2,51.$$

Втрата тиску при проходженні повітря через вхідні отвори

$$\Delta p_1 = \beta \cdot \Delta p, \quad (4.7)$$

де β - частка різниці тисків, витрачених на проходження повітря через вхідні отвори, беремо 0,2;

$$\Delta p_1 = 0,2 \cdot 2,51 = 0,502 \text{ кгс/м}^2.$$

Втрата тиску при проходженні повітря через витяжні щілини навісу

$$\Delta p_2 = \Delta p - \Delta p_1 \quad (4.8)$$

$$\Delta p_2 = 2,51 - 0,502 = 2,008 \text{ кгс/м}^2.$$

Площа входу

$$F_{np} = \frac{G}{3600 \sqrt{\frac{2g \cdot \gamma_n}{\zeta_1} \Delta p_1}}, \quad (4.9)$$

де ζ_1 - коефіцієнт місцевого опору вхідних отворів, рівний 3,5 для однієї підвішеної стулки при куті відкриття 600°С .

$$F_{np} = \frac{881077,2}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 1,2}{3,5} 0,502}} = 448,9 \text{ м}^2.$$

Зона витяжки

$$F_{вмт} = \frac{G}{3600 \sqrt{\frac{2g \cdot \gamma_y}{\zeta_2} \Delta p_2}}, \quad (4.10)$$

де ζ_2 - коефіцієнт місцевого опору пологую для Рюкінського та Іллінського навісів при куті розкриття стулок 55°С дорівнює 7,1 (див. Рис. 4.1).

$$F_{вмт} = \frac{881077,2}{3600 \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 5}{7,1} 2,008}} = 412,3 \text{ м}^2.$$

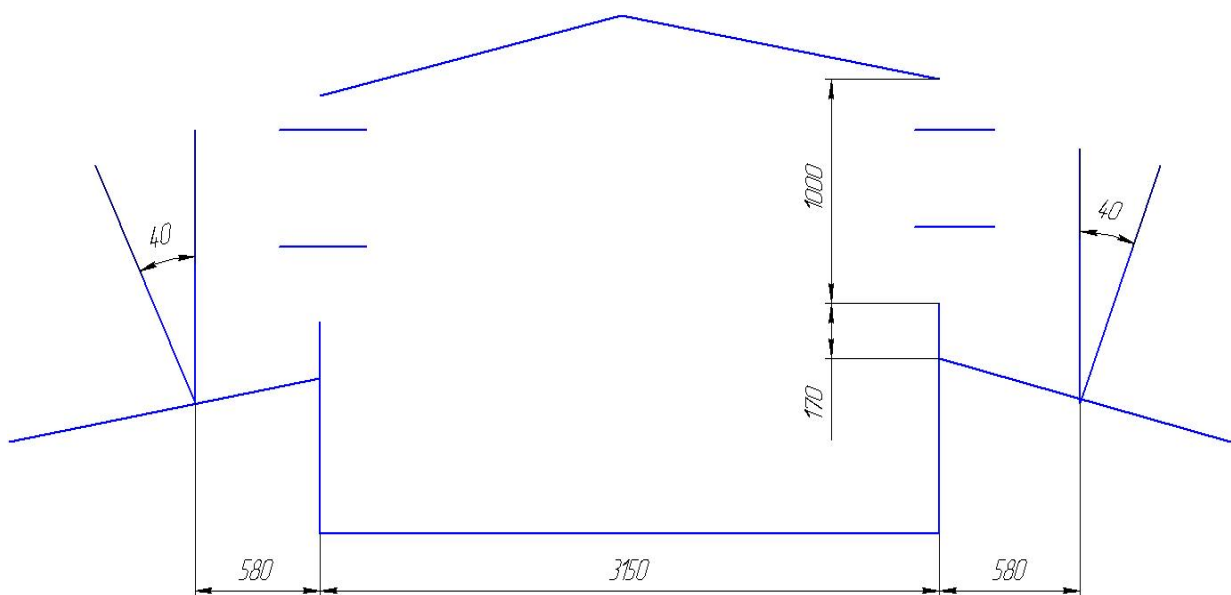


Рисунок 4.1 – Аераційний ліхтар

4.3.3 Освітлення

Природне освітлення поверхні на відкритій місцевості створюється прямими сонячними променями і розсіяним світлом небосхилу. Взаємозв'язок між прямим і дифузійним світлом небосхилу.

Основним показником є коефіцієнт природної освітленості (НШЛ), відношення природного освітлення, створюваного в певній точці даної площини всередині приміщення світлом неба безпосередньо або після відбиття (E_v), до одночасного значення зовнішнього горизонтального освітлення, виробленого світлом повністю відкритого неба (E_h)

$$l = E_v / E_h \cdot 100\% . \quad (4.11)$$

$l=3\%$, розряд зорової роботи VII. Нормоване значення КПО (E_h) з урахуванням характеру зорової роботи й світлового клімату в районі розташування будинку.

$$l_n = l \cdot m \cdot c , \quad (4.12)$$

де l - значення КПО;

t - 1,9 - коефіцієнт легкого клімату;

C - коефіцієнт сонячного клімату.

Спрощений метод обчислення площі світлових отворів полягає у визначенні відношення площі світлових отворів (S_o) до площі підлоги приміщення (S_n), при якому передбачено нормоване значення lp .

$$100 \cdot S_o / S_n = l_n \cdot \eta_\phi / \tau_0 \cdot r_2 , \quad (4.13)$$

де r_2 - коефіцієнт, що враховує підвищення к.п.о. при верхнім висвітленні завдяки світлу, що відбивається від поверхні приміщення $r_2 = 1,45$;

η_ϕ - світлова характеристика світлових прорізів, $\eta_\phi = 2,62$;

τ_0 - загальний коефіцієнт пропущення прорізу.

$$100 C_o / C_n = 0,23 \cdot 2,62 / 1,5 \cdot 1,45 = 0,028.$$

Раціональне освітлення має важливе значення для створення сприятливої робочої обстановки. Погане освітлення ускладнює роботу, призводить до зниження продуктивності та захворювань очей, може стати причиною нещасних випадків.

Ліхтарне світло.

Електричне освітлення необхідно для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення:

- довжина приміщення - 90 м;
- ширина приміщення - 50м;
- висота приміщення - 7м.

Норма освітленості 75 лк - для лампи накаливання.

Рівень у горизонтальній площині на який найменша освітленість становить 75 лк: $h_0 = 0,8$ м.

Коефіцієнт запасу, $K = 1,3$.

Розрахункова висота: $h = 7 - 0,8 = 6,2$ м.

Площа: $S = 90 \cdot 50 = 4500$ м².

Індекс приміщення

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)} = \frac{4500}{6,2(50+90)} = 5,18$$

Відбивна здатність підлог і стін становить $R_p = 50\%$, $R_s = 30\%$.

Використовуються лампи розжарювання НГД 127-100 (напруга лампи 127В, потужність 100 Вт, світловий потік 1260 мм, D=, 81 ммL=), лампа

«Універсальна». УПМ: Запитайте. Універсальна потужність: 16 Вт/125 мм²; $\eta = 0,386$ - коефіцієнт використання, тобто відносна частка потоку лампи, що падає на поверхню S .

Необхідний світловий потік лампи кожного світильника розраховується за формулою

$$F_{np} = \frac{E \cdot K \cdot \rho \cdot Z}{N} \quad , \quad (4.14)$$

де Z - коефіцієнт переходу від найнижчої до середньої освітленості, $Z = (1,1 \dots 1.2)$, лм

$$F_{np} = \frac{75 \cdot 1,3 \cdot 4500 \cdot 1,1}{0,386} = 1250323,8$$

Необхідна кількість ламп

$$N = \frac{1250323,8}{4500} = 276.$$

Відстань між центрами світильників, м

$$l = h \cdot m = 6,2 \cdot 0,5 = 3,1.$$

Відстань від стіни уздовж першого ряду світильників при наявності робочих місць біля стіни $b' = 1/3 l = 1 / 3 3,1 = 1,03$ м.

Відстань між крайніми рядами світильників, розташованих у протилежних стін (по ширині цеху): $C = h - 2b' = 6,2 - 2 \times 1,03 = 4,14$.

Кількість рядів ламп - 12 шт, 23 лампи в ряду.

4.4 Заходи 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.

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 ЕМВ на лініях зв'язку і підключеної до них релейної апаратури можуть бути рекомендовані 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.

Струмоведачі частини повністю покриті ізоляцією, видалити яку можна тільки шляхом руйнування. Ізоляція струмоведачих частин електрообладнання повинна відповідати стандартам або технічним умовам, що пред'являються до відповідного електрообладнання. Струмопровідні частини електрообладнання та шини 1 кВ знаходяться в недоступному місці на висоті не менше 3,2 м над рівнем землі.

Для електричного обладнання, яке може утримувати електричний заряд після відключення (наприклад, конденсатори), необхідно зробити попереджувальну етикетку, щоб уникнути дотику до нього. Перш ніж торкатися струмоведачих 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 Пожежна безпека

Проєкт розроблений у суворій відповідності до ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Несучі та огорожувальні конструкції виготовляються з негорючих матеріалів. Приміщення відносяться до класу вогнестійкості II і мають аварійні виходи безпосередньо за межі або через тамбури відповідно до пунктів 5.13 і 5.12 ДБН В.1.1.7-2002.

Ширина шляхів евакуації проводиться відповідно до п. 5.28 ДБН В.1.1-7-2006. Аварійні виходи з будівель виготовляються відповідно до вимог пунктів 5.9 і 5.18 ДБН В.1.1.7-2006. Для запобігання розливу нафти з маслоснаповненого обладнання і поширення вогню в разі пошкодження в конструкції передбачений маслоприймач, маслостоки і заглиблений маслосбірник об'ємом 2,5 м³. В якості протипожежних заходів на території цеху передбачені такі заходи: використання ізольованих кабелів, що не підтримують горіння; з'єднання кабелів з високошвидкісними релейними захистами; установка пожежних щитів з вуглекислотними вогнегасниками, лопат і ящиків з піском для гасіння пожежі.

Ступінь вогнестійкості всіх будівель по СНиП 2.01.02-85 «Протипожежні норми проектування будівель і споруд» - II. Пожежним машинам передбачені під'їзди до будівель і споруд. Пожежогасіння на підстанції забезпечує міська пожежна охорона, а також первинні засоби пожежогасіння, які встановлюються на протипожежних щитах згідно з таблицею 4.1.

Таблиця 4.1 – Первинне обладнання пожежогасіння доменного цеху

Ім'я Обладнання	Найменування та тип засобів пожежогасіння	Кількість Шматок.
РУ – 6 кВ	Ящик з піском	2
	Щит с первинними засобами вогнегасіння	2
	Вогнегасник ОУ 8	2
Щит управління	Вогнегасник ОУ 8	4
	Пересувний вогнегасник ОУ 80	1
ЗПК	Вогнегасник ОУ 2	4

Металоконструкції проектується відповідно до вимог СНиП II-23-81, СНиП 2.01.07-85. Марки сталі приймаються в залежності від групи конструкцій. Приймаються всі заводські з'єднання металоконструкцій: зварні, монтажні - зварні і болтові з нормальною і грубою точністю. Для забезпечення необхідної

вогнестійкості всі металеві конструкції покриваються емалевими складами на заґрунтованій поверхні. Таким чином, вимоги пожежної безпеки відповідають нормативним документам.

Таблиця 4.2 – Категорія продукції за пожежо- та вибухонебезпекою

Найменування підрозділів і допоміжних споруд	Категорія продукції по СНиП	Характеристика будівельних конструкцій	Клас приміщень по ПУЕ
Електроустановоч на одиниця Обладнання	В Полум'я. Комірки реактора містять нафту з температурою спалаху 135 °С	Негорючі (залізобетонні та сталеві)	П1
Розподільчий пристрій – 6 кВ	Г	Негорючі (виготовлені зі збірного залізобетону та сталі)	-
Розподільчий пристрій – 1 кВ	В	Негорючі (з елементів БМЗ)	П1
ЗПК	Г	Негорючі (з елементів БМЗ)	-
Кабельні канали	В	Негорючі конструкції	П1

4.6 Засоби індивідуального захисту

Для захисту органів слуху використовуються зовнішні і внутрішні протишумові пристрої (антифони). В якості зовнішнього шумозаглушення рекомендується використовувати навушники з шумозаглушенням, що закривають вушну раковину, а в якості внутрішнього антишумового вушного каналу - штекери і вкладиші, які вставляються в зовнішній вушний канал. 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. Для захисту органів дихання використовується фільтр типу «тюльпан». Інших засобів індивідуального захисту не передбачено.

4.7 Розробка теплозахисних заходів

Розрахунок аерації прольоту печі.

Оскільки температура повітря в цеху досягає 40 °С, а запиленість повітря перевищує нормативне значення в $GfG h = 23 \setminus 6 = 3,75$ рази, необхідно використовувати загальнообмінну вентиляцію. Для цього в цеху влаштовують аераційні ліхтарі.

Кількість тепла, що виділяється в цеху від печі:

$$Q_1 = \left\{ 2.2 \cdot \left(\frac{T_g}{10} + 32 \right)^{5/4} + \left[\left(\frac{T_g}{1000} + 3,23 \right)^4 - 2,91 \right] \right\} \cdot 1,163 \cdot F_n, \quad (4.15)$$

де T_v - температура печі, К;

F_p - площа печі, м².

$$Q_1 = \left\{ 2.2 \cdot \left(\frac{973}{10} + 32 \right)^{5/4} + \left[\left(\frac{973}{1000} + 3.23 \right)^4 - 2.91 \right] \right\} \cdot 1.163 \cdot 32,8 = 48384 \text{ В}$$

Розсіювання тепла сонячного випромінювання через світлові щілини

$$K_2 = 9653 \cdot \Phi_c \quad (4.16)$$

де F - площа світових відкриттів, м².

$$Q_2 = 9653 \cdot 10 \cdot 4 = 386120 \text{ Вт.}$$

Втрати тепла через зовнішні корпуси в робочій зоні

$$\text{Передачі} = 6978 \cdot \Phi_{\text{б.с.}}, \quad (4.17)$$

де $F_{\text{б.с.}}$ становить площа бічних стін цеху, м².

$$Q_p = 6978 \cdot 7 \cdot 4 = 195384 \text{ Вт.}$$

Кількість тепла, яке виділяється в цеху з різних джерел

$$Q = \sum Q_{\text{я}} = Q_1 + Q_2. \quad (4.18)$$

$$Q = 48384 + 386120 = 434504 \text{ Вт.}$$

Кількість повітря, необхідне для засвоєння надлишкових тепловтрат

$$G = \frac{4.15 \cdot \alpha \cdot (m \cdot Q - Q_p)}{t_{p.z.} - t_n}, \quad (4.19)$$

де α - коефіцієнт, що враховує висоту вхідних отворів;

m - коефіцієнт, що враховує вплив площі, зайнятої обладнанням розсіювання палива.

$$G = \frac{4.15 \cdot 1.04 \cdot (0.62 \cdot 434504 - 195384)}{40 - 25} = 213174 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Визначивши кількість повітря G , необхідне для асиміляції надлишкового тепла в цеху, можна розрахувати площу припливних і витяжних виходів залу F

- Щільність витяжного і зовнішнього повітря

$$\rho_y = 1,293 + 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot \text{авт}. \quad (4.20)$$

$$\rho_y = 1,293 + 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 1,33 \text{ кг/м}^3.$$

$$\rho_n = 1,293 + 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 13. \quad (4.21)$$

$$\rho_n = 1,293 + 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 13 = 1,341 \text{ кг/м}^3.$$

- Відстань від нейтральної зони до центрів повітрязбірників

$$h_e = \frac{H_1}{0.64 \frac{\rho_y}{\rho_n} + 1}. \quad (4.22)$$

$$h_e = \frac{2}{0.64 \cdot \frac{1.33}{1.341} + 1} = 1.22 \text{ м}.$$

$$hn = H_I + \text{ч}_B. \quad (4.23)$$

$$hn = 2 + 1,22 = 3,22 \text{ м.}$$

- Припливно-витяжні зони

$$F_{np} = \frac{213174}{3600 \cdot 0,56 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 3,22 \cdot 1,341 \cdot (1,341 - 1,33)}} = 109,6 \text{ м}^2;$$

$$F_{sum} = \frac{213174}{3600 \cdot 0,57 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 1,22 \cdot 1,33 \cdot (1,341 - 1,33)}} = 175,6 \text{ м}^2.$$

У загальному вентиляційному цеху застосовують аераційні лампи з лобовим склом [44].

Розрахунок теплоізоляції станції управління. Необхідно підібрати і визначити кількість екранів, які будуть захищати пульт управління від нагрівання в цеху з відкритою феросплавною піччю.

Температура стін $t_1 = 40^\circ\text{C}$, температура повітря $t_2 = 23^\circ\text{C}$. Станція управління викладена цеглою. Ступінь чорноти дорівнює $\epsilon_n = 0,85$. Необхідно знімати температуру всередині стовпа не більше 26°C .

$$T_u = 273 + 40 = 313 \text{ К};$$

$$T_V = 273 + 23 = 296 \text{ К};$$

$$T_E = 273 + 26 = 299 \text{ К}.$$

Визначення ступеня екранізації

$$\mu = \frac{T_u}{T_g} \quad . \quad (4.24)$$

$$\mu = \frac{313}{299} = 1,05 .$$

Виберіть екран з альфа-каналу, чорнота якого дорівнює $Ea = 0,37$. Тоді зазначені ступені чорноти будуть

1. Між Альфолом і цегляною стіною [45]

$$E_{uэ} = \frac{1}{\frac{1}{E_u} + \frac{1}{E_s} - 1} \quad (4.25)$$

$$E_{uэ} = \frac{1}{\frac{1}{0,85} + \frac{1}{0,37} - 1} = 0,35$$

2. між альфол і повітрям, для якого можна прийняти $E_v = 0,82$.

$$E_{uv} = \frac{1}{\frac{1}{0,85} + \frac{1}{0,82} - 1} = 0,714. \quad (4.26)$$

Визначаємо кількість екранів [46]

$$n = \frac{1 - \left(\frac{T_s}{T_u}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} - \left(\frac{T_s}{T_u}\right)^4} \cdot \frac{E_{uэ}}{E_{uv}} - 1. \quad (4.27)$$

$$n = \frac{1 - \left(\frac{296}{313}\right)^4}{\frac{1}{1,05^4} - \left(\frac{296}{313}\right)^4} \cdot \frac{0,35}{0,714} - 1 = \frac{1 - 0,8}{0,82 - 0,8} \cdot 0,49 - 1 = 3,9 \approx 4.$$

Тому необхідно використовувати чотири шари альфолу, щоб температура всередині станції управління була в межах 26°C . Пульт управління також має кондиціонер для створення всередині нього мікроклімату з оптимальними умовами роботи.

ВИСНОВКИ

У роботі проведено аналіз втрат електроенергії в схемі циркуляційного циклу накипних стоків цеху заводу. Визначено причини нераціонального використання електроенергії.

Нинішня схема водопостачання має такі недоліки:

- енергія водяного стовпа, піднятого насосами насосної станції на висоту +24 000 м, втрачається при обриві струменя в баках-акумуляторах;

- Запірна арматура великого діаметру використовується для регулювання продуктивності, що призводить до її передчасного зносу і збільшення ймовірності виходу з ладу;

- Регулювання за допомогою запірної арматури не дозволяє точно збалансувати продуктивність обох насосних станцій, що призводить до перевитрати води і електроенергії;

- Регулювання за допомогою запірної арматури енергетично не вигідно, так як зазвичай втрачається від 5 до 10% енергії;

- Не вирішена проблема регулювання продуктивності оборотного циклу відповідно до потреб виробництва, в результаті чого виникає перевитрата води і, як наслідок, перевитрата електроенергії на її транспортування.

Ці недоліки призводять до перевитрати електроенергії на привід насосних агрегатів, збільшення собівартості прокатки.

Вивчено методи регулювання роботи насосних станцій, які використовуються в металургійному виробництві, та розроблено заходи щодо економії електроенергії для приводу насосів освітленої води.

Запропоновано заходи щодо використання енергії водяного стовпа шляхом усунення розриву струменя в резервуарах, гідроакумуляторах і подачі води з напором до 20 м води. безпосередньо для всмоктування насосів освітленої води і регулювання продуктивності насосних агрегатів освітленої води за допомогою

електроприводу зі змінною частотою дозволить знизити споживану потужність на один привід насоса на 587,951 кВт.

В економічному розділі розраховуються основні техніко-економічні показники проекту і визначається техніко-економічне обґрунтування проекту. Термін окупності запропонованих заходів становить 0,34 року, що робить їх високорентабельними і дозволяє рекомендувати до реалізації.

ПОСИЛАННЯ

1. Луговий А.В., Родькін Д.Ю., Чорний А.П. та ін. Енергоберегущее оборудование для системы нерегульованого електроприводу. наукові праці ХДП. – Т. 1 / 1998. Кременчук: КГПІ, 1998, с. 15-23.
2. Гладир А.І. Технологічні передумови застосування пускових систем з квазічастотним керуванням. наукові праці ХДПУ. – Т. 2 / 2000 (9). – Кременчук: КДПУ, 2000, с. 84-88.
3. ДСТУ 2339-94. Енергозбереження. Загальні положення. – К.: Видавництво «Стандарт», 1994.- 5 с.
4. ДСТУ 2804-94. Енергетичний баланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення. – К.: Видавництво «Стандарти», 1994.- 17 с.
5. ДСТУ 2339-94. Енергозбереження. Методи аналізу та розрахунку зниження паливно-енергетичних витрат на металургійних підприємствах. – К.: Ізд-во «Стандарти», 1993.- 7 с.
6. Про Комплексну державну програму енергозбереження України: Постанова Кабінету Міністрів України від 19 березня 1997 р. No 148. – 1998 р. – 1 квітня. – стор.5
7. _ Енергоемність <http://www.eia.doe.gov/Iron> та сталі.- Офіційний сайт Міністерства статистики США
8. <http://senef.sumy.ua> .- офіційний сайт Сумського регіонального центру енергоефективності
9. Лобачов П.В. Насоси і насосні станції. М.: Видавництво «Строїздат», 1983. 191 с. (російською мовою).
10. СНиП 2.04.02-84* - Водопостачання. Зовнішні мережі та структури. М., Видавництво «Стройиздат», 1983, 134 с.
11. ЧіП П-12-77 – Захист від шуму. – М.: Строїздат, 1978. – 75 с
12. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Вимоги громадської безпеки

13. ГОСТ 22247-96. Відцентрові насоси. Основні параметри і розміри. Вимоги безпеки. Методи боротьби.
14. ГОСТ 12.01.029-80. ССБТ. Загальні методи захисту від шуму.
15. Богуславський Л.Д. Економіка водопостачання. 2-ге видання Москва: Строїздат. 1987. - 280 с.
16. Про енергозбереження: Закон України від 01.07.1997 № 74/94-ВР. – 15 липня 1997 року. – Стор.10
17. ДСТУ 2155-93. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності. – К.: Ізд-во «Стандарти», 1993.- 7 с.
18. Коренкова Т.В., Костюк Ю.С. Аналіз продуктивності обладнання насосної станції. 2 / 2003 (19). Кременчук, Видавництво КДПУ, 2003, с. 78-83.
19. Коренкова Т.В. Техніко-економічне оцінка ефективності використання системи ТРН-АД в електроприводі насосних установок. Наук. У 2011 році Нідерланди оголосили, що КДПУ – вип. 2 / 2001. – Кременчук, ДПУ, 2001, с. 98-101.
19. Нізімов В.Б., Нізімов Р.В. Порівняльна оцінка впливу спрощених систем пуску синхронних двигунів на пускові характеристики. Електродинаміка, 2003, № 3, с. 34-37.
20. Вагін Г.Я., Головки Н.М. та ін. Методика технічного та економічного обґрунтування впровадження ресурсо- та енергозберігаючих технологій і устаткування в промисловість// Промислова енергетика, 2005, № 6, с. 8-13.
21. Луговий А.В., Чорний А.П. Питання практичного енергозбереження промислових підприємств. наукові праці ХДПІ. – Т. 1 / 1998. – Кременчук: КГПІ, 1998, с. 5-13.
22. Прайс-лист від 01.06.2006 ВАТ "Південний електромашинобудівний завод" (м. Нова Каховка).
23. Жидицький В.Ц., Джигерей В.С., Мельников А.В. Основи охорони праці. Підручник. – Редакція 2-а, доповнена. - Львів: Афіша. 2000. – 351 с. (російською мовою).

24. Баланчевадзе В.І., Барановський А.І. Енергетика сьогодні і завтра: Учебное пособие / В.І. Баланчевадзе, А.І. Барановський - М.: Энергоатоміздат, 1990. – 344 с.
25. Лісієнко В.Г. Хрестоматія енергозбереження: Довідник у 2-х книгах / В.Г. Лісієнко, Ю.М. Щелоков, М.Г. Ладигічев – Москва, Видавництво «Теплоенергетик», 2005. – 234 с.
26. Промислова теплоенергетика і теплотехніка: Довідник / [ред. В.А. Григор'єва]. Москва, Видавництво «Енергоатоміздат», 1991. – 348 с.
27. Нікіфоров Б.І., Заславець Г.В.: Монографія – Магнітогорськ: МДТУ. - 2000. 131 с.
28. Методика розробки норм і нормативів водоспоживання і водовідведення з урахуванням якості споживаної і скиданої води в чорній металургії. – М.: МЧМ СРСР. – 1981. – 167 с.
29. Методика розроблення норм і нормативів водоспоживання та водовідведення з урахуванням якості спожитої та відведеної води у чорній металургії (II видання з доповненнями та змінами). – М.: МЧМ СРСР. – 1988. – 211 с.
30. Андоньєв С.М. Особенности промышленного водоводу: Учебное пособие – К.: Будівельник. – 1981. – 246 с.
31. Бережинський А.І., Циммерман А.Ф. Охолодження та очищення киснево-конвертерних газів: підручник / А.І. Бережинський, А.Ф. Циммерман. М., Укр., Металургія, 1975. – 316 с.
32. Андоньєв С.М. Випарне охолодження металургійних печей: Підручник – Москва, Видавництво металургії, 1970. 318 с. (російською мовою).
33. Шейдлін А. Є. Нова енергетика: Учебное пособие [Нова енергія: Підручник]. 1987. - 463 с.
34. Проектування систем управління / Г. К. Гудвін, С. Ф. Гребє, М. Е. Сальгадо. Москва, Лабораторія знань БІНОМ, 2004. – 911 с., іл.