

**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 (магістрський) рівень
(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження техніко-економічних особливостей використання мікро-ГЕС в умовах промислового підприємства

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1452
спеціальності 145 Відновлювані джерела
енергії та гідроенергетика
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Гідроенергетика
(назва освітньої програми)

Анчев В.О.
(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., доц., Радченко В.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент д.т.н., проф., Артемчук В.В.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


Запоріжжя
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем _____
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень _____
Спеціальність 145 Відновлювані джерела енергії та гідроенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Гідроенергетика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.  В.Л. Коваленко
« _____ » _____ 2023 року

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





Анчеву Владиславу Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1 Тема роботи Дослідження техніко-економічних особливостей використання мікро-ГЕС в умовах промислового підприємства
керівник роботи Радченко В.В., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом ЗНУ від « 01 » травня 2023 року № 639 - с
- 2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2023 р.
- 3 Вихідні дані до роботи Схема водопостачання комбінату здійснюється за оборотною, а також прямоочною схемою; потенціал утилізації гідроенергетичного ресурсу підприємств регіону близько 10 млн. кВт·год на рік.
- 4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Теоретичні аспекти утилізації вторинного гідроресурсу промислових підприємств 2) Дослідження щодо підвищення енергоефективності ПАТ «Запоріжсталь» за рахунок вторинних гідроенергетичних ресурсів 3) Техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження мікро-ГЕС на прикладі ПАТ «Запоріжсталь» 4) Охорона праці та техногенна безпека
- 5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1) Генеральний план ПАТ «Запоріжсталь» 2) Аналіз водоспоживання ПАТ «Запоріжсталь» 3) Технічні характеристики модульних мікро-гес

- 4) Дослідження ефективності роботи мікро-ГЕС за умови змінної частоти обертання 5) Результати спостережень за витратою скидної води
 6) Автокореляційна функція витрати скидної води ПАТ «Запоріжсталь»
 7) Прогнозування ефективності роботи мікро-ГЕС 8) Техніко-економічні показники проектів гідроутилізації

6 Консультанти розділів роботи


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

7 Дата видачі завдання 01.09.2023 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Теоретичні аспекти утилізації вторинного гідроресурсу промислових підприємств	30.09.2023	
2	Дослідження щодо підвищення енергоефективності ПАТ «Запоріжсталь» за рахунок вторинних гідроенергетичних ресурсів	30.10.2023	
3	Техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження мікро-ГЕС на прикладі ПАТ «Запоріжсталь»	19.11.2023	
	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2023	

Студент  В.О. Анчев
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи  В.В. Радченко
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  С.В. Башлій
 (підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Анчев В. О. Дослідження техніко-економічних особливостей використання мікро-гес в умовах промислового підприємства.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 145 – Гідроенергетика, науковий керівник В.В. Радченко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2023.

У роботі розглянуто систему використання вторинних гідроенергоресурсів. Запропоновано кілька проектів гідроутилізації, які відрізняються використовуваним обладнанням.

Досліджено водотоки металургійного підприємства та визначено їх гідроенергетичний потенціал. Визначено залежність енергетичних показників роботи мікро-ГЕС від кутової частоти обертання в умовах нестационарних потоків вторинної води.

Розроблено математичний апарат, який дозволяє визначати енергетичні характеристики генераторів вільнопоточних мікро-ГЕС. Визначено економічні показники запропонованої системи гідроутилізації.

Ключові слова: ГІДРОУТИЛІЗАЦІЯ, МІКРОГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ВТОРИННІ ЕНЕРГОРЕСУРСИ, НЕСТАЦІОНАРНІ ПОТОКИ ВОДИ, ОБЕРТАННЯ ТУРБИНИ

ABSTRACT

Anchev V. O. Study of technical and economic features of the use of micro-hydroelectric power plants in the conditions of an industrial enterprise.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 145 - Hydropower, supervisor V.V. Radchenko. Zaporizhia National University.

Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2023.

The paper considers the system of use of secondary hydropower resources. Several hydroutilization projects have been proposed, which differ in the equipment used.

The watercourses of the metallurgical enterprise have been investigated and their hydropower potential has been determined. The dependence of energy indicators of micro-hydroelectric power plants on the angular speed of rotation in the conditions of non-stationary flows of secondary water is determined.

A mathematical apparatus has been developed that allows to determine the energy characteristics of generators of free-flowing micro-hydroelectric power plants. The economic indicators of the proposed hydroutilization system have been determined.

Keywords: HYDROUTILIZATION, MICROHYDROELECTRIC POWER PLANT, SECONDARY ENERGY RESOURCES, NON-STATIONARY WATER FLOWS, TURBINE ROTATION

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Теоретичні аспекти використання вторинних гідроресурсів промислових підприємств	11
1.1 Категоризація вторинних енергоресурсів на підприємствах.....	11
1.2 Ретроспективний аналіз напрямів використання води в промисловості.....	12
1.3 Роль води як вторинного енергетичного ресурсу.....	15
1.4 Погляд на поточний рівень розвитку малої гідроенергетики.....	18
1.5 Аналіз існуючих технічних засобів для утилізації гідроенергетичних ресурсів.....	19
1.6 Вивчення водокористування на прикладі структурних підрозділів ПрАТ "Запоріжсталь".....	26
2 Дослідження можливості підвищення енергоефективності ПрАТ "Запоріжсталь" використанням скидних вторинних гідроенергетичних ресурсів.....	33
2.1 Визначення потенціалу гідроенергетичних ресурсів	33
2.2 Експериментальне визначення витрат вторинної води на охолодження обладнання	38
2.3 Розрахунок оптимальної системи гідроенергетичної утилізації ...	46
2.4 Дослідження ефективності модульних мікро-ГЕС.....	52
2.4.1. Визначення характеристик водотоків підприємства.....	52
2.4.2. Визначення залежності енергетичних характеристик мікро-ГЕС від динаміки водотоків	54
3 Техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження вільнопоточних мікро-ГЕС на ПрАТ "Запоріжсталь".....	58
3.1 Визначення вартості виробництва електричної енергії.....	58

3.2 Розрахунок капітальних вкладень в систему гідроенергетичної утилізації.....	61
3.3 Визначення техніко-економічних показників впровадження системи гідроенергетичної утилізації.....	64
4. Охорона праці та техногенна безпека.....	71
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища.....	71
4.2 Заходи щодо захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища горнового.....	74
4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії.....	75
4.3.1 Мікроклімат.....	75
4.3.2 Вентиляція й кондиціонування.....	75
4.3.3 Освітлення.....	81
4.4 Захисні заходи з електробезпеки.....	83
4.5 Пожежна безпека.....	85
4.6 Засоби індивідуального захисту.....	86
4.7 Розробка заходів захисту від тепловиділень.....	87
Висновки.....	92
Перелік посилань.....	94

ВСТУП

Важливість енергозбереження практично у всіх галузях народного господарства не викликає сумнівів. Енергоефективність чорної металургії є однією з найбільш енергоємних та енергоємних галузей вітчизняної промисловості. Залежність від імпортованих первинних енергоресурсів формує підґрунтя для питань енергоспоживання та енергетичної безпеки у вітчизняному виробництві. На виробництво сталі в Україні потрібно майже в чотири рази більше енергоресурсів, ніж у Китаї та країнах ЄС. Більш того, навіть конвертерний спосіб виробництва сталі споживає в нашій країні на 30% більше енергоресурсів, ніж в середньому по цих країнах. Тому, чим швидше ми підвищимо енергоефективність виробництва, тим більш конкурентоспроможними будуть наші позиції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Паливно-енергетичні ресурси є основою економіки будь-якої країни і мають значний вплив на можливості розвитку різних галузей промисловості. Останніми роками склалася ситуація, зумовлена відносно високими темпами зростання споживання енергії, зокрема електроенергії, та обмеженими можливостями задоволення попиту на енергію за рахунок ресурсів органічного палива. При цьому ефективність використання цих ресурсів залишається відносно низькою, і в залежності від типу виробництва втрачається велика кількість енергії. Очевидно, що за певних умов можна утилізувати частину цих втрат енергії.

Одним із значних вторинних енергетичних ресурсів є технічна вода, велика кількість якої використовується в промисловості в основному для підтримки оптимального температурного балансу обладнання, т. Е. Охолодження, а також для інших цілей. Сама відпрацьована вода несе в собі не тільки теплову енергію, але і механічну (кінетичну і потенційну) енергію, яка може бути утилізована і перетворена в іншу форму, наприклад, електрику. Однак

для вирішення складних питань, пов'язаних з гідроутилізацією, необхідно розробити відповідні методики кількісної оцінки потенціалу гідроресурсів, раціонального вибору та розміщення обладнання для таких систем, а також реалізації конкретних технічних рішень для забезпечення максимально можливого виробництва електроенергії з урахуванням економічної доцільності такої генерації.

Відомо, що промислові підприємства споживають великі обсяги технічної води. У ряді випадків ці обсяги можна порівняти з стоком малих річок, а кількість механічної енергії, що міститься в них, при перетворенні в електроенергію може бути достатнім для часткового енергозабезпечення виробництва або зниження витрат на транспортування тієї ж води для технологічних потреб. Очевидно, що утилізація енергії водотоків вимагає створення відповідних систем збору, раціонального підбору та розміщення енергогенеруючих агрегатів на території об'єкта утилізації гідроенергії з щільним та складним розташуванням технологічного та допоміжного обладнання. Для максимальної ефективності розглянутих систем необхідні першочергові заходи, такі як: обґрунтований (бажано на рівні оптимізації) вибір їх параметрів; впровадження нових ефективних технічних рішень. Тільки тоді такі системи стануть економічно вигідними. Використання додаткового джерела електроенергії в електропостачанні за рахунок використання гідроенергоресурсу – це шлях до підвищення енергоефективності та економічної стійкості підприємства в цілому, особливо на тлі різкого зростання цін на енергоресурси та електроенергію зокрема.

Тому актуальним на сьогодні є створення методології та техніко-алгоритмічного (програмного) інструментарію, що дозволяють розробляти ефективні системи утилізації вторинної гідроенергії та оптимізувати їх параметри на основі економічних критеріїв з урахуванням існуючих тарифів на енергоресурси та цін на комплектуючі та енергетичне обладнання. Впровадження енергозберігаючих технологій є реалістичною перспективою і, за попередніми оцінками, дозволить скоротити щорічне енергоспоживання в галузі.

Це також дозволить знизити собівартість продукції. В рамках політики енергозбереження ключовим напрямком є удосконалення механізмів фінансування енергозберігаючих заходів, в тому числі заохочення підприємств до самофінансування. За відсутності реальних джерел фінансування енергозберігаючих заходів доцільно розглянути можливість створення енергозберігаючих фондів на підприємствах, які б наповнювалися за рахунок пільгового оподаткування зростання прибутку в результаті енергозберігаючих заходів.

1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ГІДРОРЕСУРСІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Категоризація вторинних енергоресурсів на підприємствах

Класифікація вторинних енергоресурсів промислових підприємств

Вторинні енергоресурси (ВЕР) - це енергоресурси, які утворюються в процесі виробництва, переробки та споживання первинних енергоресурсів. Вони можуть бути використані для виробництва електроенергії, тепла, пари, механічної енергії та інших видів енергії.

Вторинні енергоресурси промислових підприємств поділяються на такі групи:

- тепловодні ВЕР - це теплоносії, які відпрацювали своє призначення в технологічному процесі. До них належать:
 - відпрацьована вода, яка використовується для охолодження обладнання, змочування сировини та матеріалів.
 - відпрацьовані гази, які утворюються в процесі спалювання палива або в процесі хімічних реакцій.
 - відпрацьовані пари, які утворюються в процесі кип'ятіння води або в процесі хімічних реакцій.
- механічні ВЕР - це енергія, яка міститься в відпрацьованих газах, відпрацьованих парах, відпрацьованій воді, а також в відходах виробництва. До них належать:
 - енергія відпрацьованих газів, яку можна використовувати для вироблення електроенергії або для інших цілей.
 - енергія відпрацьованих парів, яку можна використовувати для виробництва електроенергії або для інших цілей.
 - енергія відпрацьованої води, яку можна використовувати для вироблення електроенергії або для інших цілей.

- енергія відходів виробництва, яку можна використовувати для виробництва електроенергії, тепла або інших видів енергії.

- хімічні ВЕР - це енергія, яка міститься в відходах виробництва, що мають горючі властивості. До них належать:

Класифікація ВЕР за видом енергії дає можливість визначити їх потенціал для використання в промисловості. Так, тепловодні ВЕР є найбільш поширеним видом ВЕР, оскільки вони утворюються в процесі виробництва на всіх підприємствах. Механічні ВЕР мають більший потенціал для використання на підприємствах, які мають складні технологічні процеси. Хімічні ВЕР мають найбільший потенціал для використання на підприємствах, які виробляють горючі відходи.

Використання ВЕР є важливим напрямом підвищення енергоефективності промисловості. Воно дозволяє зменшити споживання первинних енергоресурсів, що сприяє зменшенню залежності промисловості від імпорту енергоносіїв, зниженню собівартості продукції та поліпшенню екологічного стану навколишнього середовища. Для підвищення ефективності використання ВЕР необхідно:

- розробити методики оцінки потенціалу ВЕР для різних галузей промисловості;
- створити механізми стимулювання підприємств до використання ВЕР;
- розробити стандарти та вимоги до обладнання та технологій, які забезпечують ефективне використання ВЕР.

1.2 Ретроспективний аналіз напрямів використання води в промисловості

Вода є одним із найважливіших ресурсів для промисловості. Вона використовується в різних технологічних процесах, а також для побутових потреб працівників.

Основні напрямки водовикористання в промисловості такі:

- охолодження обладнання. Вода використовується для охолодження обладнання, яке працює при високих температурах. Цей напрямок є найбільш поширеним у промисловості, оскільки він необхідний для забезпечення безперебійної роботи обладнання. Наприклад, вода використовується для охолодження турбін, двигунів, конденсаторів та інших агрегатів.

- технологічні процеси. Вода використовується в різних технологічних процесах, таких як хімічні реакції, виробництво продукції, миття обладнання та ін. Наприклад, вода використовується для розчинення хімічних речовин, виробництва паперу, виготовлення тканин та ін.

- побутові потреби. Вода використовується для побутових потреб працівників, таких як миття, прання, приготування їжі та ін.

Водовикористання в промисловості є ключовою складовою в сучасних виробничих процесах. Аналіз цього аспекту дозволяє визначити ефективні напрямки оптимізації, створення стійких виробничих систем та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

1. Ефективне використання водних ресурсів.

Промислові підприємства вдосконалюють технології для оптимізації водовикористання. Застосування систем замкненого циклу та переробка водних відходів дозволяє зменшити споживання прісної води та ефективно використовувати внутрішні ресурси.

2. Утилізація та очищення стічних вод.

Сучасні технології утилізації дозволяють промисловим підприємствам зменшити викиди забруднених стічних вод. Інноваційні методи очищення, такі як біологічні фільтри та мембранні технології, сприяють збереженню водних ресурсів та зниженню впливу на водні екосистеми.

3. Використання вторинних водних ресурсів.

Промислові підприємства вивчають можливості використання вторинних водних ресурсів, таких як доопрацьовані та відпрацьовані води. Їх переробка та

повторне використання дозволяють зменшити залежність від прісної води та сприяють ефективному використанню ресурсів.

4. Впровадження технологій обладнання з низьким водоспоживанням.

Виробники вдосконалюють та впроваджують обладнання, яке вимагає менше води для виробничих потреб. Такі ініціативи сприяють створенню ефективних систем водовикористання та зменшенню тиску на водні ресурси.

5. Врахування водних аспектів у стратегіях корпоративної відповідальності.

Більше промислових компаній включають в аспекти водовикористання у свої стратегії корпоративної відповідальності. Це включає зобов'язання до сталого водокористування, мінімізації ефекту від виробництва на водні ресурси та активну участь у вирішенні проблем водозабезпечення на регіональному рівні.

Узагальнюючи, аналіз напрямків водовикористання в промисловості свідчить про зростаючий рівень усвідомлення та зацікавленості компаній у впровадженні стійких практик водокористування. Це відкриває нові можливості для сталого розвитку та збереження водних ресурсів для майбутніх поколінь.

Важливою характеристикою водовикористання в промисловості є питома витрата води, яка визначається як кількість води, витрачена на одиницю продукції або на одиницю виробленої енергії. Питома витрата води є одним із показників ефективності використання води в промисловості.

Питомі витрати води в промисловості залежать від галузі промисловості, технологічного процесу та інших факторів. Наприклад, питомі витрати води в хімічній промисловості є значно вищими, ніж у машинобудівній промисловості.

Підвищення ефективності водовикористання в промисловості є важливим завданням для забезпечення сталого розвитку промисловості та охорони навколишнього середовища. Для підвищення ефективності водовикористання в промисловості необхідно:

- впроваджувати енергоефективні технології, які дозволяють зменшити споживання води. Наприклад, використання більш ефективних систем охолодження обладнання може дозволити зменшити витрати води на 20-30%.

- впроваджувати замкнуті цикли водопостачання, які дозволяють використовувати воду повторно. Наприклад, використання системи оборотного водопостачання дозволяє використовувати воду для охолодження обладнання повторно, що може дозволити зменшити витрати води на 50-70%.

- впроваджувати заходи по збереженню води, такі як ремонт трубопроводів, установка кранів з обмеженням витрати води та ін. Наприклад, ремонт трубопроводів може дозволити зменшити втрати води на 10-20%.

Ефективне водовикористання в промисловості дозволяє:

- зменшити витрати на водопостачання.
- зменшити викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище.
- покращити екологічний стан навколишнього середовища.

Окрім основних напрямків, вода в промисловості може використовуватися також для таких цілей:

- виробництво електроенергії. Вода використовується для виробництва електроенергії в гідроелектростанціях.
- виробництво тепла. Вода використовується для виробництва тепла в теплових електростанціях та інших промислових підприємствах.
- виробництво харчових продуктів. Вода використовується для виробництва харчових продуктів, таких як молоко, соки, овочі та ін.

Використання води в промисловості є важливим фактором, який впливає на стан навколишнього середовища. Неefективне використання води може призвести до забруднення навколишнього середовища, а також до вичерпання водних ресурсів.

1.3 Роль води як вторинного енергетичного ресурсу

Використання води для охолодження у різних промислових процесах є широко поширеним явищем, яке впливає на ефективність та безпеку

виробництва. Важливою аспектом цього процесу є здатність води відводити тепло та контролювати температуру обладнання.

Застосування води для охолодження.

1. Вогнетехнічні установки.

Вода використовується для охолодження конструктивних елементів вогнетехнічних установок, таких як металургійні печі та печі хімічних виробництв. Це допомагає уникнути перегріву та забезпечити безпечну роботу установок.

2. Хімічні процеси.

У хімічних виробництвах вода використовується для охолодження різноманітних реакцій, таких як охолодження гарячої сірчаної кислоти, що важливо для процесу та безпеки у виробництві хімічних речовин.

3. Енергетичні установки.

Вода використовується для охолодження конденсаторів парових турбін, генераторів, а також для виробництва електричної енергії у теплових та ядерних електростанціях.

4. Промислові процеси.

Охолодження водою застосовується у виробництві нафтопродуктів, алюмінієвих розчинів на глиноземних заводах та інших процесах для забезпечення оптимальної температури та уникнення перегріву обладнання.

Ефективне використання нагрітої води.

1. Теплопостачання та гаряче водопостачання.

Нагріта виробнича вода може бути використана для теплопостачання промислових об'єктів та гарячого водопостачання.

2. Агротеплофікація.

Теплова енергія, отримана від нагрітої води, може бути використана для агротеплофікації – забезпечення тепла для сільськогосподарських потреб, таких як обігрів теплиць чи сушка сільськогосподарської продукції.

3. Виробництво електроенергії.

Використання нагрітої води для виробництва пари, яка потім приводить турбіни, є одним із способів генерації електроенергії.

Враховуючи вищезазначені застосування, ефективне управління водними ресурсами та розвиток інноваційних технологій важливі для підтримання сталого та екологічно безпечного промислового виробництва.

Однак, якщо ці величини підсумувати, величина буде достатньою для того, щоб розглядати його як потенційне відновлюване джерело енергії, тобто можливість використання відновлюваних джерел енергії стає реальною. Ця витрачена енергія може бути використана за допомогою існуючих технологій, однак для вибору обладнання необхідно знати кількість (оцінити обсяг) витраченого гідроресурсу та його параметри, проаналізувати топологію розподілу ресурсів на підприємстві, від якої залежить вибір обладнання та його проектну потужність, розробити топологію розміщення генеруючих пристроїв.

Енергоефективність використання вторинних енергоресурсів для виробництва електроенергії, як правило, не залежить від загальної схеми електропостачання підприємства і дозволяє значно знизити споживання електроенергії на транспортування води, тим самим підвищуючи економічну ефективність утилізації. Наразі ця проблема не вирішується, суміжні питання недостатньо вивчені та потребують подальших глибоких досліджень. Для підвищення ефективності використання вторинних теплових енергоресурсів, крім удосконалення системи обліку та планування їх використання, необхідно вирішити низку технічних та організаційних проблем. До них відносяться оцінка потенціалу невикористаних гідроресурсів та їх параметрів, аналіз топології розміщення джерел тепла на підприємстві, що впливає на проектну потужність утилізаційного обладнання, розробка топології розподільчих енергогенеруючих пристроїв.

Для вирішення комплексного комплексу питань, пов'язаних з гідроулізацією як засобом підвищення ефективності утилізації вторинного тепла, необхідно: розробити відповідні методики оцінки потенціалу теплових викидів та обсягу можливої гідроулізації механічної енергії від потоків холодної води,

методику вибору утилізаційного обладнання на основі топології розміщення джерел тепла; визначити місця для раціонального розміщення мікро-ГЕС. І все це має підтвердити економічну доцільність генерації такої електроенергії.

1.4 Погляд на поточний рівень розвитку малої гідроенергетики

Одним з перших типів гідроелектростанцій є мікро-ГЕС [14]. З початку 1920-х років в Україні налічувалося 84 гідроелектростанції загальною потужністю 4000 кВт, а до кінця 1929 року налічувалося вже 150 електростанцій загальною потужністю 8400 кВт, у тому числі Вознесенська (840 кВт), Бузька (570 кВт), Сутиська (1000 кВт) та інші. У 1934 році була введена в експлуатацію Корсунь-Шевченківська ГЕС (2650 кВт), яка за технічними показниками була однією з кращих на той час електростанцій. У післявоєнний період електрифікація сільського господарства також базувалася на збільшенні потужностей і поліпшенні техніко-економічних показників малих електростанцій.

На початку 1950-х років в Україні налічувалося 956 малих гідроелектростанцій загальною потужністю 30 000 кВт. Однак у зв'язку з розвитком централізованого електропостачання та тенденцією до концентрації виробництва електроенергії на великих теплових та гідроелектростанціях будівництво малих ГЕС було припинено. Багато з них вдалося зберегти, розібрати, сотні знищено.

Однак є ще один не менш перспективний і неосвоєний на даний момент напрямок в мікроенергетиці. Це, звичайно ж, утилізація гідроенергетичних ресурсів, які є у водотоках, і скидання питного і промислового водопостачання, каналів, зрошувальних систем, каскадів водосховищ. Зрозуміло, що з точки зору енергозабезпечення необхідно, перш за все, скоротити нераціональне використання водних ресурсів, що зменшить обсяги їх транспортування у

водотоках. Однак значний надлишок гідроенергетики все ж пов'язаний з впровадженими технологіями і специфічним багаторівневим розташуванням обладнання у виробництві.

1.5 Аналіз існуючих технічних засобів для утилізації гідроенергетичних ресурсів

Визначено, обсяги вторинної води можна порівняти з стоком малих річок. Тому для такого типу утилізації в якості найбільш підходящого генеруючого обладнання можна розглядати стандартні мікро (до 100 кВт) і міні (від 100 до 1000 кВт) гідроелектростанції (ГЕС). Вони є надійними та екологічно чистими джерелами електроенергії [17-19]. Вони можуть працювати автономно у віддалених районах без ліній електропередач, а також паралельно з іншими мікро-ГЕС у локальній або промисловій мережі. Вони мають такі переваги: підходять для тривалої експлуатації без ремонту; зазвичай поставляється у вигляді одного або декількох вузлів в зібраному вигляді, що спрощує монтаж на місці; мають спрощену конструкцію з мінімальними регулюючими пристроями; вимагають мінімальних витрат на монтаж і обслуговування в процесі експлуатації.

В даний час ряд вітчизняних та закордонних виробників випускають придатні для зазначених цілей мікро- і міні-ГЕС, а також пропонують широкий модельний ряд такого енергетичного устаткування. Їх номінальні параметри дозволяють утилізувати потік води практично будь-якого напору й витрати. Виходячи з особливостей конструкції і способу установки розрізняють вільнопоточні (застосовуються в основному в руслах річок) і заглибні мікро-ГЕС. Для реалізації проектів гідроутілізації в рамках підприємства краще використовувати останні, так як вони є більш маневреними з точки зору монтажу та підключення до мережі.

Проектуванням і розробкою обладнання для таких гідроелектростанцій (ГЕС) займаються науково-виробничі організації та компанії. В даний час підприємствами створено широку модельну лінійку, що складається з 34 гідроагрегатів з напорами від 3 до 450 м і індивідуальними потужностями від 3 до 5000 кВт. Використання таких систем не вимагає постійної присутності обслуговуючого персоналу на об'єкті - гідроагрегат надійно працює в автоматичному режимі. Система управління заснована на програмованому контролері, що дозволяє здійснювати візуальний контроль параметрів гідроагрегату на екрані комп'ютера.

Мікро-ГЕС виробництва МНТЦ «ІНСЕТ» характеризуються високими енергетичними показниками і оснащуються гребними, радіально-осьовими і ковшовими турбінами (рис. 1.1). У стандартну комплектацію входить турбіна, генератор і система автоматичного управління гідроагрегатом. Проточні частини всіх турбін спроектовані з використанням методів математичного моделювання. Мікро-ГЕС відповідного типу показані на малюнку 1.2 (а, б).

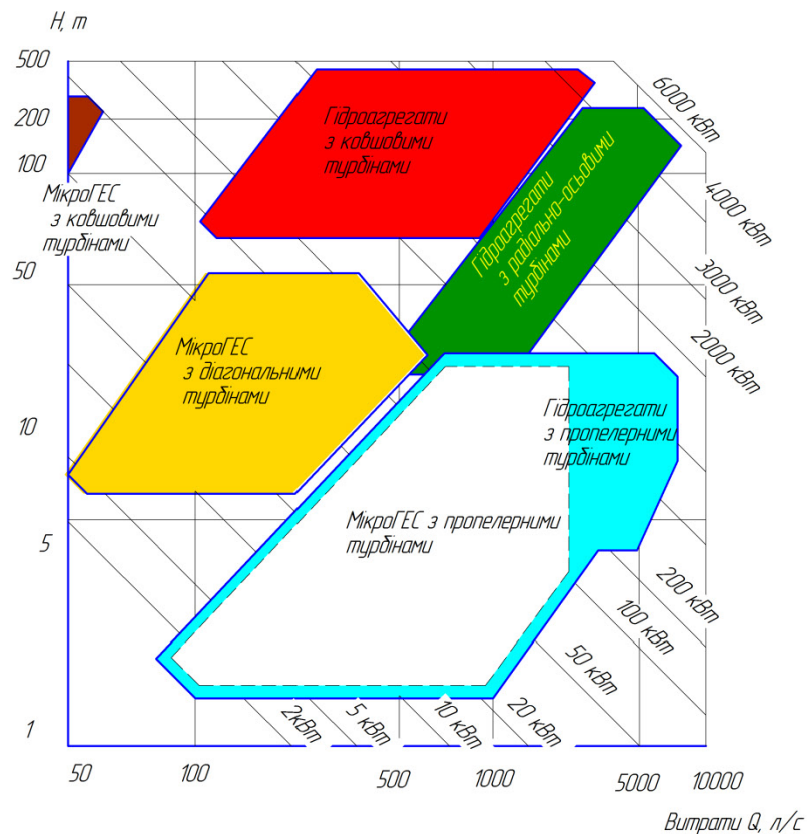
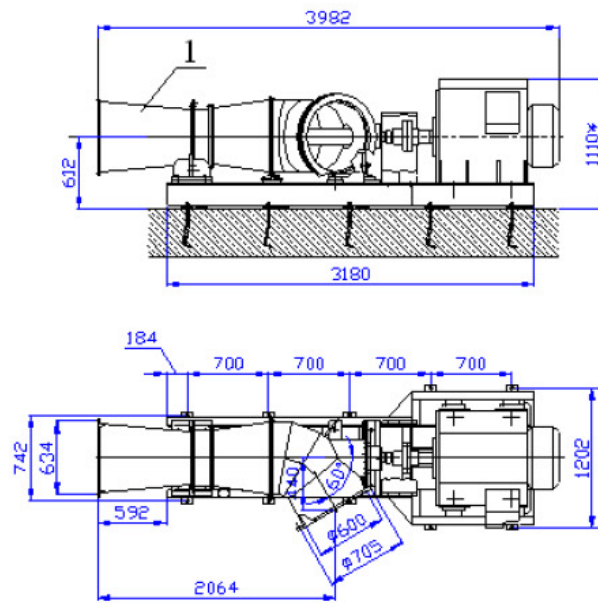
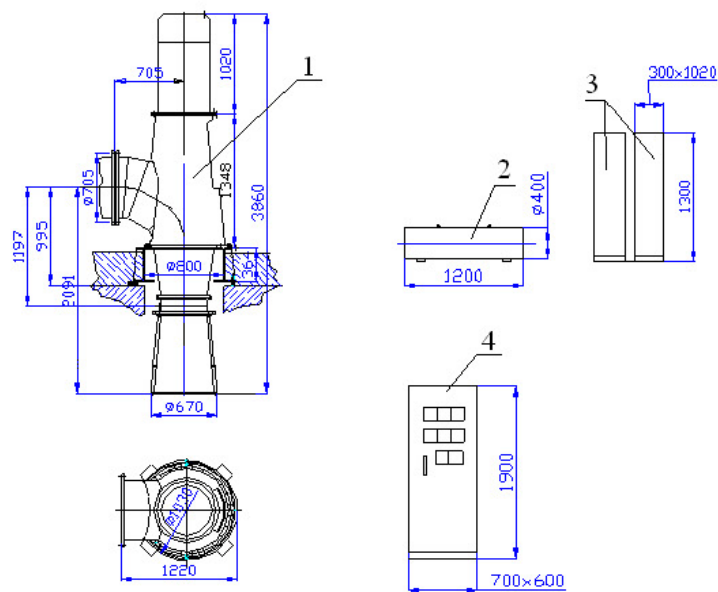


Рисунок 1.1 - Енергетичні характеристики гідроагрегатів МНТЦ «ІНСЕТ»



а)

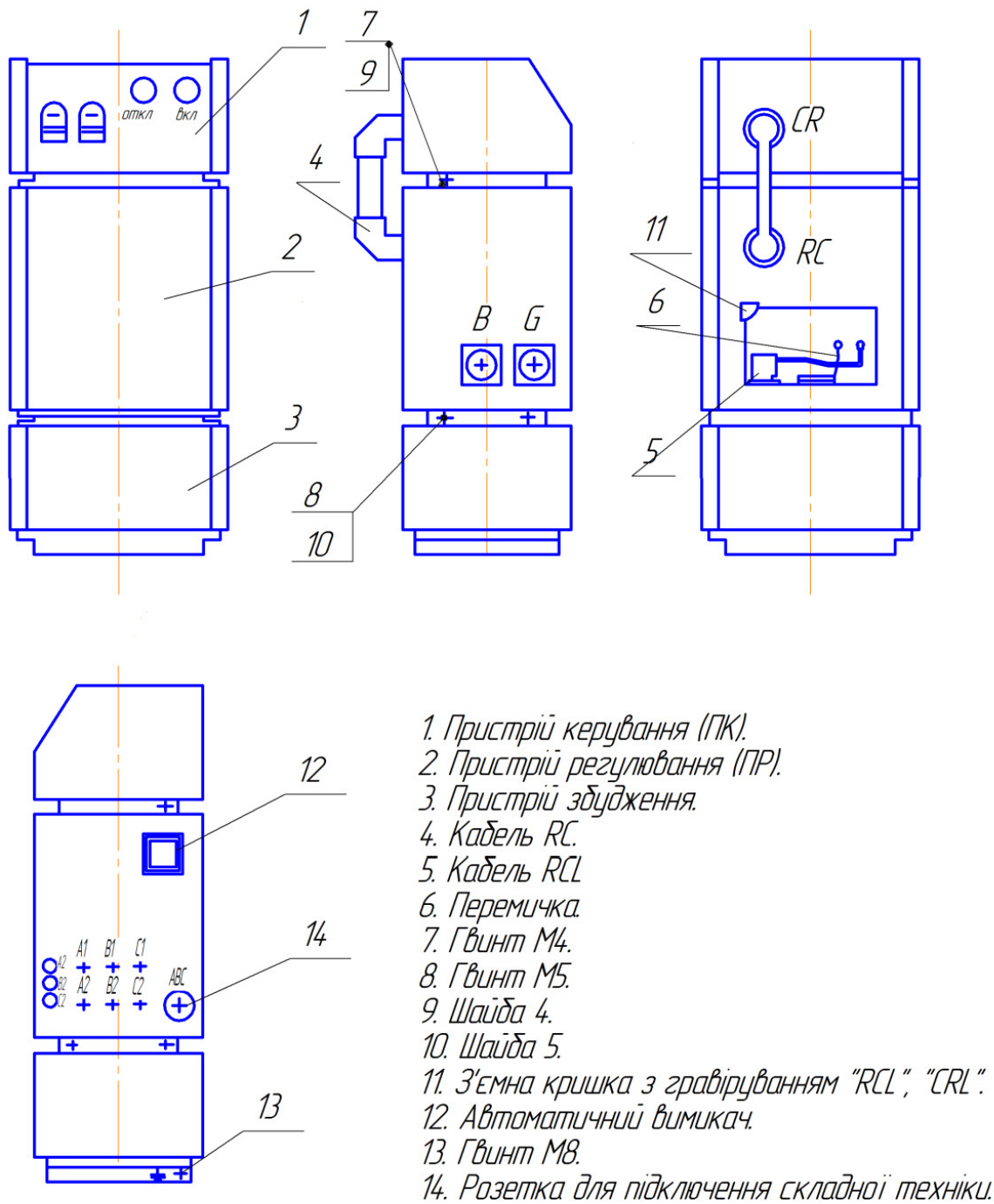


б)

Рисунок 1.2 - Габаритні і установочні розміри пропелерної мікро-ГЕС
100 Пр

- a, б* - горизонтальна і вертикальна компоновка енергоблоку, відповідно:
1 - енергоблок,
2 – блок баластного навантаження з водяним охолодженням,
3 – блок баластного навантаження з повітряним охолодженням,
4 – пристрій автоматичного регулювання

Пристрій автоматичного регулювання більш докладно зображений на рисунку 1.3.



Рисунк 1.3 - Пристрій регулювання напруги і частоти

Таблиця 1.3 - Основні технічні характеристики мікро-ГЕС із пропелерними турбінами виробництва МНТО «ІНСЕТ»

Параметри	Тип мікро-ГЕС					
	10Пр		15Пр	50Пр		100Пр
Потужність, кВт	0,6-4	2,2-10	3,5-15	10-30	10-50	40-100,0
Напір, м	2,0-4,5	4,5-10	4,5-12	2,5-6	4-10	6-18
Витрата, м ³ /с	0,07-0,14	0,1-0,21	0,1-0,3	0,3-0,8	0,4-0,9	0,5-1,2
Частота обертання, хв ⁻¹	1000	1500	1500	600	750	1000
Номінальна напруга, В	230		400	230, 400		230, 400
Номінальна частота струму, Гц	50					

Таблиця 1.4 - Основні технічні характеристики мікро-ГЕС із діагональною й ковшовою турбінами МНТО «ІНСЕТ»

Параметри	Тип мікро-ГЕС		
	20ПрД	100ДО	200ДО
Потужність, кВт	10 - 20	до 100	до 200
Напір, м	8-18	40-250	
Витрата, м ³ /с	0,080-0,170	0,015-0,046	0,015-0,130
Частота обертання, хв ⁻¹	1500	600; 750; 1000	
Номінальна напруга, В	230,400	230 , 400	
Номінальна частота струму, Гц	50	50	

Потоки з такими характеристиками досить поширені в багатьох промислових галузях. Лише в останні роки увага приділяється цим потенційним енергетичним ресурсам в гідромашинобудуванні, в основному за кордоном.

Наприклад, у Фінляндії розпочато виробництво таких гідротурбін з напором 1,5-3,5 м, які використовуються в технічних і транспортних системах. В Україні (АТ «Турбоатом») сертифіковане обладнання мікро-ГЕС в основному створюється для напорів, що перевищують 5 м. При роботі з нижніми головками різко знижується ККД турбін, погіршуються можливості регулювання частоти обертання. Тому вибирати таке обладнання для експлуатації в умовах низьких напорів недоцільно. Еколого-економічна ефективність міні-енергетики вже давно привертає увагу іноземців. МікроГЕС працюють в Японії, Південній Кореї, Бразилії, Гватемалі, Швеції, Польщі. Наприклад, шведська компанія Flugt виготовляє якісні та енергоефективні модульні (вертикальні) мікро-ГЕС, які коштують значно дорожче вітчизняного обладнання. Вони мають ряд переваг і характеризуються в першу чергу економічною ефективністю, достатньою керованістю, маневреністю, можливістю працювати паралельно з мережею. Гідрогенератори цієї компанії є стандартними виробами модульної конструкції, що дозволяє адаптувати їх практично до будь-яких умов експлуатації в діапазоні витрат від 0,7 до 12 м³/с і в межах напорів від 2,5 до 20 м.

При цьому їх номінальна потужність коливається від 40 до 710 кВт (рис. 2.5). Глибинні гідротурбінні генератори компанії Flugt являють собою агрегати, що складаються з напівшарнірно-лопатевої турбіни, трифазного асинхронного генератора, а при необхідності і планетарного редуктора з тривалим терміном служби. Ці компактні закриті турбінні агрегати не вимагають довгих валів і звичайної передачі потужності. Такий гідротурбогенератор працює в повністю зануреному стані в простій вертикальній колоні і утримується на місці за рахунок власної ваги. Він охолоджується проточною водою і може бути легко занурений і піднятий для обслуговування.

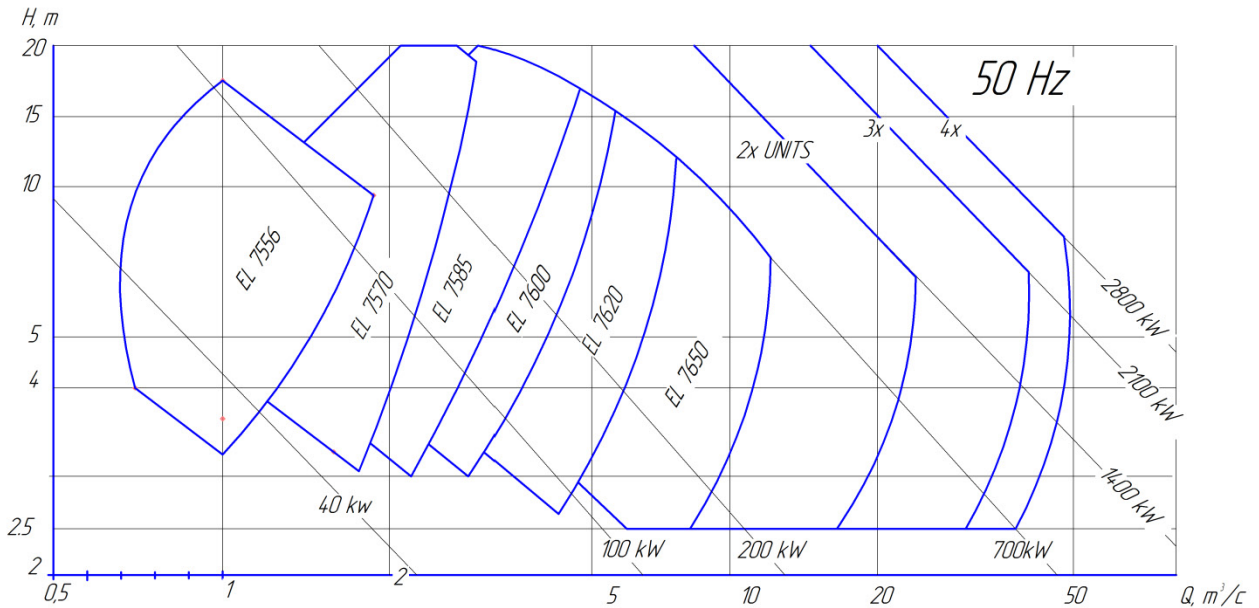


Рисунок 1.4 - Енергетичні характеристики гідроагрегатів Flugt

Принцип установки глибоко посаджених гідротурбогенераторів розрахований на вертикальне розміщення. Найменші моделі (EL 7556 і EL 7570), а також типи EL 7585 і EL 7600 з прямим приводом також можуть встановлюватися горизонтально або під кутом. Більш дешеве альтернативне обладнання випускає компанія Waterpumps Wp Oy (Фінляндія). Мікро-ГЕС потужністю 10-100 кВт, оснащені турбінними насосами, випускає чеський завод «Dolní Benesov».

Основним їх недоліком є необхідність високих напорів (8-20 м), викликана застосуванням реверсивних насосних технологій. Унікальні комплектні модулі для силових установок з напорами від 1,3 м серійно випускає компанія SINK (Чехія). Вони найбільш придатні для використання енергії в системах водопостачання, в тому числі питної. Комплекти оснащені відмінною мікропроцесорною системою автоматичного управління вихідними параметрами генератора і забезпечують максимальний ККД гідромашини. В основному вони працюють паралельно з електромережею. Гідротурбіни не мають кавітації і в той же час виконують роль водяних аераторів. Перехресно-потоківі турбіни цього виробника є найбільш конкурентоспроможними і

виготовляються на основі п'яти основних (по діаметру) робочих коліс, що дозволяє випускати понад 110 модифікацій гідромашин для конкретних умов, але з високими значеннями ККД і необхідною зоною регулювання.

1.6 Вивчення водокористування на прикладі структурних підрозділів ПрАТ "Запоріжсталь"

До складу доменного цеху входять 5 доменних печей, 20 кауперів, 4 машини розливання чавуну, рудний двір з вагонами-перекидачами, шлакові відвали. Всі печі працюють із тиском під колошником 0,8 – 12 атм, температура дуття 1100 – 1200 °С. Дуття збагачене киснем до 22 – 23 %. Доменні печі №1,2, пущені відповідно, в 1933, 1934 р. мали корисний об'єм по 930 м³, а в 1959 р. доменна піч №2 була доведена до корисного об'єму 1513 м³. Через низьку продуктивність доменної печі №1. морального й фізичного старіння, ухвалено рішення її зупинити й у 2006 році демонтувати. Доменна піч №3, пущена в 1938 р. мала корисний об'єм 1300 м³, в 1971 році корисний об'єм доведений до 1513 м³.

Розташування доменних печей після демонтування ДП-1 на сьогоднішнє острівне. Фонд терміну їх роботи й продуктивність представлено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Фонд терміну роботи й продуктивність доменних печей

Доменні печі	Чавун, т/рік	Фонд терміну роботи, год	Середньорічна продуктивність, т/год
ДП-2	588197,80	6122,60	96,07
ДП-3	989617,20	8760,00	112,97
ДП-4	955983,10	8705,00	109,89
ДП-5	970201,95	8499,36	114,15

Доменна піч №5 пущена в експлуатацію в 1952 році з корисним об'ємом 1386 м³. В результаті капітальних ремонтів був знижений рівень чавунної льотки, у зв'язку із чим корисний об'єм збільшений до 1410 м³. В 1967 році корисний об'єм збільшений до 1513 м³.

Водопостачання доменних печей здійснюється за оборотною схемою. Це дозволяє повернути у систему їх охолодження до 90-95 % використаної на такі цілі води.

В якості охолоджувача оборотної води застосовується бризкальний басейн, що складається з п'яти секцій. Охолодження нагрітої води здійснюється за допомогою тангенціальних сопел. Діаметр вхідного отвору сопла 50 мм, вихідного – 25 мм.

Нагріта вода від охолоджуваних елементів доменних печей самопливом надходить у 2 колектори діаметром 700 мм і по 6 трубопроводам транспортується на бризкальний басейн і циркуляційні насоси для подачі води на бризкалка.

Розміри секцій бризкального басейну:

«Д» - 40 x 28 x 2,5 (2800) м;

№1 - 40 x 28 x 2,5 (2800) м;

№2 - 40 x 28 x 2,5 (2800) м;

№3 - 50 x 50 x 2,0 (5000) м;

№4 - 50 x 44 x 2,0 (4400) м.

Охолоджена в басейні вода подається по 4 водоводам (3 водовода діаметром 1000 мм і один – 700 мм) на 2 колектори з перемичками (діаметром 800 мм і 700 мм) з подачею з них води двома трубопроводами на охолоджувані елементи доменної печі (для надійності з різних колекторів).

Оборотною водою забезпечуються холодильники поду, горна, фурмена зона, заплечики всіх доменних печей, а також шахти ДП-3,5 і шибери повітрянагрівачів ДП-5.

Схема водовідведення доменної печі представлено на рисунку 1.5.

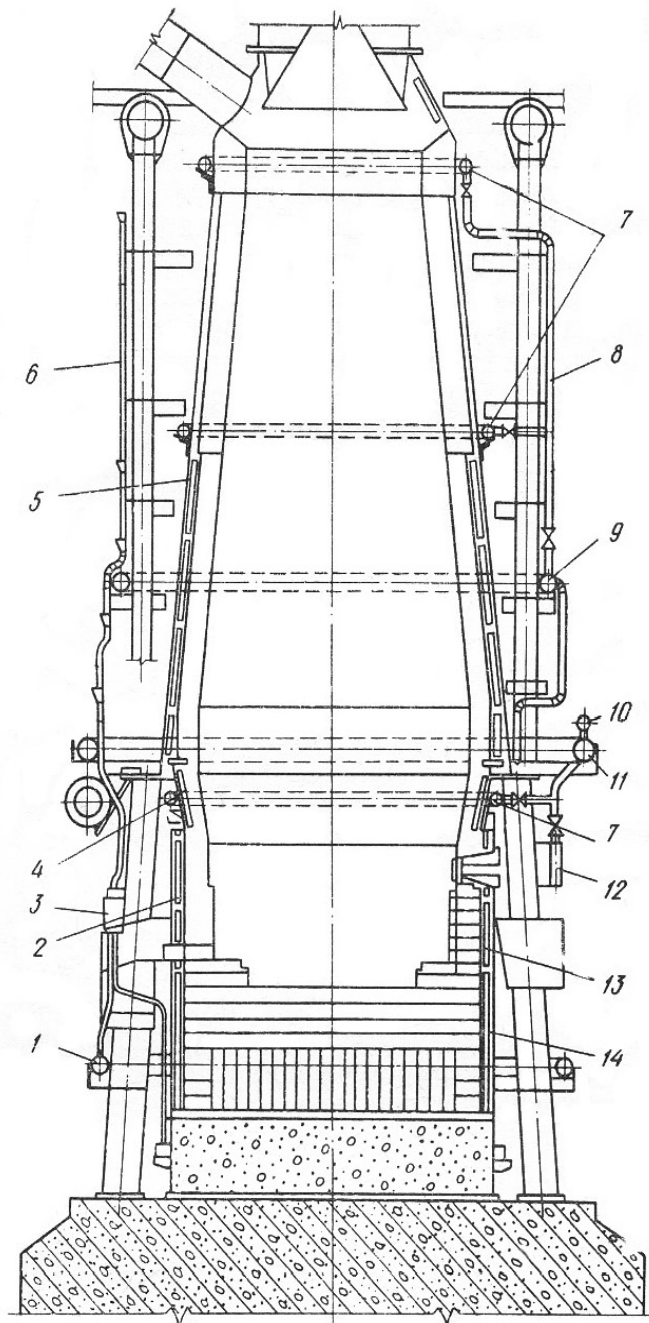


Рисунок 1.5 – Схема водяного охолодження доменної печі

1 – зливальний кільцевий трубопровід; 2 – холодильники фурменої зони; 3 – зливальний резервуар; 4 – холодильники запічників; 5 – холодильники шахти; 6 – зливальний трубопровід від шахти; 7 – бризкальне кільце; 8 – напірний стояк шахти; 9 – напірний кільцевий трубопровід шахти; 10 – напірний колектор запічників; 11 – напірний кільцевий трубопровід низу печі; 12 – напірний колектор низу печі; 13 – холодильники горна; 14 – холодильники поду.

Структуру водоспоживання і водовідведення ПрАТ «Запоріжсталь» наведено в таблиці 1.6, а відповідну діаграму на рисунку 1.6.

Таблиця 1.6 – Водоспоживання ПрАТ «Запоріжсталь»

Назва структурної одиниці	Річне водоспоживання				
	Загальне	Оборотний цикл		Охолодження обладнання	
		м ³	м ³	%	м ³
Агломераційний цех	5679651	-	-	1292473	23
Доменний цех	71648748	58819873	82	65562259	92
Мартенівський цех	52547860	39015505	74	41722771	79
Обжимний цех	6009720	182364	3	206071	3
ЦПТЛ	106964734	74634277	70	34931822	33
Відділення ГП	1196353	1045973	87	1182600	99
ЦХП №1	32784832	11482196	35	24457078	75
ЦХП №3	846893	-	-	426149	50
Станція нейтралізації	195761	-	-	-	-
Всього по основному виробництву	277874552	185180188	67	169781223	61
ТЕЦ	275856880	252762414	92	269950258	98
ККЦ	105326411	98428546	93	105121687	100
Газовий цех	42992615	34748011	81	708503	2
Ливарний цех	4681666	2863679	61	919638	20
Копровий цех	964740	472344	49	472344	49
Упр. з/д транспортом	375031	8957	2	10122	3
Автотранспортний цех	56556	-	-	-	-
Цех товарів н/с	102170	90090	88	101622	99
Цех водопостачання	1523465	-	-	379109	25
Механічний цех	248377	-	-	9535	4
Лаб. господарство	44847	-	-	-	-
ОАСУП	157680	-	-	-	-
Гп потреби	4702476	-	-	-	-
Всього подопоміжному виробництву	437032914	389374041	89	377672818	86
Всього по ПрАТ "Запоріжсталь"	714907466	574554229	80	547454041	77

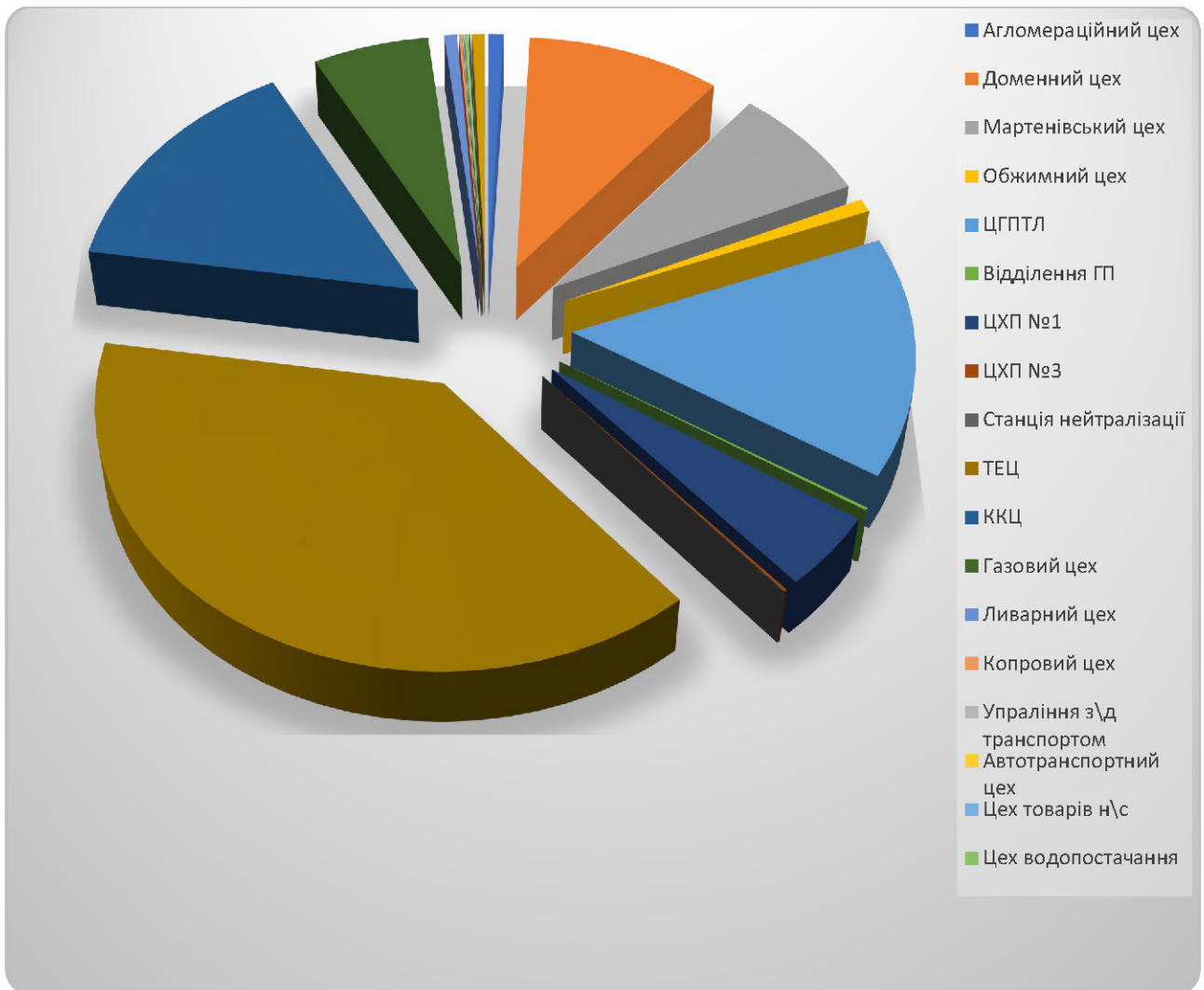


Рисунок 1.6 – Діаграма водоспоживання ПрАТ «Запоріжсталь»

Пара від ДП-2 подається в паропровід низького тиску ТЕЦ, від ДП-3,4 – випускається в атмосферу.

Паралельно напірним установлюють чотири зливальних (віддодних) стояка, які збирають із декількох самостійних частин труб. Кожна з них зверху має приймальні воронки.

Для зовнішнього охолодження кожуха по периметрі печі укладають три кільцеві перфоровані труби діаметром 80 мм. Всі кільцеві трубопроводи збирають із чотирьох відсіків. Для зручності ремонту й очищення відсіки збирають на болтових фланцевих з'єднаннях.

Відвод води: вся вода від охолодних пристроїв надходить у прийомні резервуари, звідки по стояках відводиться в зливальне кільце діаметром 900 мм, покладене по

периметрі доменної печі під робочою площадкою. Відвод повітря від збірного кільцевого трубопроводу здійснюється по повітряних трубах діаметром 100 мм, концентрично встановленим усередині зливальних стояків, і по спеціальних трубах, врізаних у місцях спусків.

З діаграми видно, що найбільша кількість води споживається на виробничі цілі такими структурними одиницями комбінату як ТЕЦ, ККЦ, ЦГПТЛ, доменний цех, мартенівський цех., а загальне водоспоживання близько 715 млн. м³.

Гідроутилізація як засіб підвищення ефективності використання вторинної енергоресурсів - це процес використання енергії відпрацьованої води в промисловості. Вона є ефективним засобом підвищення ефективності використання вторинної енергоресурсів, оскільки дозволяє зменшити споживання первинних енергоресурсів, знизити викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище та зменшити собівартість продукції.

Для вирішення комплексу питань, пов'язаних з гідроутилізацією на металургійних підприємствах, необхідно:

- розробити методики оцінки потенціалу теплових викидів і обсягів можливої гідроутилізації механічної енергії потоків охолодної води. Це дозволить визначити, скільки енергії можна отримати від гідроутилізації на конкретному підприємстві.

- визначити місця раціонального розміщення використовуваних мікроГЕС. Це дозволить забезпечити максимальну ефективність використання енергії відпрацьованої води.

- підтвердити економічну доцільність генерації такої електроенергії. Це дозволить підприємствам прийняти рішення про впровадження гідроутилізації.

Наразі в Україні немає вітчизняних аналогів мікроГЕС, придатних для гідроутилізації на металургійних підприємствах. Тому необхідно розробити вітчизняні технології та обладнання для гідроутилізації, які будуть економічно доцільними.

Тому, пропонуються такі рекомендації щодо подальших досліджень у галузі гідроутилізації на металургійних підприємствах:

- дослідити водотоки металургійних підприємств і визначити точну цифру гідроенергетичного потенціалу заводів в цілому.

- визначити залежність енергетичних показників роботи мікро-ГЕС в умовах нестаціонарних потоків вторинної води. Це дозволить розробити ефективні системи гідроутилізації, які будуть працювати в різних умовах.

- розробити математичний апарат, що дозволить коригувати енергетичні характеристики генераторів мікро-ГЕС шляхом виключення похибки системи управління. Це дозволить збільшити кількість виробленої електроенергії із вторинних водотоків.

- визначити економічні показники новоствореної системи гідроутилізації. Це дозволить оцінити ефективність впровадження гідроутилізації на конкретному підприємстві.

Виконання цих рекомендацій дозволить розробити ефективні технології та обладнання для гідроутилізації на металургійних підприємствах, що сприятиме підвищенню енергоефективності галузі та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ" ВИКОРИСТАННЯМ СКИДНИХ ВТОРИННИХ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

2.1 Визначення потенціалу гідроенергетичних ресурсів

Розрахунок необхідної кількості води для охолодження металургійних агрегатів [20] полягає у визначенні її витрати при заданому тепловому потоці, тепловому навантаженні і якості [21,22, 23-27]. Необхідна кількість рідини на охолодження елементів технологічного обладнання, що не мають паспортних даних, визначається як найбільша з таких, що:

забезпечує відведення теплоти від i -го елемента, який охолоджується, м³/год :

$$Q_{mexi} \geq \frac{Q_{mi}}{1000 \cdot (t_{вих} - t_{ex}) \cdot C}, \quad (2.1)$$

де $Q_{mi} = q \cdot F$ – теплове навантаження на i -й елемент, що охолоджується, приймається за матеріалами інструментальних замірів, ккал/г,

q – тепла напруга, ккал/г · м²,

F – площа поверхні, що нагрівається, м²,

$t_{вих}$ – гранична температура води, °С,

t_{ex} – температура води, що поступає на охолодження, °С,

C – питома теплоємність води, ккал/кг · °С.

визначається в залежності від наявності в воді механічних домішок, і розраховується виходячи з необхідної швидкості потоку, м³/год

$$Q_{cmi} \geq 3600 \cdot v_{cmi} \cdot F, \quad (2.2)$$

де v_{cmi} - швидкість в i - му елементі, що охолоджується [28], м/с;

F - площа живого перетину проточної частини i - го елемента, що охолоджується, m^2 .

виключає місцеве плівкове кипіння, тобто забезпечує теплообмін тільки за рахунок конвективного режиму, який також залежить від швидкості потоку [28], $m^3/г$:

$$Q_{mki} \geq \frac{1,32 \cdot 10^{-5}}{p^{0,2}} \cdot F^{1,2} \cdot q, \quad (2.3)$$

де p - змочений периметр елемента, що охолоджується, м.

Нормована величина необхідної кількості води на охолодження визначається за її сумарною витратою на відведення тепла від всіх нагрівальних елементів. Така норма водоспоживання і водовідведення визначається шляхом ділення річних об'ємів технічної води на річний обсяг основної номенклатури виробництва. У результаті цього в довідковій літературі і наводиться інформація за питомими нормами витрати води на одиницю продукції (на одиницю ваги готового продукту) [28]. Але вона не в повній мірі враховує специфіку конкретного підприємства (тип устаткування, що використовується і прийняту схему технологічного процесу) і може бути використана лише для приблизних розрахунків. Загальна витрата визначається за формулою [28], m^3 :

$$Q = N \cdot q_m, \quad (2.4)$$

де N – кількість продукції, що випускається за рік, шт.,

q_m – питомі витрати води на одиницю продукції, що випускається, $m^3/г$.

Слід мати на увазі, що в одних випадках (зокрема, для охолодження) споживання води йде майже рівномірно протягом доби, а в інших - відбувається періодично для наповнення в заданий час різних баків, ванн і т. ін. Однією зі

специфічних особливостей виробничого водоспоживання є залежність у ряді випадків кількості спожитої води від її якості, зокрема (і найбільш часто) від її температури. Чим остання менше, тим, очевидно, менший і обсяг води потрібний для того ж охолоджувального ефекту. Ця обставина обумовлює зміну витрати за сезонами року: взимку він значно нижче, ніж улітку, що серйозно позначається на результатах розрахунків.

Об'єм води, який може бути використаний для вироблення електричної енергії (гідроенергетичний ресурс) у загальному обсязі її споживання підприємством значно коливається залежно від параметрів та хімічного складу води, а також виду виробництва. Так, наприклад, рідина, яка використовується на зволоження шихти і генерацію електроенергії в парогенераторах, повністю випаровується або стає частиною продукції та, відповідно, як гідроенергетичний ресурс використана бути вже не може.

Очевидно, також, що для вироблення електричної енергії придатна тільки та вторинна вода, яка відповідає вимогам, що пред'являються заводами-виробниками мікро-ГЕС. Нормативні показники систем водяного охолодження промислових підприємств [29]: температура відпрацьованої води оборотних циклів не перевищує 45-60 °С, карбонатна жорсткість 2 – 3 мг·екв/л, вміст суспензії 50 – 100 мг/л. Така вода вважається умовно чистою і може бути використана в гідротурбінах.

З вищевикладеного випливає, що обсяг спожитої підприємством технічної води не дорівнює тому, який теоретично можна використати як гідроенергетичний ресурс. Отримана цифра, як правило, не відображає реальний обсяг останнього, оскільки не враховується територіальне розташування обладнання - джерел вторинної води. Утилізація ж механічної енергії водотоку передбачає створення відповідних систем збору. На основі проведеного аналізу ряду підприємств було зроблено висновок про те, що обсяг води, який відповідає вищевикладеним вимогам може бути розрахований таким чином:

$$Q_3 = Q_{об} - Q_e - Q_{уз}, \quad (2.5)$$

де Q_3 - об'єм загального водоспоживання, м³/рік,

Q_e - споживання, яке обумовлене винесенням води продукцією, що випускається, і охолодженням останньої, м³/рік,

$Q_{уз}$ - об'єм умовно забрудненої води, що потребує очищення, м³/рік.

Якщо висота, з якої відпрацьована вода відводиться з технологічного циклу, відповідає нульовій позначці, то потенційна енергія такого потоку наближається до нуля, навіть якщо витрата її величезна. Такий водотік в даному випадку інтересу не представляє і виключається із загального обсягу споживання.

При цьому, $W_{можл}$ визначалися як [30]:

$$W_{можл} = N_{вод} \cdot t \quad (2.6)$$

де $N_{вод}$ - потужність водотоку, кВт; $N_{вод} = 9,81 \sum Q \cdot H$;

$\sum Q$ - сумарна витрата води, м³/год;

H - напір, м;

t - тривалість роботи підприємства на рік (при тризмінному графіку роботи - $t = 8760$ годин).

Зрозуміло, що частка витрат підприємств на електроенергію з часом буде зростати. Утилізація ж гідроенергетичного ресурсу може внести вагомий внесок у зменшення споживання електроенергії з електромережі.

Отриманий таким чином потенціал гідроенергетичної утилізації основних металургійних підприємств м. Запоріжжя наведено в таблиці 2.1. Загальні дані щодо обсягів водоспоживання і водовідведення кожного з об'єктів гідроенергетичної утилізації були отримані на основі офіційних нормативних документів, а об'єми вторинної води, придатної для гідроенергоутилізації і

можлива вироблення електричної енергії визначені шляхом ретельного обстеження обладнання вищезгаданих підприємств.

З таблиці випливає, що обсяг води, який можна використовувати як гідроенергетичний ресурс становить близько 66% від загального водоспоживання. При цьому сумарна потужність водотоку перевищує 1МВт, що цілком порівняно з потужністю гідрогенераторів, які встановлюються в руслах малих річок, а кількість виробленої електричної енергії в даному випадку досягає 9,88 млн. кВт·год на рік, вартість якої близько 7,5 млн. грн. при діючому тарифі на електроенергію для промислових підприємств.

Таблиця 2.1 - Оцінка потенціалу утилізації гідроенергетичного ресурсу підприємств

Підприємство	Об'єм води оборотного циклу		Об'єм води, придатної для гідроенергоут ілізації		Можливе вироблення електроенергії за рік $W_{м}$, кВт·г
	тис.м ³ /рік	% від загального споживання	тис.м ³ /рік	%	
ПрАТ «Запоріжсталь»	574554,3	80,4	458889,6	64	7502845
ВАТ «Дніпроспецсталь»	137992,7	86,1	116903,3	72	1911369
ВАТ «Український графіт»	12941,0	76,2	10851,4	63	211585
ВАТ «Запорізький феросплавний завод»	19365,2	78,8	15786,0	64	258100
Всього	744853,1	81,2	602430,2	66	9883899

З таблиці випливає, що обсяг води, який можна використовувати як гідроенергетичний ресурс становить близько 66% від загального водоспоживання. При цьому сумарна потужність водотоку перевищує 1МВт, що цілком порівняно з потужністю гідрогенераторів, які встановлюються в руслах

малих річок, а кількість виробленої електричної енергії в даному випадку досягає 9,88 млн. кВт·год на рік, вартість якої близько 7,5 млн. грн. при діючому тарифі на електроенергію для промислових підприємств.

В таблиці 1.7 наведено досить приблизні дані щодо потенціалу гідроенергетичних ресурсів різних галузей виробництва Запорізького регіону. Для більш точних розрахунків за об'єкт дослідження слід приймати не підприємство в цілому, а складові його цехів окремо. Потім, на основі зведених даних робиться висновок про обсяг гідроенергетичного потенціалу всього підприємства. Запропонований підхід дозволяє з достатньою точністю оцінити обсяги придатною для цих цілей води. Утилізація ж останнього може розглядатися як джерело додаткового електропостачання промислового підприємства.

2.2 Експериментальне визначення витрат вторинної води на охолодження обладнання

Теплове навантаження по кожному охолоджуваному елементу доменного цеху визначалося експериментально.

Розрахунок витрати води на технологічні потреби.

Розрахунок води на циркуляцію насосів скіпової ями:

$$d = 50 \text{ мм}; F_c = 0,002 \text{ м}^2; V_{oml} = 0,96 \text{ м/с}; n = 1;$$

$$W = 0,002 \cdot 0,96 \cdot 1 \cdot 3600 = 6,79 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахунок води гідрозатвора обертового розподільника шихти [32]:

$$d = 65 \text{ мм}; F_c = 0,0033 \text{ м}^2; V_{oml} = 1,02 \text{ м/с}; n = 1;$$

$$W = 0,0033 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot 3600 = 12,18 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахунок витрати води на пожежогасіння зливальних коробів СВО.

У зв'язку з відсутністю методики розрахунку, витрата води на змочування колошникового пилю при вивантаженні з пиловловлювача береться по досягнутому рівню експлуатації – $W = 2,0 \text{ м}^3/\text{год.}$

Розрахунок безповоротних втрат у технологічному процесі.

Втрати води на випар у бризкальному басейні, $\text{м}^3/\text{рік}$:

$$W_1 = 0,02 \cdot 58019698 = 1160394,0.$$

Втрати води на краплевинесення у бризкальному басейні, $\text{м}^3/\text{рік}$:

$$W_2 = 0,01 \cdot 58019698 = 580197,0$$

Втрати води в колошниках на гідрозатвори обертових розподільників шихти (становлять 13,3%), $\text{м}^3/\text{рік}$:

$$W_3 = 12,18 \cdot 8760 \cdot 4 \cdot 0,133 = 56763,0.$$

Втрати води в сухих пиловловлювачах на зволоження пилю (становлять 100,0%), $\text{м}^3/\text{рік}$:

$$W = 2 \cdot 8760 \cdot 4 = 70080,0.$$

Усього безповоротних втрат, $\text{м}^3/\text{рік}$:

$$W_{\text{БВ}} = 1160394,0 + 580197,0 + 56763,0 + 70080,0 = 1867434,0.$$

Продукція оборотного циклу доменного циклу становить 10%, м³/рік:

$$W_{CB} = 58019698 \cdot 0,1 = 5801970,0.$$

Розливні машини чавуну. До складу відділення входять: розливні машини; установка приготування вапняного розчину; оборотний цикл водопостачання; склад холодного чавуну. Схема водопостачання і водовідведення розливних машин чавуну представлена на рисунку 2.1.

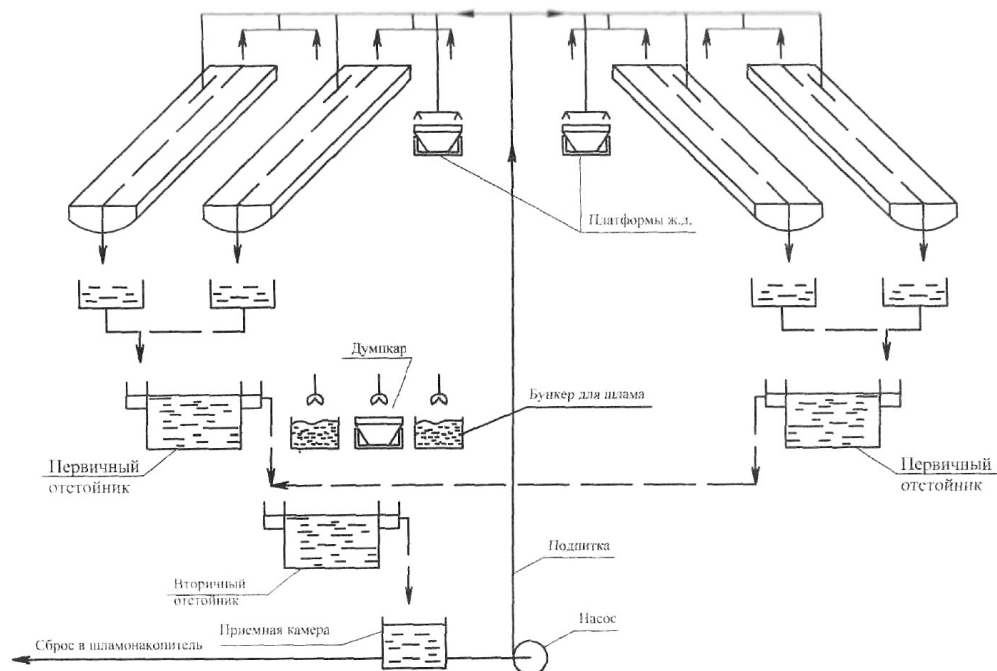


Рисунок 2.1 – Принципова схема водопостачання і водовідведення розливних машин чавуну

Розливання передільного й ливарного чавуну відбувається в мульди 4-х двострічкових розливних машин. Продуктивність розливних машин №1,2 – 50 т/год кожної, №3,4 по 62,5 т/год кожної. Швидкість руху стрічок розливних машин 9 м/хв. Вага паці чавуну до 15-18 кг.

Приготування вапняного розчину. Для запобігання розпалу мульд і приварювання до них паць чавуну, поверхню мульд оббризкують вапняним розчином. Розчин вапна виготовляється на установці й подається по трубах у бризкальні апарати розливних машин чавуну й відразу після закінчення зливу чавуну, покривають робочі поверхні мульд товщиною захисного шару 1-1,5 мм.

Оборотний цикл водопостачання. Стічні води від розливних машин чавуну, забруднені окатиною, вапном, подаються самопливом для освітління в горизонтальні відстійники. З відстійників вода надходить у насосну станцію, а потім по напірних трубопроводах на розливні машини.

Осад, що випав з відстійників вивозиться для використання на аглофабриці. Ефективність очищення - 72,4%.

Оборотна вода використовується на технологічні потреби:

- охолодження мульд верхньої й нижньої гілок конвеєра до 600 °С;
- охолодження паць чавуну у хвостовій частині стрічок;
- остаточне охолодження паць на залізнодорожних платформах до 60-70 °С.

Водоспоживання розливних машин характеризується нерівномірністю, що є наслідком неритмічності виробництва чавуну.

На 1 тону чавуну витрачається на обприскування 3 кг вапна при ефективності СаО до 80%. Обприскування мульд здійснюється 12 %-вим розчином вапна.

Годинна витрата води складе:

$$\text{На РМ-1, 2 } 25 \cdot 50 = 1,25 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{На РМ-3, 4 } 25 \cdot 62,5 = 1,56 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахунок безповоротних втрат у технологічному процесі й водовідведення розливних машин доменного цеху. Для обприскування мульд розливних машин виготовляється вапняний розчин. У процесі виробництва повністю випаровується, м³/рік:

$$W_1 = 6130 + 6130 + 5903 + 5899,9 = 24062,9.$$

Віднесення води з 960-ю тоннами шламу вологістю 25% складе, м³/рік:

$$W_2 = 960 \cdot 0,25 = 240,0.$$

Втрати на випар при обприскуванні мульд, паць і на душируючій установці становлять 1,5%, м³/рік:

$$W_3 = 800175 - 0,015 = 12031,0.$$

Усього безповоротних втрат, м³/рік:

$$W_{BB} = 24062,9 + 240,0 + 12031,0 = 36333,9.$$

Продукція оборотного циклу машин доменного цеху становить 10%, м³/рік:

$$W_{CI} = 800175,0 \cdot 0,1 = 80017,5.$$

Результати розрахунку зведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Витрата води на розливні машини

Найменування споживача	PM-1,2		PM-3,4	
	Витрата води, м ³ /год	Водоспоживання, м ³ /год	Витрата води, м ³ /год	Водоспоживання, м ³ /год
1. Охолодження мульд	1,50	75,00	1,50	93,75
2. Охолодження паць чавуну	1,40	70,00	1,40	87,50
3. На душируючу установку	1,50	75,00	1,30	81,25

Шлакові відвали. Шлак від доменних печей, не призначений для одержання граншлака, вивозиться на шлакові відвали й після охолодження використовується для будівельних цілей.

Раніше пересувні тупики для шлаковозів замінені на стаціонарні із глибиною укусу 10 мм. Вивіз і розробка шлаків ведеться постійно, тому охолодження шлакових відвалів безперервне. Коли відвантаження шлаків з однієї сторони стаціонарного тупика, то з іншої сторони ведеться розробка й сортування шлаків.

Через відсутність методики розрахунку витрати води на охолодження шлаків витрата води береться по досягнутому рівню експлуатації – 2,978 м³/т.

Виробництво шлаків у відвали: 1511000 т/рік · 2,978 м³/т = 4500000 м³/рік.

Безповоротні втрати становлять 4500000 м³/рік.

Кондиціонери. У доменному цеху встановлені кондиціонери: КСА – 4 шт., КА1-25 – 3 шт., «Клімат» – 2 шт; КТА – 2 шт. Охолодження здійснюється питною водою в кількості, м³/рік:

$$W_{16} = (6 \cdot 4 + 6 \cdot 3 + 4 \cdot 2 + 6 \cdot 2) \cdot 8760 = 543120 .$$

Доменні печі. Вода на охолодження подається по двом водоводам. Розрізняють дві схеми водяного охолодження (водопостачання) доменних печей: однозонну й двохзонну. При однозонній схемі воду на всі охолоджувані елементи подають за допомогою однієї групи насосів з однаковим підвищеним напором. При двохзонній схемі піч розділена на дві зони — верхню і нижню. Воду в кожену зону подають за допомогою окремих груп насосів. До нижньої зони відносяться заплічники, горн, під, фурмена зона, крім фурм, які підключені до верхньої зони.

На доменних печах ПрАТ «Запоріжсталь» використовується однозонна схема охолодження, яка зручна в експлуатації і є більш економічною. Характеристики водотоків, що йдуть на охолодження доменних печей наведені у таблиці 2.3.

Охолодження горна й поду. Охолодження горна й поду здійснюється із чотирьох окремих пунктів керування, які розташовані на робочій площадці, що перебуває біля поддоменника. Вода, пройшовши через холодильник або групу холодильників, зливається в прийомні резервуари, розташовані на робочій площадці під колекторами.

Таблиця 2.3 – Характеристики водотоків доменних печей

Доменні печі	Витрата, м ³ /рік	Фонд терміну роботи, год	Напір, м
ДП-2	7440682,00	6122,60	10,78
ДП-3	20941893,00	8760,00	10,78
ДП-4	14295786,00	8705,00	10,78
ДП-5	15341338,00	15341338	10,78

Охолодження фурменої зони, фурмених і шлакових приладів. Від кільцевого розподільного трубопроводу, покладеного по периметрі доменної печі, воду подають до чотирьох колекторів, установлених у колон горна. Під колекторами розташовані прийомні резервуари, куди скидають воду, що пройшла через холодильні пристрої.

Охолодження запічників. При однозонному водопостачанні запічники підпитуються від розподільного кільця, що постачає воду до фурменої зони й фурмених приладів. Потім її подають до чотирьох колекторів і від них по трубках діаметром 32 мм підводять до холодильників. Зливальну воду від холодильників запічників збирають у вирви й спрямовують у зливальне кільце, розташоване по периметрі доменної печі під робочою площадкою.

Охолодження товстостінного распара й шахти. Распар і шахта мають своє розподільне кільце, у яке врізані чотири стояки, що є колекторами, які постачають воду до холодильників і пристроїв для відбору проб газу.

Таким чином був визначений гідроенергетичний потенціал заводу в цілому і зведений в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Уточнений гідроенергетичний потенціал
ПрАТ «Запоріжсталь»

Назва структурної одиниці	Можливе вироблення електроенергії за рік, тис. кВт·год
Агломераційний цех	46,4
Доменний цех	1405,7
Мартенівський цех	1145,5
Обжимний цех	49,1
ЦГПТЛ	874,4
Відділення ГП	6,5
ЦХП №1	268,0
ЦХП №3	16,2
Станція нейтралізації	0,5
Всього по основному виробництву	3812,5
ТЕЦ	3006,8
ККЦ	1435,1
Газовий цех	585,8
Ливарний цех	76,5
Копровий цех	5,3
Управління з\д транспортом	1,0
Автотранспортний цех	0,2
Цех товарів н\с	0,6
Цех водопостачання	16,6
Механічний цех	1,4
Лабораторне господарство	0,0
ОАСУП	0,4
Всього подопоміжному виробництву	5142,4
Всього по ПрАТ "Запоріжсталь"	8954,9

2.3 Розрахунок оптимальної системи гідроенергетичної утилізації

Як приклад, в якості об'єкта гідроенергетичної утилізації, був розглянутий цех графітації, який входить в склад підприємства ВАТ «Український графіт». На його території розміщується наступне обладнання: електрокальцінатори, барабани-охолоджувачі, підшипники димососів, формовочна машина, системи охолодження яких і є, в даному випадку, джерелами вторинної води з витратами від 20 до 50 м³/год. Відмітка висоти, з якої відбувається водовідведення коливається в межах 4,8 – 17,1 м. Основні характеристики об'єкта, що є вихідними для визначення оптимальної СГЕУ, зведено до таблиці 2.4.

Технічно, є можливість, зважаючи на наявність на площі цеху іншого технологічного обладнання та допоміжних споруд, розміщення центрів збору гідроресурсу лише в трьох точках. До того ж, вищезазначене устаткування відноситься, в даному випадку, до так званих «заборонених зон», тобто місць неприпустимого розташування елементів СГЕУ. Як було визначено, останнє прийнятно задавати у вигляді паралелепіпедів, найбільш простий аналітичний опис яких являє собою сигнатурна функція. На плані цеху місця неприпустимого розміщення елементів системи, що проектується, задаються наступним чином: $x_{\gamma}(x_{\gamma \min} \dots x_{\gamma \max})$; $y_{\gamma}(y_{\gamma \min} \dots y_{\gamma \max})$; $z_{\gamma}(z_{\gamma \min} \dots z_{\gamma \max})$.

При цьому, характеристики оптимальної СГЕУ на першому етапі розраховувалися на умовно постійне максимальне значення витрати, тобто без врахування динаміки потоку, що значно спрощує алгоритм. Так, згідно з останнім, для об'єкта, що розглядається, визначаються всі можливі комбінації об'єднання джерел вторинної води з центрами збору. В даному випадку, загальна їх кількість буде дорівнювати (3.12):

$$r = 3^{18} = 387420489.$$

Таблиця 2.4 - Характеристики джерел вторинної води

Джерело води	Координати джерел вторинної води, $(x, y, z)_k$, М	Гранична витрата, Q_{kmax} , $м^3/с$	Напір, м	Координати центрів збору, $(x, y)_p$, М
Турбо - компресори	23,5;55;19 36,5;55; 19 49,5;55; 19 62,5;55; 19 75,5;55; 19 88,5;55; 19	1350	7,1	105;55
Турбо-конденсатори	21,75;41,5;6 34,75;41,5;6 47,75;41,5;6 60,75;41,5;6 73,75;41,5;6 86,75;41,5;6	1230	5	95;32
Колонки електролізу	65;28;11	200	10	
Підшипник и димососів	108;26;6 108;23;6 108;20,5;6 108;17,5;6 108;14; 6	28,8	4,8	25;10

Після відсіювання варіантів, які не відповідають вимогам щодо їх довжини $p=1, q$ кількість останніх зменшилася.

Для першої комбінації $c_k=1$ розподілення джерел по центрах збору відбулося наступним чином:

ЦЗ №1 – турбокомпресори;

ЦЗ №2 – турбоконденсатори, колонки електролізерів, підшипники димососів;

ЦЗ №3 – джерела відсутні.

Розрахунок необхідного діаметра трубопроводу від електрокальцінаторів №1-6 до ЦЗ №1 для забезпечення необхідної пропускної спроможності проводиться так, м:

$$d_{11} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1350}{3600 \cdot \pi \cdot 1,25}} = 0,812 \text{ м.}$$

Виходячи із величини d_{11} з номенклатури стандартних діаметрів трубопроводів (табл. 1.9) вибирається найближчий більший, тобто $d_{11cm} = 0,82 \text{ м}$.

Наступним кроком є визначення відстані $l_{кр}$ між джерелами і центрами збору за їх заданими координатами. Для цього, згідно з розробленим в [33] алгоритмом простір цеху розбивається на куби із загальною кількістю вузлів в їх вершинах (точки пролягання траси):

$$n = \left(\frac{115}{\Delta} + 1\right) \cdot \left(\frac{60}{\Delta} + 1\right) \cdot \left(\frac{22}{\Delta} + 1\right) = 162748,$$

де Δ - крок зміни координат (вибирається довільно в залежності від прийнятої точності розрахунків. Для задачі, що розглядається, приймаємо $\Delta = 1 \text{ м}$). Множина шляхів можливого пролягання трас трубопроводів, що проходять через отримані таким чином вузли, генерується на наступному кроці. В результаті відсіювання маршрутів, точки яких належать забороненим зонам розташування j -го обладнання СГЕУ із застосуванням сигнатурної функції, визначено, що найкоротшим з них є шлях довжиною 83,7 м.

Ухил водовідвідної мережі обчислюється за формулою:

$$i_{II} = 1/325 = 0,0031.$$

Потім визначаються характеристики потоку рідини в трубопроводі.
Швидкість руху води, м/с:

$$v_k = 52,26 \cdot \sqrt{\left(\frac{0,325}{4}\right) \cdot 0,0031} = 0,83.$$

При $0,1 < R < 3$ м:

$$C = \frac{1}{0,013} \cdot \left(\frac{0,325}{4}\right)^{0,154} = 52,26,$$

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{0,013} - 0,13 - 0,75 \cdot \frac{0,325}{4} \cdot (\sqrt{0,013} - 0,1) = 0,154.$$

Загальні втрати напору в трубопроводі складаються з місцевих та лінійних втрат, м:

$$H_{втр} = 0,26 + 6 \cdot 0,018 = 0,37.$$

Де втрати напору по довжині трубопроводу визначаються за формулою, м:

$$H_{lII} = \frac{0,83^2}{52,26^2 \cdot (0,325/4)} \cdot 83,7 = 0,26.$$

При гідравлічному розрахунку як напірних, так і самопливних мереж слід враховувати місцеві втрати напору в колінах, відводах засувках і т.д., які визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха [34,35], м:

$$h_m = 0,5 \cdot \frac{0,83^2}{2 \cdot g} = 0,018.$$

Результуючий напір в центрі збору з урахуванням втрат дорівнює, м:

$$H_{emp} = 17,1 - 0,37 = 16,73.$$

Потужність водотоку джерела вторинної води $N_{кв}$, з урахуванням втрат енергії в елементах системи збору визначається за виразом, Вт:

$$N_I = \frac{9,81 \cdot 1000 \cdot 1350 \cdot 16,73}{3600} = 92676,8.$$

Потім, після визначених параметрів сумарного вторинного водотоку, що надходить в ЦЗ №1 від турбокомпресорів підбирається обладнання для гідроенергоутилізації, а саме мікро-ГЕС модульного типу. Для вищезазначених характеристик потоку вибираємо агрегат типу 100 Пр з турбіною діагонального типу. Номінальні витрати коливаються в межах 0,58-0,8 м³/с, напори 5,0 - 7,0 м, потужність 100 кВт. Енергія, що виробляється генератором останньої, визначається згідно з виразом [36-38]:

$$W_p = N_p \cdot T \cdot \mu_{рт} \cdot \mu_{рг}, \quad (2.7)$$

де T – фонд робочого часу підприємства (для трьохзмінного графіку дорівнює 8760 годин),

$\mu_{рт}$ і $\mu_{рг}$ - ККД турбіни і генератора, відповідно.

Для центру збору №1, кВт·год:

$$W_I = 92676,8 \cdot 8760 \cdot 0,86 \cdot 0,95 = 813564,6.$$

Для ЦЗ №2 отримуємо наступні техніко-економічні показники: вартість мікро-ГЕС типу 100 Пр, що застосовується для утилізації енергії сумарного водотоку з параметрами $Q_{\Sigma} = 960$ л/с і $H_{\Sigma} = 5,2$ м складає 1024000 грн. При цьому капітальні $K_{C_1} = 159746,15$ грн, і, відповідно, поточні витрати $K_{n2} = 37150,99$ грн, а річна кількість електроенергії, що виробляється дорівнює $W_2 = 834256$ кВт·год.

Собівартість електричної енергії C_{EE} , що виробляється всією СГЕУ комбінації C_K , визначається за виразом:

$$C_{EE} = K_{nc_k} / W_{c_k}, \quad (2.8)$$

де $K_{nc_k} = \sum_{p=1}^q K_{np}$ - поточні витрати,

$W = \sum_{p=1}^q W_p$ - кількість електроенергії, що виробляється за час T .

Деякі з варіантів, для яких собівартість вироблення електроенергії не перевищує встановлений тариф з мережі $C_{c_k} \leq C_m$ (для промислових підприємств станом на 01.12.2010р. – 0,74322 грн./кВт·год [39]) зведено до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Параметри обладнання оптимальної СГЕУ киснево-конверторного цеху ПрАТ «Запоріжсталь»

Центр збору / Джерело		Діаметр трубопроводу d , м	Довжина l , м	Тип мікро-ГЕС
№ 1	турбокомпресори	0,820	42,06	100Пр
№ 2	турбоконденсатори	0,78	33,84	100Пр
	колонки	0,473	76,12	
	електролізерів			
	підшипники димососів	0,219	36,29	
№ 3	нездіяний			

Передбачувані сумарні капіталовкладення в реалізацію проекту складають 2 147 312 грн. згідно з діючою на 1.12.2012 р. вартістю обладнання, робіт з монтажу і обслуговування. При цьому собівартість електроенергії 0,40 грн./кВт·год.

2.4 Дослідження ефективності модульних мікро-ГЕС

2.4.1. Визначення характеристик водотоків підприємства

Проектування систем утилізації вторинних гідроенергетичних ресурсів промислових підприємств пов'язане з проведенням комплексу складних техніко-економічних розрахунків. Залежність вищезазначених систем від технологічного процесу підприємств призводить до нестаціонарності режимів роботи обладнання для гідроенергоутилізації, наслідком чого є недостатня визначеність його розрахункових параметрів, що використовуються при проектуванні.

Як відомо, основними складовими СГЕУ є: елементи збору води у вигляді трубопроводів і саме генеруюче обладнання - турбіна та генератор, що обертається нею. Оскільки дане устаткування, зокрема, енергомодуль мікро-ГЕС, є досить дорогим, його слід вибирати таким чином, щоб уникнути недовантаженості електрогенератора. Не менш важливим є питання енергоефективності таких систем, які окрім того повинні забезпечувати економічно доцільне вироблення електричної енергії.

Кількість потенційної енергії водотоку, яку можна утилізувати, безпосередньо залежить від розосередження джерел вторинної води, що відводиться від технологічного обладнання, та конфігурації системи збору. Для створення оптимальної топології останньої необхідно синтезувати її математичну модель. Очевидно, що для цього, насамперед, необхідно визначити прогнозовані параметри результуючого потоку води, який буде поступати на гідротурбіну.

Як правило, режими споживання технічної води різні і визначаються видом технологічного процесу та самого устаткування, від якого вона відводиться. При цьому витрата рідини - процес нестационарний, оскільки параметри водотоку змінюються в залежності від ряду факторів, таких як: час доби та пори року, початкова температура рідини, послідовність в часі складових техпроцесу. Так, існують споживачі, добовий графік витрати води яких постійний і не залежить від динаміки техпроцесу, або змінюється у відповідності з жорсткою послідовністю, продиктованою виробничим циклом. Інші ж - мають випадковий (стохастичний) характер споживання. У результаті, однаковим циклом виробництва, одному і тому ж найменуванню обладнання відповідають різні величини витрат вторинної води.

Перелік обладнання цехів основного виробництва доцільно класифікувати по тому, як вони впливають на енергетичні параметри результуючого потоку вторинної води. Умовно їх можна розділити на три згадані вище типи: із незмінними в часі, стохастичними і жорстко прив'язаними до технологічного циклу витратами. Очевидно, що у випадку постійної витрати вторинної води і коли вона циклічно змінюється у часі, прогнозування параметрів водотоку не є складним завданням. Однак, при стохастичному характері водоспоживання і водовідведення, необхідна розробка більш складного математичного інструмента визначення зазначених параметрів за відомими статистичними даними, одержаними на об'єкті гідроенергетичної утилізації.

Крім того, з урахуванням конфігурації систем гідроенергетичної утилізації, що створюються, важливу роль будуть мати параметри потоку, що безпосередньо поступає на гідротурбіну. Тобто, наприклад, на вхід останньої, при єдиному центрі збору для кількох джерел вторинної води буде подаватися вже сумарний потік невизначеної витрати і напору. До того ж, необхідно враховувати, що технологічні агрегати, які, відповідно, і є джерелами води, як правило, розосереджені нерівномірно по території підприємства (цеху), по різному віддаленні від центру збору і мають відмінні один від одного габаритні розміри. Все вищеперелічене призведе до невизначеності енергетичних

характеристик реального сумарного водотоку, який для більш точного визначення енергоефективності СГЕУ потребує окремого моделювання.

Отже, звідси очевидно, що питання створення енергоефективних систем утилізації гідроенергетичних потенціалів промислових підприємств є досить складним, а вибір їх структури, визначення технічних характеристик елементів СГЕУ пов'язаний з проведенням великого обсягу взаємозалежних розрахунків. Для комплексного підходу до синтезу таких систем, необхідно, в першу чергу, розробити відповідні стохастичні генератори витрат вторинної води, що враховують специфіку і режими водоспоживання технологічних агрегатів, а також змоделювати реальний сумарний потік від кількох джерел вторинної води, що надходить на гідротурбіну мікро-ГЕС. Вищеперелічене й повинно стати основою імітаційного математичного аналогу СГЕУ, що дозволить проводити відповідні обчислювальні дослідження та розрахунки.

2.4.2 Визначення залежності енергетичних характеристик мікро-ГЕС від динаміки водотоків

Як було визначено, такі характеристики вторинного водотоку, як витрата і напір для більшості з джерел, мають динамічний характер. Тому, очевидно, останнє може вплинути на енергетичні показники обладнання, яке використовується для утилізації гідроенергетичних ресурсів промислових підприємств. До того ж, характерна особливість типової мікро-ГЕС така, що будь-яке коливання потоку впливає на параметри процесу перетворення енергії води, в тому числі змінюється коефіцієнт корисної дії, частота струму, і, відповідно, якість отриманої електроенергії [37]. ККД в даному випадку є функцією, аргументом якої виступає величина швидкості турбіни $\eta_T = f(\lambda)$

. Остання визначається за відомим виразом [38]:

$$\lambda = \frac{D}{2 \cdot v} \cdot \omega, \quad (2.9)$$

де ω - частота обертання турбіни;

D - діаметр робочого колеса; v - швидкість потоку води.

Звідси отримаємо:

$$\omega = \frac{2 \cdot \lambda \cdot v}{D}. \quad (2.10)$$

Рівняння руху турбіни з урахуванням моменту інерції мас, що обертаються, і тертя у підшипникових опорах [39]:

$$J \frac{d\omega}{dt} + f\omega = M_p - M_n, \quad (2.11)$$

де J - сумарний момент інерції турбіни і ділянки валу, що до неї відноситься,

M_p - момент тертя у підшипникових опорах турбіни і генератора,

M_n - момент навантаження, що створюється електричним генератором.

Інтегрування дозволяє отримати вираз для визначення кутової швидкості:

$$\omega = \frac{1}{J} \int (M_m - M_c) dt, \quad (2.12)$$

де M_m - момент на валу турбіни;

$M_c = M_p + M_n$ - сумарний момент опору обертанню.

Тобто, визначальним параметром, що буде впливати на енергетичні показники електрогенератора, який входить до складу енергомодуля мікро-ГЕС, буде саме кутова частота обертання валу турбіни, яка, в свою чергу, напряму залежить від швидкості руху потоку вторинної води в трубопроводах.

Відповідні математичні операції з визначення потужності водотоку при відомій величині сумарної витрати Q_{py} , де $p=\overline{1,q}$ - кількість центрів збору, проводяться для оцінки потенціалу вищезгаданої утилізації. Так, для всієї СГЕУ розраховується сумарна потужність водотоку, що дорівнює сумі потужностей N_{py} в окремих центрах збору:

$$N_{\gamma} = \sum_{p=1}^q N_{py}. \quad (2.13)$$

Енергія, що виробляється генераторами, визначається згідно з виразом:

$$W_{\gamma} = \sum_{p=1}^q W_{py}, \quad (2.14)$$

а для кожного з центрів збору вона дорівнює:

$$W_{py} = N_{py} \cdot T \cdot \mu_{tp} \cdot \mu_{gp}, \quad (2.15)$$

де T – проміжок часу, μ_{tp} і μ_{gp} - ККД турбіни і генератора, відповідно.

Відомо, що нестабільність потоку негативно впливає на роботу обладнання для гідроенергоутилізації і призводить до завищення потужності обраних генераторів і діаметрів трубопроводів, що, в свою чергу, спричиняє збільшення вартості системи гідроенергетичної утилізації взагалі. Тому для уникнення вищезгаданих наслідків необхідно впроваджувати додаткові технічні заходи, які дадуть змогу застабілізувати потік води і, відповідно, вирішити проблему не повної завантаженості обладнання, тобто вийти на максимально можливу виробничу потужність.

Отже, при визначенні енергетичних показників СГЕУ, що проектуються, нестабільність вторинного водотоку повинна обов'язково враховуватися.

Останнє дозволить більш точно визначити параметри таких систем шляхом застосування стохастичних генераторів, що моделюють реальний потік, який надходить на гідротурбіню. Очевидно, що розрахунок необхідно починати з аналізу характеру водоспоживання кожного з джерел об'єкта гідроенергетичної утилізації. Динамічний характер сумарного потоку води негативно впливає на ефективність системи гідроенергетичної утилізації, а також призводить до зменшення кількості згенерованої електричної енергії і може викликати погіршення показників її якості.

Залежність ККД мікро-ГЕС від кутової частоти обертання ω наведено на рисунку 2.2.

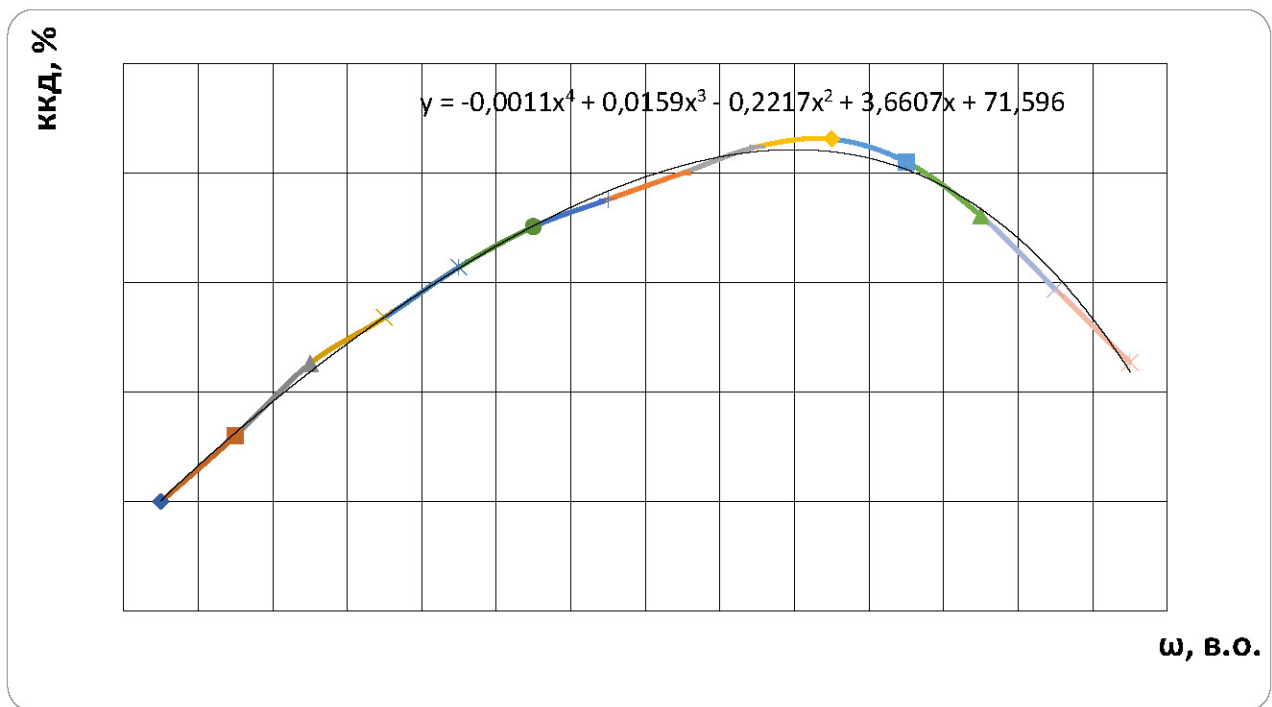


Рисунок 2.2 - Залежність ККД мікро-ГЕС від кутової частоти обертання ω

З графіку видно, що будь-яке відхилення кутової частоти обертання валу гідротурбіни від номінального значення викликає значне зниження ефективності енергомодуля мікро-ГЕС.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІЛЬНОПОТОЧНИХ МІКРО-ГЕС НА ПРАТ "ЗАПОРІЖСТАЛЬ"

3.1 Визначення вартості виробництва електричної енергії

Основними і головними економічними показниками системи утилізації гідроенергетичного ресурсу, що визначають рентабельність останньої, є собівартість електричної енергії, яка виробляється нею і термін окупності. В загальному випадку, перша величина розраховується методом визначення відношення річних затрат на виробництво електроенергії до обсягів її споживання за аналогічний період, а друга – сумарних річних витрат на прибуток від генерації електричної енергії за рік:

$$C_{EE} = \frac{B_{ze}}{W_{EE}} \quad (3.1)$$

$$T_{ок} = \frac{B_{ze}}{W_{EE} \cdot (C_m - C_{EE})} \quad (3.2)$$

де C_{EE} - собівартість електричної енергії, що виробляється,

B_{ze} - затрати виробництва за відповідний період,

W_{EE} - кількість відпущеної електроенергії,

C_m - діючий тариф на покупну електроенергію з мережі.

В свою чергу, чисельник у вищезазначених формулах може змінюватися від багатьох факторів, таких як: вартість обладнання, придатного для даного виду утилізації, вартість монтажних і пусконаладжувальних робіт; заробітна платня найманим працівникам та обслуговуючому персоналу; геометричні розміри об'єкту, для якого створюється СГЕУ, вартість проекту, тощо. Ці показники можуть коливатися з часом і, як правило, у бік їх збільшення.

Як було сказано, вітчизняних аналогів мікро-ГЕС, які б за своїми характеристиками задовольняли умовам експлуатації на території промислових підприємств, поки що не існує, а імпорتنі модулі, окрім того, що є досить дорогими, обкладаються державним ввізним митом, що робить їх використання нерентабельним. За корегування законодавства і стимулювання виробників енергетичного обладнання, ситуація, що склалася, з часом зміниться. Вже зараз декілька вищезазначених підприємств накопичили достатній науково-технічний рівень в цій галузі і, навіть, мають дослідні зразки енергоефективних агрегатів для гідроенергоутилізації. Але їх впровадження стримується саме через відсутність відповідної сфери застосування, ринків збуту і методик їх раціонального використання. Очевидно, що при наявності останніх, стане можливим масове серійне виробництво, що призведе до суттєвого здешевлення даного виду обладнання і економічної доцільності зазначеної утилізації.

Визначення оптимальної чисельності персоналу для обслуговування вищезгаданих систем також є важливим і суттєво впливає на економічні показники СГЕУ. В економічній практиці існує значна кількість методів визначення кількості працюючих, але найбільш поширеними з них є [43]:

- за трудомісткістю робіт;
- за нормами виробітку;
- за кількістю робочих місць з урахуванням норм їх обслуговування і контролю.

Обладнання для систем гідроенергетичної утилізації є досить дорогим. Значну частину вартості останнього складають засоби перетворення механічної енергії в електричну, тобто турбіни і електрогенератори із системою регулювання їх вихідних параметрів. Також, до капітальних витрат слід віднести вартість з'єднувальних трубопроводів. Дані, представлені в таблицях 3.1 і 3.2 складені за діючими на 2011 рік цінами виробників відповідного обладнання (БМУ «Запоріжстальбуд – 1» і МНТО «ІНСЕТ») і можуть бути прийняті для подальших розрахунків. Також наведений перелік може бути

доповнений і розширений іншими (новими і більш досконалыми) зразками енергетичного і допоміжного обладнання.

Таблиця 3.1 - Номенклатура, питома вартість трубопроводу з урахуванням вартості виробу і монтажних робіт

№ п/п	Діаметр трубопроводу, мм	Загальна вартість, грн./км
1	32	28309
2	38	32968
3	42	35135
4	45	39493
5	48	43582
6	51	45876
7	57	47305
8	76	51310
9	89	57743
10	108	75465
11	159	159009
12	219	311608
13	273	401543
14	325	661992
15	425	774856
16	530	929162
17	630	1049307
18	720	1139357
19	800	1152564
20	820	1176278
21	920	1221516

Таблиця 3.2 - Номенклатура і одинична вартість енергетичного модуля виробництва МНТО «ІНСЕТ»

	Тип мікро-ГЕС			
	10Пр	15Пр	50Пр	100Пр
Вартість, тис. грн.	114,576	127,596	546,84	941,6

Останнім часом, тарифи на електричну енергію стрімко зростають, особливо для промислового сектору. Так, наприклад, в 1999 році середній роздрібний тариф для промисловості за даними НКРЕ України складав 0,1268 грн/кВт·год, тоді як на грудень 2010 року – 0,74322 грн/кВт·год, тобто збільшився майже у шість разів і продовжує підвищуватися щомісячно. Така тенденція, скоріш за все, продовжиться і надалі. Очевидно, що собівартість електричної енергії, що виробляється СГЕУ, повинна бути нижчою, ніж вартість покупної з мережі. Тому, навіть, якщо на момент проектування системи утилізації гідроенергетичного ресурсу спостерігається зворотна ситуація, то через кілька місяців вона може змінитися, тобто стати сприятливою.

3.2 Розрахунок капітальних вкладень в систему гідроенергетичної утилізації

Капіталовкладення на отримання електричної енергії з наведеного водотоку ЦЗ №1 будуть складатися з витрат на енергомодуль мікро-ГЕС, з'єднуючі трубопроводи, вартість робіт з монтажу. Відповідні коефіцієнти амортизації енергетичного обладнання – 24%, трубних конструкцій – 8%. Вартість монтажних і пуско-налагоджувальних робіт, в даному випадку, складе 7,5%, а на поточний ремонт і обслуговування основних фондів - 5% від капітальних витрат. Мікро-ГЕС типу 100Пр виробництва МНТО «ІНСЕТ» коштує 941,6 тис.грн., питома вартість трубопроводу діаметром 820 мм за даними БМУ

«Запоріжстальбуд – 1» - 1176278 грн/км. Річна кількість електроенергії, що виробляється дорівнює $W_2 = 0,687$ млн. кВт · год.

Тоді, з урахуванням вищезазначеного, отримаємо, грн:

$$K_{c1} = 1176278 \cdot 83,7 \cdot 10^{-3} + 941600 = 1040054,46 .$$

Вартість робіт з монтажу і пуско-наладки, грн:

$$K_m = 1040054,46 \cdot 0,075 = 78004,08 .$$

Тоді, загальні капітальні витрати становлять, грн:

$$K_{c1} = 1040054,46 + 78004,08 = 1118058,12 .$$

Амортизаційні відрахування, грн:

$$C_a = 98454,47 \cdot 0,08 + 941600 \cdot 0,24 = 232224,64 .$$

Поточні витрати з урахуванням амортизації, грн:

$$Z_n = 232224,64 + 1118058,12 \cdot 0,05 = 288126,44 .$$

Для ЦЗ №2 отримуємо наступні техніко-економічні показники: вартість мікро-ГЕС типу 100 Пр, що застосовується для утилізації енергії сумарного водотоку з параметрами $Q_\Sigma = 1096$ л/с і $H_\Sigma = 10,78$ м складає 941600 грн. При цьому капітальні $K_{c1} = 1029042,5$ грн, і, відповідно, поточні витрати $Z_{n2} = 279873,1$ грн, а річна кількість електроенергії, що виробляється дорівнює $W_2 = 0,688$ млн. кВт · год.

Собівартість електричної енергії C_{EE} , що виробляється всією СГЕУ, визначається за виразом:

$$C_{EE} = K_{ncK} / W_{cK}, \quad (3.3)$$

де $K_{ncK} = \sum_{p=1}^q K_{np}$ - поточні витрати,

$W = \sum_{p=1}^q W_p$ - кількість електроенергії, що виробляється за час T .

Тобто, можна записати:

$$C_{c1} = \frac{288126,44 + 279873,1}{733000 + 688000} = 0,4 < C_m$$

За економічними і енергетичними показниками для об'єкта гідроенергетичної утилізації, що розглядається, визначено величину, яка відображає економічну доцільність капіталовкладень в проект. Остання, а саме вигода, розраховується за виразом: $B_i = W_i \cdot (C_m - C_i)$, де W_i - кількість електричної енергії, що виробляється генераторами i - го варіанта СГЕУ, кВт·год./рік; C_m , C_i - вартість електроенергії з мережі (для промислових підприємств станом на 1.12.2014р. – 1,26 грн./кВт·год.) і її собівартість, відповідно.

В результаті обчислювальних операцій, були визначені характеристики всіх можливих варіантів топології СГЕУ для об'єкту, що розглядається. Останні визначаються комбінаціями об'єднання джерел вторинної води з центрами збору гідроресурсу. Деякі з варіантів, для яких собівартість вироблення електроенергії не перевищує встановлений тариф з мережі $C_{ек} \leq C_m$ (для промислових підприємств станом на 01.12.2014р. – 1,26 грн./кВт·год.) зведено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 Техніко-економічні показники проектів гідроенергоутилізації для киснево-компресорного цеху ПрАТ «Запоріжсталь»

№ п/п	Вироблення електричної енергії, млн. кВт·год./рік	Собівартість електроенергії, грн./кВт·год.	Економія за рахунок гідроенергоутилізації, тис. грн./рік
1	1,401	0,4	480,9
2	1,404	0,4	481,9
3	1,408	0,4	483,3
4	1,435	0,4	487,7
5	1,427	0,41	475,5
6	1,432	0,44	434,2
7	1,418	0,46	401,6
8	1,414	0,47	386,3
9	1,422	0,51	331,6
10	1,409	0,55	272,2
11	1,426	0,58	232,8
12	1,423	0,73	18,8

Визначено, що оптимальна СГЕУ для об'єкту, що розглядається, технічно складається із джерел вторинної води 2 - 3 і 4 - 5, з'єднаних трубопроводами з центрами збору 1 і 3, відповідно (рисунки 3.1) і відповідає варіанту 4.

Основні з визначених параметрів елементів такої СГЕУ занесені до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 Параметри обладнання СГЕУ киснево-компресорного цеху ПрАТ «Запоріжсталь»

Центр збору / Джерело		Діаметр трубопроводу d , м	Довжина l , м	Тип мікро-ГЕС
№ 1	турбокомпресори	0,820	42,06	100Пр
№ 2	турбоконденсатори	0,78	33,84	100Пр
	колонки електролізерів	0,473	76,12	
	підшипники димососів	0,219	36,29	
№ 3	незадіяний			

Передбачувані сумарні капіталовкладення в реалізацію проекту складають 2 147 312 грн. згідно з діючою на 1.12.2014 р. вартістю обладнання, робіт з монтажу і обслуговування. При цьому, чиста вигода складе близько 487,7 тис. грн. на рік при собівартості електроенергії 0,40 грн./кВт·год.

3.3 Визначення техніко-економічних показників впровадження системи гідроенергетичної утилізації

Оскільки, вищезазначені системи утилізації на основі модульних мікро-ГЕС не потребують суттєвих витрат часу і робочої сили на їх поточне обслуговування, то при встановленні останніх на території промислових

підприємств, їх надійна експлуатація може забезпечуватися внутрішнім персоналом без залучення додаткової штатної одиниці цієї ж організації. При цьому, всередині останньої відбувається лише перерозподіл обов'язків між співробітниками без збільшення витрат на заробітну платню.

Остаточний висновок щодо доцільності впровадження таких систем слід робити на основі основних показників ефективності останніх, таких як: собівартість електричної енергії, що вироблятиметься, термін окупності і економія коштів внаслідок реалізації проекту. Параметри систем, що порівнюватимуться будуть суттєво відрізнятися і їх необхідно визначати окремо, шляхом постановки і вирішення оптимізаційних задач.

Кількість електричної енергії W_p , що виробляється мікро-ГЕС в p -му центрі збору впродовж часу T , очевидно, буде визначатися як сума відповідних енергій $W_{p\gamma}$ за проміжки t_γ , тобто:

$$W_p = \sum_{\gamma=1}^L W_{p\gamma}. \quad (3.4)$$

Загальне вироблення електричної енергії для об'єкта гідроенергетичної утилізації визначається за виразом:

$$W = \sum_{p=1}^q W_p. \quad (3.5)$$

де q - кількість центрів збору гідроресурсів.

Тоді, виходячи з вищезазначеного, собівартість електроенергії дорівнює, грн/кВт·год:

$$C_{EE} = \frac{K_{нск}}{W}. \quad (3.6)$$

Розрахунок ефективності вкладень в реалізацію СГЕУ і терміну її окупності виконуємо наступним чином:

економія за рахунок вироблення власної електроенергії, тобто річна вигода, буде визначатися як, млн.грн/рік :

$$B_E = W_p \cdot (C_m - C_{EE}) \quad (3.7)$$

- розрахунковий коефіцієнт ефективності капіталовкладень [113-115]:

$$E_p = \frac{B_E}{K_{C_k}} \quad (3.8)$$

а термін їх окупності, років:

$$T_{ок} = \frac{K_{C_k}}{B_E} \quad (3.9)$$

Визначаємо кількість електричної енергії, що генерується за прийнятий термін експлуатації обладнання n років), млн.кВт · год :

$$W_{20} = W_p \cdot n \quad (3.10)$$

Економія ж за рахунок вироблення такої кількості власної електроенергії за весь термін експлуатації, млн.грн :

$$B_{E_{20}} = n \cdot B_E \quad (3.11)$$

Проведемо розрахунок техніко-економічних показників системи гідроенергетичної утилізації вторинних водотоків для доменного цеху ПрАТ «Запоріжсталь». Вихідні дані для відповідних обчислень наведені раніше.

Було визначено, що для об'єкта, який розглядається, річна величина $W = 2,46$ млн. кВт·год. При цьому капітальні вкладення в систему складають $K_{c_x} = 9,15$ млн. грн., поточні на обслуговування і амортизаційні відрахування основних фондів - $З = 2,02$ млн. грн. Отже, собівартість електроенергії в такому разі дорівнює:

$$C_{EE} = 2,02 \cdot 10^6 / 2,46 \cdot 10^6 = 0,82 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}.$$

Для того, щоб зробити висновок щодо доцільності впровадження оптимальної СГЕУ, необхідно визначити ряд техніко-економічних показників, а саме: річну вигоду від реалізації проекту, ефективність вкладень і термін її окупності. Перший з останніх, для об'єкта, що розглядається, буде дорівнювати:

$$B_E = 2,46 \cdot 1,26 = 3,1 \text{ млн.грн/рік}.$$

- коефіцієнт ефективності капіталовкладень:

$$E_p = \frac{3,1}{9,15} = 0,34.$$

термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = \frac{9,15}{3,1} = 2,95 \text{ років}.$$

Кількість електричної енергії, що генерується за прийнятий термін експлуатації обладнання, наприклад $n = 20$ років):

$$W_{20} = 2,46 \cdot 20 = 49,2 \text{ млн.кВт} \cdot \text{год.}$$

Економія, тобто вигода від вироблення такої кількості власної електроенергії за весь прийнятий термін:

$$B_{E_{20}} = 20 \cdot 3,1 = 62 \text{ млн.грн.}$$

Техніко-економічні показники СГЕУ зводяться в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 - Показники ефективності впровадження СГЕУ

Економічні показники	Значення
Капітальні витрати, <i>млн.грн</i>	9,15
Кількість виробленої ЕЕ за весь термін експлуатації, <i>млн.кВт · год</i>	49,2
Економічний ефект, <i>млн.грн</i>	3,1
Собівартість ЕЕ, <i>грн</i>	0,82
Ефективність капіталовкладень	0,34
Термін окупності, <i>років</i>	2,95

Економічні розрахунки системи утилізації гідроенергетичних ресурсів промислових підприємств показало, що СГЕУ сумарна вигода за весь період експлуатації (20 років) склала у найбільш вигідному варіанті більше 62 млн. грн. Строк окупності СГЕУ, розрахований за цінами на обладнання 2014 року коливається в межах від 3 до 5 років, що не перевищує нормативний.

Техніко-економічні показники впровадження вільнопоточних мікро-ГЕС різних заводів-виробників зведено до таблиці 3.6. Відповідне графічне представлення табличних даних наведено на рисунках 3.1, 3.2.

Таблиця 3.6 - Техніко-економічні показники впровадження модульних мікро-ГЕС в умовах ПрАТ «Запоріжсталь»

Економічні показники	Значення		
	МНТО "ІНСЕТ"	ВАТ "ТУРБОАТОМ"	Flugt
Капітальні витрати, млн. грн.	9,15	7,945	25,811
Кількість виробленої ЕЕ за весь термін експлуатації, млн.кВт год.	2,46	2,03	2,75
Сумарна економія, млн. грн.	3,1	2,56	3,47
Собівартість ЕЕ, грн./кВт год.	0,82	0,89	1,01
Ефективність капіталовкладень	0,34	0,32	0,13
Термін окупності, років	2,95	3,11	7,45

Зважаючи на те, що вартість електроенергії для промислових підприємств постійно збільшується, вигода від реалізації проекту гідроенергоутилізації також, відповідно, зростатиме. До того ж, прийнята для розрахунку вартість обладнання може бути змінена в сторону зменшення шляхом використання вітчизняних аналогів мікро-ГЕС, що значно скоротить шуканий термін. Отже, економічні характеристики СГЕУ можуть коливатися в значних межах в залежності від виду устаткування, що застосовується і ситуації на ринку електроенергетики.

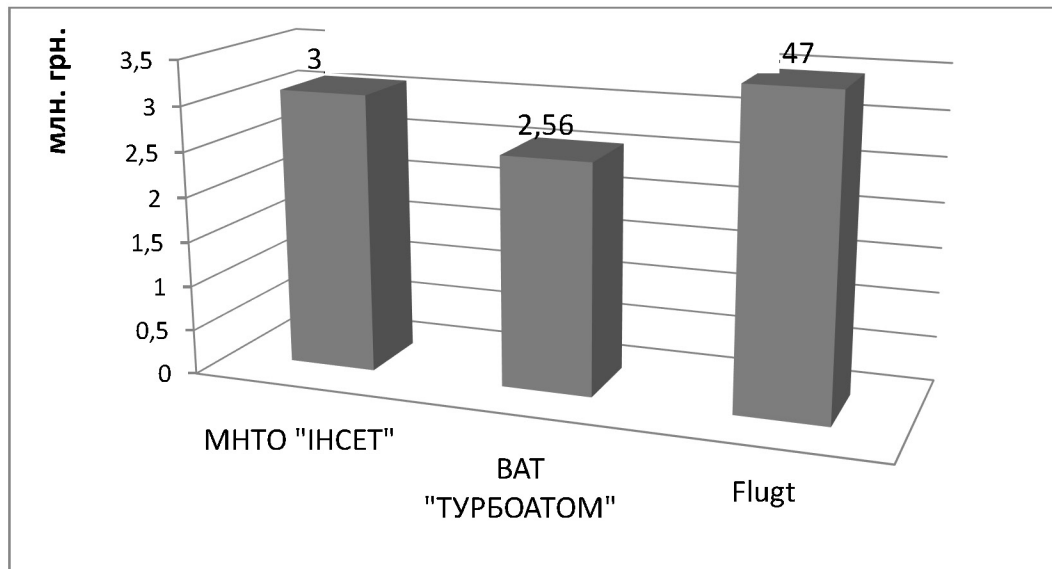


Рисунок 3.1 – Сумарна економія за проектами

Отримані в результаті розрахунків техніко-економічні показники засвідчують, що виробництво власної електричної енергії дає значну економію коштів на придбання енергоресурсів промисловими підприємствами і електроенергії зокрема. Всі запропоновані проекти виявилися економічно вигідними, бо строк окупності та коефіцієнт капітальних вкладень ледь перевищує 6 років та більше 0,15 від нормативних, відповідно. Приймаючи до уваги дотримання умови $C_{EE} \leq C_M$, останнє підтверджує економічну доцільність впровадження таких систем.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища

До складу доменного цеху комбінату «Запоріжсталь» входить: рудний двір, спільно з аглофабрикою; відділення глином'ялки; відділення розливочних машин; бункерної естакади; доменних печей з ливарними дворами; газоочисток.

Призначення рудного двору: складування й усереднення за складом шихтових матеріалів, що йдуть в агломераційне й доменне виробництво.

Відділення глином'ялки призначене для виготовлення мас для забивання чавунних і шлаковипускних отворів.

Відділення розливочних машин служить для лиття чавуну на товарні чушки (спеціальні злитки чавуну).

Бункерна естакада призначена для складування, нагромадження шихтових матеріалів і подачі їх у скіпи (спеціальні візки) і на колошник печі.

У доменному цеху в результаті особливостей технологічного процесу, що проходить з утворенням великих кількостей надлишкового тепла, інфрачервоної радіації, пилу й газів, питання створення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці здобувають особливе значення.

Доменний цех складається з: рудного двору, ливарного двору, бункерних естакад і підбункерних приміщень.

Рудний двір призначений для створення запасів руди в зимовий час, руда розвантажується вагоноперекидачем у рудну траншею, звідки мостовим грейферним краном укладається в штабель висотою до 17м. По довжині рудний двір займає весь фронт довгих печей.

Розвантаження й транспортування сирих матеріалів (коксу, руди, агломерату й т.п.) супроводжуються виділенням значних кількостей пилу в повітряний басейн рудного двору. Основними джерелами виділення пилу є розвантаження вагонів, перевантаження руди грейферними кранами, навантаження й розвантаження трансферкара. Концентрації пилу на рудному

дворі коливаються від 10 до 120 мг/м³, на бункерній естакаді - від 16 до 1000 мг/м³. Максимальних значень концентрація пилу досягає під час навантаження й вивантаження матеріалів, що порошать. Виробничий шум на рудному дворі й бункерній естакаді, як правило, не перевищує припустимих рівнів, установлених СН – 245 - 71. Вплив шуму сприймають машиністи рудного крана, вагоноперекидача, вагонотовкача, трансферкара.

Бункерні естакади - металевий, залізобетонні або змішаний тип спорудження, що складаються з ряду бункерів для зберігання оперативного запасу шихтових матеріалів. Зверху бункери перекриваються ґратами з отворами 200x200мм, через які виконується завантаження, а знизу вони обладнані затворами для вивантаження матеріалів. Споруджуються естакади уздовж фронту доменних печей із дворядним розташуванням бункерів.

Доменне виробництво нерозривно пов'язане з високими температурами, тисками з утворенням великих кількостей вибухонебезпечних і токсичних газів, рідких продуктів плавки, з пересуванням великої кількості газів і насиченістю механічним і електричним устаткуванням. По характеру робіт доменне виробництво відноситься до категорії важких робіт, більшість технологічних операцій виконуються в несприятливих кліматичних умовах виробничого середовища (висока температура, теплове випромінювання, загорошеність, загазованість, шум і вібрація).

При випуску чавуну й шлаків спостерігається підвищення змісту пилу в повітрі робочої зони. Найбільші пиловіділення 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 представлена оцінка факторів виробничого й трудового процесу горнового.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого та трудового процесу горнового

№ п/п	Чинники виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці.			Тривалість дії фактору за зміну %
				1 ступ.	2 ступ.	3 ступ.	
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	-		85
	діоксид азоту	5	7,4	1,48р			
	азоту оксиди	5	35,5			7,1р	
	сірчистий ангідрид	10	21,5	2,1р			
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³	6	23	-	3,75р	-	85
3	Вібрація (<u>загальна</u> 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 щодо захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища горнового

Проаналізувавши карту умов праці видно, що головними факторами, що впливають на здоров'я горнового, який працює в доменному цеху ПрАТ «Запоріжсталь» є фактори, що виникають у ході технологічних процесів виробництва, а саме це тепло від агрегатів.

Джерелами інтенсивних теплових випромінювань є: розплавлений чавун і шлаки, нагріта до високої температури вогнетривка футеровка внутрішнього простору печі й поверхня розплавлених шлаків, вплив яких проявляється при відкритих вікнах печі.

Робітники ливарного двору періодично піддаються впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях залежно від розмірів і температури джерел випромінювання й відстані становить 0,01...3, 6-7кВт/м².

Випуск чавуну й шлаків з печі супроводжується також виділенням значних кількостей шкідливих для організму газів і з'єднань: оксиду вуглецю, сірчастого газу, різних вуглеводнів і ціаністих з'єднань.

Джерелом виділення газів можуть бути також тріщини в кладці й кожусі доменної печі, нещільності з'єднань окремих елементів конструкцій.

У доменних цехах утворюється й виділяється у виробничі приміщення велика кількість пилу при випуску чавуну й шлаків.

Максимальне пиловиділення спостерігається у головної ринви при випуску 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.

В умовах доменного виробництва шкідливим фактором є шум. При виконанні деяких операцій виникає шум різного походження:

- механічного (рух електромостових кранів, завалочних машин) – 95 дБА;
- термічного (згоряння палив у форсуночних пристроях) – 90 дБА.

4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії

4.3.1 Мікроклімат

На умови праці горнового виявляють велику увагу характеристики мікроклімату: температура, вологість, швидкість руху повітря, теплове випромінювання. Температура повітря робочої зони становить 42°C, що перевищує норму. Температура повітря залежить від кількості явного (надлишкового) тепла.

У результаті періодичності проведення гарячих операцій мікроклімат цехів нестійкий, з параметрами що часто змінюються.

Різкі коливання температури повітря впливають на теплорегуляцію організму, знижується імунітет працюючих, порушується обмін речовин. Вологість повітря в доменних цехах низька 10 г/м у літку й 8 г/м взимку.

Фактичне 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 й кондиціювання

Внаслідок виділення великої кількості тепла надлишкового в доменному цеху (ливарний двір) потрібен значний повітрообмін, особливо в літню пору.

Вентиляція є ефективним засобом забезпечення потрібних гігієнічних якостей повітря, що відповідають вимогам Санітарних норм проектування промислових підприємств СН- 245-71.

Вентиляція досягається переміщенням повітря: забрудненого - із приміщення й свіжого - у приміщення.

По застосовуваному способу переміщення повітря розрізняють природну й механічну (штучну) вентиляцію. При змішаній вентиляції сполучається природна й механічна вентиляція в різних варіантах.

Природна загальнообмінна вентиляція проектується для: ливарного двору, доменних печей будинку повітрянагрівачів і розливної машини. При механічній вентиляції повітрообмін досягає за рахунок різниці тиску, що створюється вентилятором.

Механічна вентиляція застосовується коли тепловиділення в цеху недостатні для використання аерації на протязі року, а також якщо кількість або токсичність шкідливих речовин приміщення, що виділяється в повітря, вимагає підтримки постійного повітрообміну незалежно від зовнішніх метеорологічних умов.

Механічна вентиляція ділиться на робочу й аварійну. Робоча - на загальнообмінну й місцеву. Опалення в приміщенні відпочинку місцеве, а також є центральне опалення допоміжних приміщень. Для опалення доменного цеху й нагрівання приточного повітря використовують тепловиділення від устаткування. Основним методом боротьби з тепловиділеннями на ливарному дворі є система загальнообмінної й місцевої приточної вентиляції, а також кондиціонування повітря.

Місцева витяжна вентиляція застосовується від укриттів головної ринви, чавунних і шлакових льоток.

У доменному цеху використовується душируюча вентиляція кондиціонованим повітрям у льоток для випуску чавуну й шлаків (5 патрубків продуктивністю по 17000 м³/рік) (таблиця 4.2).

На ливарному дворі використовують накатні витяжні пристрої під ковшами для чавуну й шлаків.

Приточна вентиляція кондиціонованим повітрям на постах керування (за 3000 м³/Г).

Таблиця 4.2 – Значення прийнятих параметрів повітряного середовища 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 поза пост. робочих місць
			t° _п , °С	Відн. вологість %	Швидкість руху повітря, м/з	
			Теплий період	5520	Важка ІІІ	

Опалення виробничих приміщень варто приймати повітряне, сполучене із приточною вентиляцією. Використовується природна загально-обмінна вентиляція (аерація). Визначення загального повітрообміну по тепловиділенням.

Кількість необхідного приточного повітря (без обліку місцевих відсосів) визначається по формулі:

Тепловиділення від доменної печі визначаються по формулі:

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

де $Q_{я}$ – надлишок явної теплоти в приміщенні, $Q_{я} = 7969358,8$;

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

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

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

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

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

Температура повітря, що видаляється t_{yx} визначають за формулою, °С:

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

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

Таким чином, необхідна кількість приточного повітря, що поступає до цеху – 881077,2 м³/год.

Тепловиділення від доменної печі визначаються за формулою, Вт:

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

де t_e, t_n - температура в цеху й поверхні печі, °С;

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 поступає 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_0 - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, дорівнює 5,67 Вт/м²;

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

F - площа випромінюючої поверхні;

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

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

Тепло що поступає від металу, що остиває:

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

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

$t_{поч}$, $t_{ф}$, $t_{кін}$ - температура відповідно початкова, фазового перетворення й кінцева, °С;

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

G - маса матеріалу, 60000 кг;

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

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

Надлишкові тепловиділення визначаються як сума всіх складових, Вт:

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

Висота розташування температурного перекриття визначається з номограми, $z = 18,5$ м.

Різниця тисків, що викликає переміщення аераційного повітря через приточні й витяжні прорізи, 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 , $\gamma_{p.z}$ - питома вага відповідно навколишнього й видаляемого повітря, кг/м³ визначається:

$$\gamma = 353/T$$

$$\gamma_n = 353/293=1,2$$

$$\gamma_{p.z} = 353/315=1,12$$

$$\gamma_e = 353/320=1,1$$

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

Втрати тиску на прохід повітря через приточні прорізи:

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

де β - частка різниці тисків, що витрачається на прохід повітря через приточні прорізи, приймаємо 0,2;

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

Втрати тиску на прохід повітря через витяжні прорізи ліхтаря:

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

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

Площа приточних прорізів:

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

де ζ_1 – коефіцієнт місцевого опору приточних прорізів, дорівнює 3,5 для одинарної підвісної стулки при куті відкриття 60° .

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

Рюкіна й Ільїнського при куті відкриття стулок 55° дорівнює 7,1 (рисунок 4.1).

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

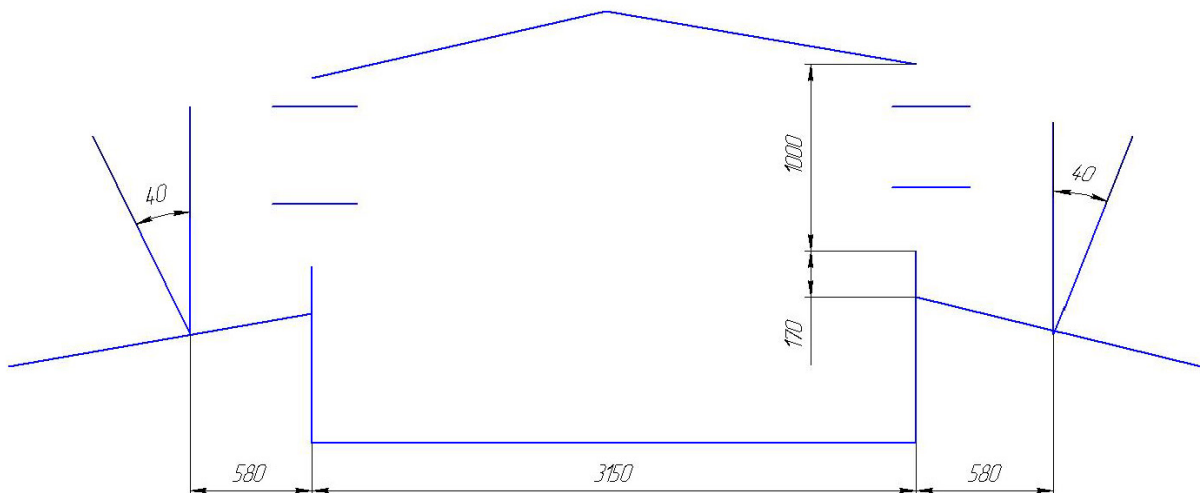


Рисунок 4.1 - Аераційний ліхтар

4.3.3 Освітлення

Природне освітлення поверхні на відкритому місці створюється прямим сонячним світлом і дифузійним світлом небозводу. Співвідношення між освітленням прямим і дифузійним світлом небозводу.

Основний показник - коефіцієнт природної освітленості (КПО) відношення природної освітленості, створюваної в деякій точці заданої площини усередині приміщення світлом неба безпосередньо або після відбиття (E_B), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості створюваної світлом повністю відкритого небозводу (E_H):

$$l = E_B / E_H \cdot 100\% . \quad (4.11)$$

$l=3\%$, 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;

m - 1,9 - коефіцієнт світлового клімату;

c - коефіцієнт сонячного клімату.

Спрощений метод розрахунку площі світлових прорізів складається у визначенні відносини площі світлових прорізів (S_o) до площі підлоги приміщення (S_n), в % при якому забезпечується нормоване значення l_n . При верхнім освітленні приміщень розрахунок виконується за формулою:

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

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 пропусцення прорізу.

$$100 S_{\phi} / S_n = 0,23 \cdot 2,62 / 1,5 \cdot 1,45 = 0,028.$$

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення ускладнює проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й захворюванню очей, а також може бути причиною нещасних випадків.

Штучне освітлення.

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

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

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

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

Коефіцієнт відбиття підлог і стін $P_n = 50\%$, $P_c = 30\%$.

Використовуються лампи накаливання НГД 127-100 (напруга на лампі 127В, потужність 100 Вт, світловий потік 1260 мм, $D = 81$ мм, $L = 125$ мм), світильник «Універсаль». УПМ: пит. потужність «Універсаль»: 16 Вт/м²; $\eta = 0,386$ - 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 найменшої освітленості до середньої, $Z=(1,1 \dots 1,2)$, лм:

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

Необхідне число 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 по першому ряді світильників при наявності робочих місць у стіни $b' = 1/3 \cdot l = 1/3 \cdot 3,1 = 1,03$ м. Відстань між крайніми рядами світильників, розташованих у протилежних стін (по ширині цеху): $C = h - 2b' = 6,2 - 2 \cdot 1,03 = 4,14$. Кількість рядів світильників 12 шт, по 23 світильника в ряді.

4.4 Захисні заходи з електробезпеки

Для забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу і нормальної роботи систем РЗА, ПА і АСУ ТП виконується захисне і робоче заземлення пристроїв цих систем згідно з вимогами ПУЕ.

Рекомендується кабельні лінії різного призначення прокладати по різних трасах, виконуючи з'єднання кабелів горизонтальними заземлювачами. Металеві оболонки і броня кабелів повинні заземлюватись в місці вводу в будівлю релейного щита ,а також в місцях кінцевого розділення кабелів. Металеві коробки, по яких прокладаються кабелі слід заземлювати через 5-10 метрів.

Для кіл міжмашинного обміну повинні застосовуватись тільки екрановані симетричні кабелі. Ці кабелі повинні прокладатись на якомога більшій відстані від силових кіл.

Взагалі, в залежності, від характеру діяння ЕМВ на лінії зв'язку і підімкнену до них релейну апаратуру можуть бути рекомендовані наступні способи захисту:

- застосування дводротових симетричних ліній зв'язку, добре ізольованих між собою та від землі;
- виключення застосування однодротових зовнішніх ліній зв'язку;
- екранування підземних кабелів з мідною, алюмінієвою, свинцевою оболонкою або прокладання їх в сталевих конструкціях, трубах;
- електромагнітне екранування блоків та вузлів апаратури;
- використання різного роду захисних вхідних пристроїв і грозозахисних засобів (троси, заземлюючі контури і т. ін.).

Як заходи захисту від прямого дотику застосовані: ізоляція струмоведучих частин; огороження і оболонки; бар'єри; розміщення поза зоною досяжності. Як заходи захисту у разі непрямого дотику застосовані: Автоматичне відключення живлення; ізолювальні зони; система зрівнювання потенціалів; електричне відокремлення кіл.

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

Струмоведучі частини повністю покриті ізоляцією, яка може бути усунена тільки шляхом руйнування. Ізоляція струмоведучих частин електрообладнання

повинна відповідати стандартам або технічним умовам на це електрообладнання. Струмopровідні частини електрообладнання і ошиновка 1 кВ знаходяться поза зоною досяжності на висоті не менше 3,2 м від рівня землі.

Для електрообладнання, яке може зберігати електричний заряд після відключення (наприклад, конденсатори), для запобігання дотику до нього повинен бути виконаний попереджувальний напис. Перед дотиком до струмоведучих частин відключених конденсаторних батарей необхідно провести додатковий розряд замиканням висновків накоротко і на корпус металевою шиною з заземлювальним провідником, укріпленої на ізолюючій штанзі.

Для забезпечення автоматичного відключення живлення необхідно виконати систему заземлення і основну систему зрівнювання потенціалів, а також забезпечити координацію характеристик захисних пристроїв, які здійснюють це відключення.

4.5 Пожежна безпека

Проект розроблений у суворій відповідності з ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Несучі та огорожувальні конструкції виконані з негорючих матеріалів. Приміщення належать до II ступеня вогнестійкості і мають евакуаційні виходи безпосередньо назовні або через тамбури згідно з п.5.13 та п.5.12 ДБН В.1.1.7-2002.

Ширина евакуаційних шляхів виконана відповідно до п.5.28 ДБН В.1.1-7-2006. Евакуаційні виходи з будівель виконані у відповідності до вимог п.5.9 та п.5.18 ДБН В.1.1.7-2006. Для запобігання розтікання масла з маслоснаповненого обладнання та розповсюдження пожежі при їх пошкодженні проектом передбачені маслоприймач, масловідводи і маслозбірник заглибленого типу об'ємом 2,5м³.

Таблиця 4.1 – Первинні засоби вогнегасіння в доменному цеху

Найменування Споруди	Найменування та тип засобів вогнегасіння	Кіл-сть шт.
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

Таблиця 4.2 – Категорія виробництва за пожежо - і вибухонебезпечністю

Найменування вузлів і допоміжних споруд	Категорія виробництва за СНиП	Характеристика будівельних конструкцій	Клас приміщення за ПУЭ
Вузол установки електро-обладнання	В Пожежонебезпечне. В елементах РУ наявне масло з температурою возгорання 135 °С	Незгоряємі (залізобетонні і сталеві)	П1
РУ – 6 кВ	Г	Незгоряємі (із збірного залізобетону і сталі)	-
РУ – 1 кВ	В	Незгоряємі (з елементів БМЗ)	П1
ЗПК	Г	Незгоряємі (з елементів БМЗ)	-
Кабельні канали	В	Незгораємі конструкції	П1

Металеві конструкції запроектовані відповідно до вимог СНиП II-23-81, СНиП 2.01.07-85. Марки сталі, прийняті в залежності від групи конструкцій. Всі заводські з'єднання металоконструкцій прийняті зварні, монтажні - зварні та на болтах нормальної та грубої точності. Для забезпечення необхідної вогнестійкості всі металоконструкції покриваються емалевими складами по ґрунтованій поверхні. Таким чином, вимоги щодо пожежної безпеки відповідають нормам.

Прийнятий обсяг протипожежних заходів забезпечує вимоги ГОСТ12.1.004 – 91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

4.6 Засоби індивідуального захисту

Для захисту органів слуху застосовують зовнішні і внутрішні противошуми (антифони). Як зовнішні противошуми рекомендують використовувати шумозахисні навушники, які покривають вушну раковину, як внутрішні противошуми – заглушки, вкладиші, які вставляють в зовнішній слуховий прохід.

Ступінь ослаблення шуму залежить від конструкції противошуму і частоти. Заглушки послаблюють шум на 5-7 дБ при частотах до 500 Гц і на 15 дБ при частотах понад 3000 Гц. Протишуми конструкції МІОТ послаблюють шум до 8 дБ при частотах до 500 Гц і до 55 дБ при частотах 5000-7000 Гц.

Для захисту від низькочастотних шумів придатні заглушки – кліпси, які представляють собою гумові пробочки з плоскою торцевою поверхнею, які закріплені на обідку з сталевого дроту, що пружинить, діаметром 1,5-2 мм. Для захисту від тепловиділень на об'єкті застосовують щільні матеріали з тканини, а також захисні рукавички.

Для захисту органів дихання використовують фільтр типу «тюльпан». Інших засобів індивідуального захисту не передбачається.

4.7 Розробка заходів захисту від тепловиділень

Розрахунок аерації пічного прольоту.

Оскільки в цеху температура повітря досягає 40 °С і запиленість повітря перевищує нормативне значення у $G_{\phi} \setminus G_n = 23 \setminus 6 = 3,75$ рази, необхідно застосовувати загальнообмінну вентиляцію. Для цього в цеху влаштовують аераційні ліхтарі.

Кількість теплоти, що виділяється в цеху від печі:

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

де T_e – температура печі, К;

F_n – площа печі, м².

$$Q_1 = \left\{ 2.2 \cdot \left(\frac{973}{10} + 32 \right)^{5/4} + \left[\left(\frac{973}{1000} + 3,23 \right)^4 - 2,91 \right] \right\} 1,163 \cdot 32,8 = 48384 \text{ Вт}$$

Тепловиділення від сонячної радіації через світлові прорізи:

$$Q_2 = 9653 \cdot F_c, \quad (4.16)$$

де F_c – площа світових прорізів, м².

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

Втрати теплоти через зовнішні огради у межах робочої зони:

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

де $F_{\text{б.с.}}$ – площа бокових стін цеху, м².

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

Кількість теплоти, яке виділяється у цеху від різних джерел:

$$Q = \sum Q_i = Q_1 + Q_2. \quad (4.18)$$

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

Кількість повітря, необхідного для асиміляції надлишкових тепловиділень:

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

де α – коефіцієнт, що враховує висоту розташування припливних отворів;
 m – коефіцієнт, що враховує вплив площі, займаної тепловиділяючим обладнанням.

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

Визначивши кількість повітря G , необхідного для асиміляції надлишкових теплових виділень в цеху, можна розрахувати площі припливних $F_{пр}$ і витяжних $F_{вит}$ прорізів цеху:

- щільності видаляється і зовнішнього повітря

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

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

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

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

- відстань від нейтральної зони до центрів припливних та витяжних прорізів:

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

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

$$h_n = H_1 + h_e. \quad (4.23)$$

$$h_n = 2 + 1,22 = 3,22 \text{ м.}$$

- площі припливних та витяжних прорізів

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

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

У цеху для загальнообмінної вентиляції застосуємо П-образні аераційні ліхтарі з вітробойними щитками [44].

Розрахунок теплоізоляції поста управління. Необхідно вибрати і визначити кількість екранів, які будуть захищати пульт управління від тепла в цеху з відкритою феросплавної піччю.

Температура стінки $t_1 = 40^\circ\text{C}$, температура повітря $t_2 = 23^\circ\text{C}$. Пост керування викладений цеглою. Ступінь чорноти $E_n = 0,85$. Потрібно забрати всередині поста температуру не більше 26°C .

$$T_u = 273 + 40 = 313 \text{ К};$$

$$T_e = 273 + 23 = 296 \text{ К};$$

$$T_s = 273 + 26 = 299 \text{ К}.$$

Визначаємо ступінь екранізації:

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

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

Вибираємо екран з альфоля, ступінь чорноти якого $E_a = 0,37$. Тоді наведені ступені чорноти будуть:

1) між альфолем і цегляною стіною [45]:

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

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

2) між альфолем і повітрям, для якого можна прийняти $E_e = 0,82$.

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

Визначаємо число екранів [46]:

$$n = \frac{1 - \left(\frac{T_e}{T_u}\right)^4}{\frac{1}{\mu^4} - \left(\frac{T_e}{T_u}\right)^4} \cdot \frac{E_{уз}}{E_{ue}} - 1 . \quad (4.27)$$

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

Отже, необхідно використовувати чотири шари з альфоля, щоб забезпечити температуру всередині поста управління в межах 26°C. Пульт управління також має кондиціонер для створення мікроклімату з оптимальними умовами праці всередині нього.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі визначені техніко-економічні показники впровадження вільнопоточних мікро-ГЕС в умовах ПрАТ «Запоріжсталь» на основі аналізу його водотоків і уточнено величину гідроенергетичного потенціалу заводу, який складає близько 9 млн. кВт·год на рік.

Для визначення гідроенергетичного потенціалу оборотних циклів заводу використовувався інструментарій, розроблений кафедрою енергетичного менеджменту. Крім того, слід також враховувати потенціал скидної води, який може суттєво підвищити енергоефективність підприємства в цілому.

Крім того, характеристики скидного вторинного водотоку, такі як витрата і напір для більшості з джерел, мають динамічний характер. До того ж, будь-яке коливання потоку впливає на процес перетворення типовою мікро-ГЕС енергії води, в першу чергу змінюється коефіцієнт корисної дії гідротурбіни.

Тому, для мікро-ГЕС, що за проектом встановлюються на зазначений водотік, розрахунковим експериментом було визначено залежність ККД від параметрів потоку скидної вторинної води. Завдяки отриманій кривій можливо більш точно визначати енергетичні характеристики енергомодуля мікро-ГЕС за змінної частоти обертання.

В роботі, для прогнозування величини витрати скидної води створено відповідний математичний апарат, який враховує її коливання відповідно до закону її розподілу. Моделювання потоку скидної води може бути здійснено на основі статистичних даних, отриманих шляхом відповідних вимірювань.

Оброблені дані вимірів витрати скидної води, за якими побудований відповідний графік розподілу налічує 1440 замірів із періодичністю 0,5 години. Експериментальні спостереження за витратою найбільш точно описуються біноміальним законом розподілу.

Економічні розрахунки варіантів запропонованої системи утилізації з енергомодулями різних виробників показало, що сумарна економія за рахунок

вироблення власної електричної енергії у найбільш вигідному варіанті складе близько 3,1 млн. грн. на рік. Передбачувані сумарні капіталовкладення в реалізацію проекту близько 9,15млн. грн. при собівартості електроенергії 0,82 грн./кВт·год. Строк окупності, розрахований за цінами на обладнання 2014 року складає близько 3 років, що не перевищує нормативний.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пирогов Н.Л. Вторинні ресурси: ефективність, досвід, перспективи: підручник для вищих навчальних закладів / Пирогов Н.Л., Сушін С.П., Завалко А.Г. – М. : Економіка, 1987. 326 с.
2. Петкін А.М. Економія енергетичних ресурсів: запаси та коефіцієнти ефективності. Петкін А.М. Москва, Видавництво «Енергоатоміздат», 1982. 264 с.
3. Основні методологічні положення планування використання вторинних енергетичних ресурсів / НДІ Планір. та стандартів Укр. Філ. М.: Видавництво «Енергоатоміздат», 1987. 57 с.
4. Лисієнко В.Г. Хрестоматія енергосбереження: справочник в 2-х томах. Випуск 1 / Лисієнко В.Г., Щелоков Ю.М., Ладигічев М.Г. – М. : Теплотехнік, 2006. 650 с.
5. Розенгарт Ю.І. Вторинні енергетичні ресурси чорної металургії та їх використання. Переваги / Розенгарт Ю.І. – К.: Вища школа, 1988. 457 с.
6. Старк С.Б. Теплоенергетичне господарство металургійних заводів: учебное пособие / Старк С.Б. – М. : Металургія, 1966. 354 с.
7. Михайлов В.В. Раціональне використання енергетичних ресурсів: підручник / Михайлов В.В. – К. : Техніка, 1980. 338 с.
8. Берлін З.Л. Раціональне використання вторинних енергетичних ресурсів у кольоровій металургії. Переваги Берлін З.Л. – М. : Металургія, 1972. 421 с.
9. Семененко Н.А. Організація тепловикористання та енерготехнологічного поєднання в промисловій пожежній техніці: підручник для вищих навчальних закладів / Семененко Н.А. – М. : Енергетика, 1975. 512 с.
10. Віленський Н.М. Раціональне використання вторинних енергетичних ресурсів. Переваги / Віленський Н.М. – М. : Металургізм, 1963. – 346 с.

11. Колобков П.С., Осипенко В.Д. Использование вторичных энергоресурсов черной металлургической промышленности: учебник для вузов. – К.: Техніка, 1979. – 374 с.

12. Визначення обсягів виробництва та можливого використання вторинних енергетичних ресурсів чорної металургії / Українська філія Науково-дослідного інституту планування і стандартів при Державному плановому комітеті СРСР. – Київ, 1971. 24 с.

13. Костюк В.А. Вторинні енергетичні ресурси та енергетично-технологічне поєднання. Переваги Костюк В.А. – Маріуполь : ПДТУ, 2003. 417 с.

14. Куперман Л.І. Вторинні енергетичні ресурси та енергетично-технологічне поєднання в промисловості. Переваги Куперман Л.І., Романовський С.А., Сіделковський Л.М. – 2-е вид., перероблене і доповнене – К.: Вища школа, 1986. – 303 с.

15. Симоненко Н.А. Вторинні енергетичні ресурси та енергетично-технологічне поєднання. Переваги Н.А. Симоненко, Л.І. Куперман. – К.: Вища школа, 1979. – 314 с.

16. Семененко Н.А. Вторинні енергетичні ресурси промисловості та енерготехнологічне поєднання. Переваги Семененко Н.А. – М. : Енергія, 1968. – 296 с.

17. Гольстрем В.А. Довідник з економії паливно-енергетичних ресурсів: довідкове видання / В.А. Гольстрем, Ю.Л. Кузнєцов. – К. : Техніка, 1985. 383 с..

18. Тугай А.М. Водопостачання : підручник / А.М. Тугай, В.О. Орлов. – К. : Знання, 2009. – 735 с.

19. Баланчевадзе В.І. Енергетика сьогодні і завтра. Переваги В.І. Баланчевадзе, А.І. Барановський. Москва, Видавництво «Енергоатоміздат», 1990. – 344 с.

20. Лісієнко В.Г. Хрестоматія енергозбереження: Довідник у 2-х томах. Випуск 1 / Лісієнко В.Г., Щелоков Ю.М., Ладигічев М.Г. – М. : Теплоенергетик, 2005. 234 с.

21. Промислова теплоенергетика і теплотехніка: Довідник / [ред. В.А. Григор'єва]. Москва, Видавництво «Енергоатоміздат», 1991. – 348 с.
22. Нікіфоров Б.І. Енергозбереження на металургійних підприємствах. Переваги Б.І. Нікіфоров, Г.В. Заславець. Магнітогорськ : МГТУ, 2000. 131 с.
23. Коваленко В.Л., Філобок А.А. Оцінка потенціалу використання вторинного гідроенергетичного ресурсу на прикладі металургійного підприємства] / В.Л. Коваленко, А.А. Філобок // Металургія: Наукові праці ЗДІА. – 2009. – ВІП.19. – С.23 – 25.
24. Методика розробки норм і нормативів водоспоживання і водовідведення з урахуванням якості споживаної і скиданої води в чорній металургії. – М. : МЧМ СРСР. – 1981. – 167 с.
25. 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.
26. Коваленко В.Л. Про оцінку потенціалу вторинного гідроенергетичного ресурсу підприємства. – 2009. – № 2. – С. 54 – 58.
27. Андоньєв С.М. Особенности промышленной воды: учеб. Переваги / Андоньєв С.М. – Київ: Будівельник. – 1981. – 246 с.
28. Бережінський А.І. Охолодження та очищення киснево-конвертерних газів. Переваги А.І. Бережінський, А.Ф. Циммерман. М., Укр., Металургія, 1975. – 316 с.
29. Андоньєв С.М. Випарне охолодження металургійних печей. Переваги / Андоньєв С.М. – М. : Металургія, 1970. 318 с.
30. Шейдлін А.Є. Нова енергетика: учебний. Переваги / Шейдлін А.Є. – М. : Наука. 1987. – 463 с. : іл.
31. Самойленко Є.Г. Гідроенергетичне обладнання гідро- і гідроакумуючих електростанцій. Ч. I. Основи теорії гідромашин : навч. посіб. / Є.Г. Самойленко. – З. : ЗДІА, 1999. – 104 с.

32. Віхорев Ю.О. Перспективи використання енергії водотоків технічних систем водопостачання і водовідведення / Ю.О. Віхорев, А.П. Ільяшенко // Проблеми загальної енергетики. – 2002. – № 7. – С. 29 – 33.
33. Васько П.Ф. Оцінка гідроенергетичного потенціалу водосховищ водогосподарського призначення на території України / П.Ф. Васько, Ю.О. Віхорев, Д.Ф. Озорін, В.П. Карев // Відновлювана енергетика. – 2009. – № 3. – С. 45 – 48.
34. Лабейш В.Г. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії. Переваги Лабейш В.Г. – Санкт-Петербург. : ДТУ, 2003. 79 с.
35. Качан Ю.Г. Основи енергозбереження. Конспект лекцій для студентів усіх форм навчання спеціальності 7.000008 «Енергетичний менеджмент» / Качан Ю.Г. – Запоріжжя : ЗГІА, 2005. – 184 с.
36. Обрезкова В.І. Гідроенергетика / [за редакцією В.І. Обрезкової]. – М. : Енергоіздат, 1981. – 608 с.
37. Непорожнього П.С. Гідроенергетика та комплексне використання водних ресурсів. Переваги [за редакцією П. С. Непорожнього]. Москва, Видавництво «Енергоіздат», 1982. 559 с.
38. Юдасін Л.С. Енергетика: проблеми і надії. Переваги / Юдасін Л.С. – М. : Просвещение, 1990. 207 с.
39. Кожевнікова Е.М., Орлов В.Т. Методичні вказівки щодо виконання курсової та розрахунково-графічної роботи з курсу гідравліки. Ленінград: Издание ЛПП ім. М. І. Калініна, 1985. 48 с.
40. Вербицький А.С. Інтегральні функції розподілу водовідведення. Інженерне забезпечення будівництва / А.С. Вербицький, А.Л. Лякмунд Expressinformation. М.: ВНИИС, 1986. – Вип. No 2. 210 с.
41. ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».
42. СНиП 3.05.06-85 - «Електротехнічні пристрої».
43. ДСТУ 2339-94 - «Енергозбереження. Основні положення ».
44. ГКД 341.004.001-94 - «Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750кВ».