МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти бакалаверський
(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Підвищення енергоефективності заводу запасних частин»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1412-с
Курбатов Андрій Олександрович
(ПІБ)

спеціальності
141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма
Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

Керівник Прихно В.Л.
(прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти бакалаверський
(перший (бакалаврський) рівень)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

Спеціалізація -
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Коваленко В.Л.
"_" _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ
«БАКАЛАВР»
Курбатов Андрій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Підвищення енергоефективності заводу запасних частин»
керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Прихно Валерія Леонідовна, старший викладач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від " 27 " грудня 2025 року № 2029 - с
2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи бакалавра 10.06.2025р.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи бакалавра: існуючий стан енергоспоживання заводу запасних частин .

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) вступ, актуальність підвищення енергоефективності промислових, значення енергоефективності у сучасному промисловому, правова бази України у галузі енергозбереження, сучасні підходи до

підвищення енергоефективності, аналіз існуючого стану енергоспоживання об'єкту що споживається, вихідні дані для аналізу, методика енергетичного аудиту, основні втрати енергії на підприємстві, оцінка потенціалу енергозбереження об'єкту, оцінка потенціалу енергозбереження об'єкту, комплексної програма енергоефективності об'єкту, робота електроприводів різних агрегатів, впровадження автоматизована система контролю та обліку електроенергії (АСУЕ), модернізації системи освітлення, можливість використання альтернативних джерел енергії, оцінка економічного ефекту від впровадження заходів з енергоефективності, оцінка екологічного стану та розробка рекомендації що до мінімізації шкідливих факторів, висновки, список використаних джерел, додатки

5. Перелік графічного матеріалу Однолінійна схема РП-10 кВ із секціонованими шинами та підключенням силових трансформаторів ТМ-1600/10/0,4 після модернізації. План виробничої дільниці з розміщенням верстатів і прокладанням шинопроводів 0,4 кВ після модернізації. Однолінійна схема ЗРУ-10 кВ після модернізації із живленням КТП-1…КТП-5 та секційними ВРС-10-20/630. План кабельних трас 10 кВ/0,4 кВ. Однолінійна схема розподільних щитів управління ЩСУ-1 і ЩСУ-2 із переліком відходящих кабельних ліній 0,4 кВ (після модернізації).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи бакалавра:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
1	Прихно В. Л, старший викладач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем	27.12.2024
2	Прихно В. Л, старший викладач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем	
3	Прихно В. Л, старший викладач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем	
4	Прихно В. Л, старший викладач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем	
5	Прихно В. Л, старший викладач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем	
6	Прихно В. Л, старший викладач кафедри електричної інженерії та кіберфізичних систем	

7. Дата видачі завдання 27.12.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів каліфікаційної роботи бакалавра	Примітка
1	Коротка характеристика об'єкту що досліджується	01.01 – 22.01	Виконано
2	Обгрунтування не обхідності розробки і провадження комплексної програми енергоефективності для заводу запасних частин	22.01 – 08.02	Виконано
3	Розробка енергозберегаючих заходів для промислового підприємства	9.02 – 02.03	Виконано
4	Економічна оцінка доцільності впровадження енергозберегаючих заходів	04.03 – 21.03	Виконано
5	Оцінка екологічної безпеки при впровадженні енергозберигаючих заходів	23.03 – 11.04	Виконано
6	Розробка рекомендації в напрямку енергоефективності для заводу запасних частин	13.04 – 30.04	Виконано
7	Загальні висновки по роботі	01.05 – 09.06	Виконано

Здобувач вищої освіти Курбатов А.О. (підпис)
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Прихно В.Л.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль здійснив Башлій С.В. (підпис)
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Курбатов Андрій Олександрович. Підвищення енергоефективності заводу запасних частин. Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», науковий керівник: Прихно В. Л. Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ,кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2025.

Кваліфікаційна робота містить 88 сторінок; 12 рисунків; 11 таблиць; 28 джерел посилань.

У роботі розглянуто питання підвищення енергоефективності промислового підприємства на прикладі заводу запасних частин. Проведено аналіз поточного енергоспоживання підприємства, виявлено основні напрямки перевитрат енергії та технічні причини втрат.

Здійснено енергоаудит основних енергоспоживаючих систем підприємства, проведено оцінку ефективності існуючого електрообладнання та освітлення. Запропоновано впровадження частотного регулювання електроприводів, модернізацію системи освітлення із застосуванням LED-технологій, встановлення автоматизованої системи енергомоніторингу (АСУЕ) та відновлюваних джерел енергії.

Проведено техніко-економічне обґрунтування впроваджених заходів. Розраховано строки окупності запропонованих рішень та визначено їх вплив на енергетичну, економічну й екологічну ефективність підприємства.

Результати дослідження можуть бути використані для реалізації програм енергозбереження на аналогічних промислових об’єктах, що дозволить знизити витрати на енергоресурси та підвищити загальну ефективність виробництва.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЗАВОД, ЕНЕРГОАУДИТ, ЧАСТОТНЕ РЕГУЛЮВАННЯ, АСУЕ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, LED ОСВІТЛЕННЯ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕЛЕКТРОПРИВІД.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ	9
1.1 Значення енергоефективності у сучасному промисловому виробництві	9
1.2 Правова бази України у галузі енергозбереження	10
1.3 Сучасні підходи до підвищення енергоефективності	12
2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ОБ'ЄКТУ ЩО СПОЖИВАЄТЬСЯ	15
2.1 Вихідні дані для аналізу	15
2.2 Методика енергетичного аудиту	16
2.3 Основні втрати енергії на підприємстві	18
2.4 Оцінка потенціалу енергозбереження об'єкту	21
3 ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТУ	23
3.1 Комплексної програма енергоефективності об'єкту	23
3.2 Робота електроприводів різних агрегатів	25
3.3 Впровадження автоматизована система контролю та обліку електроенергії (АСУЕ)	29
3.4 Модернізації системи освітлення	31
4 МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	34
5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	42
6 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩО ДО МІНІМІЗАЦІЇ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ	50
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТКИ	66

ВСТУП

Сучасний стан енергетичної галузі з точки зору втрат електричної енергії гостро порушує питання підвищення енергоефективності як усієї енергосистеми, так і окремих промислових підприємств. Промисловість споживає до 40% світових енергоресурсів і водночас створює проблеми, пов'язані з екологічною безпекою. Підприємства України є енергоємними, тому зменшення споживання енергоресурсів є необхідним як з точки зору підвищення конкурентоспроможності, так і в контексті охорони навколишнього середовища. Як зазначає Жадько, «на сучасному етапі розвитку ринкової економіки на підприємствах актуальними є проблеми енергозбереження та енергоефективності». В умовах євроінтеграції та прагнення до енергетичної незалежності України, питання енергоефективності набуває стратегічного значення. Згідно з позицією Держенергоефективності, енергоефективність є «невід'ємним компонентом енергетичної безпеки держави». Крім того, підвищення енергоефективності підприємств забезпечує значну економію витрат на виробництво й водночас зменшує викиди парникових газів, що відповідає зобов'язанням України в межах Паризької кліматичної угоди та «Європейського зеленого курсу». Отже, розроблення заходів із підвищення енергоефективності на заводі запасних частин сприятиме зміцненню його конкурентних переваг та енергетичної стійкості виробництва.

Метою даної роботи є дослідження діяльності заводу запасних частин з точки зору ефективності використання енергетичних ресурсів, а також розробка практичних рекомендацій щодо підвищення енергоефективності виробництва. Для цього необхідно:

- проаналізувати рівень енергоефективності на підприємстві;
- дослідити дотримання чинної нормативно-правової бази у сфері енергозбереження;
- оцінити наявні технології та організаційні підходи до підвищення енергоефективності.

промислових підприємств, взяти до уваги із закордонний досвід цього напрямку, розробити конкретні пропозиції для підвищення енергоефективності даного підприємства.

У роботі буде застосований: системний аналіз існуючого виробництва, проведен енергоаудит, використанні методи прогнозування, запропонування заходи повинні (для виявлення логічних зв’язків між енергоспоживанням та виробничими характеристиками), методи синтезу (для формування загальної концепції підвищення енергоефективності), енергоаудит (для оцінки поточного рівня енергоспоживання), порівняльний аналіз (порівняння світових практик), статистико-економічне моделювання (для кількісного оцінювання економічного ефекту заходів). Також застосовані методи експертних оцінок та прогнозування з метою визначення найбільш перспективних рішень.

Практична значимість роботи. Запропоновані заходи повинні сприяти з підвищення реальному підвищенню енергоефективно , а також гарантувати економічні вигоди підприємству. Дуже важливим щоб розглянуті методи сприяли покращенню екологічних характеристик. Стійкі економічні вигоди заводу: зменшать витрати на паливно-енергетичні ресурси та експлуатацію обладнання, що безпосередньо підвищить рентабельність виробництва. Впровадження заходів енергоощадності сприятиме зниженню шкідливих викидів і екологічному сталому розвитку підприємства. Крім того, практичні рекомендації узгоджені з міжнародними стандартами (наприклад, ISO 50001) та законодавством України, що полегшить їх реалізацію та отримання державної підтримки. Відомо, що навіть незначне скорочення питомих витрат енергії на виробництво призводить до суттєвої економії фінансових ресурсів . Таким чином, мова їде про загальну оптимізацію споживання енергетичних ресурсів заводом запасних частин.

1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1 Значення енергоефективності у сучасному промисловому виробництві

На сьогоднішній день проблема енергоефективності є одним з основних питань у галузі енергетики і в галузі споживання електричної і теплової енергії. Законом України «Про енергетичну ефективність», вона визначається як співвідношення між енергією на виході виробництва, та витраченою енергією. Таким чином енергоефективність може бути визначена як здатність виробляти певний обсяги продукції з меншою затратою енергії. Енерговитрати (економія енергії) це скорочення споживання енергії після впровадження заходів з енергоефективності.

Енергозберігаючі заходи – це технічні, організаційні впровадження результатом яких є підвищення показників енергетичної ефективності, яке називається (зниження питомих витрат) .

Енергоефективність в промисловому виробництві дозволяє вирішити наступні задач: скоротити собівартості продукції, зменшити використання енергоресурсів, підвищити екологічні характеристики. Оскільки промислові підприємства є одними з найбільших споживачів електричної та теплової енергії, підвищення їх енергоефективності прямо сприяє на зменшенню витрат на енергетичні ресурси у всьому господарському комплексі країни. Покращення енергоефективності є фактором зниження собівартості виробництва, і одночасно компонентом енергетичної безпеки країни. Впровадження енергетичних факторів сприяє виконанню Україною між народних зобов’язань за екологічними угодами .

Використання альтернативних джерел енергії сприяє зниженню використанню традиційних енергоносіїв. Таким чином енергоефективність

це перш за все раціональне використання енергії, отримання такої ж кількості продукції чи послуг з меншим об’ємом енергії.

Висока енергоємність валового внутрішнього продукту України призводить до зростання витрат на виробництво і зменшення конкурентоспроможності товарів на внутрішньому та зовнішніх ринках . Використання більш ефективних технологій та відновлювальних джерел енергії (наприклад, сонячних колекторів для нагріву води чи інших виробничих потреб) може суттєво знизити потребу у традиційних енергоносіях і підвищити енергоефективність підприємства . Впровадження заходів енергоефективність промислові підприемства дозволяє вирішувати як їх власні актуальні задачі так і задачу зменшення енергетичної залежності держави в цілому. означає раціональне використання енергії: виконання тієї самої роботи (виробництва продукції чи надання послуг) із меншим обсягом витраченої енергії. Зростання енергоефективності у промисловості дозволяє вирішувати критично важливі для країни завдання зменшення енергетичної залежності, зниження екологічного навантаження та підвищення економічної стабільності.

1.2 Правові бази України у галузі енергозбереження

Нормативно-правова база України щодо енергоефективності сформована з урахуванням вимог Європейського Союзу. Основним законодавчим актом є Закон України №1818-IX «Про енергетичну ефективність» (2021 р.), який визначає правові, економічні та організаційні загального підвищення енергоефективності. законодавчо запроваджено поняття енергоменеджменту, і проведення енергетичного аудиту для енергоємних споживачів споживачів, а також розроблені заходи стимулювання та контролю впровадження технології енергозбереження .

Попередній Закон Про енергозбереження 1994 року приведен до директив Європейського Союзу 2012/27/ЄС та 2010/31/ЄС.

Сучасні нормативні акти, доповнюють основний закон. Дуже важливими серед них – закони про впровадження інвестицій у модернізацію енергетичних об'єктів, комерційний облік електричної енергії тепла і води, цільові урядові програми встановлюють показники первинного та кінцевого споживання енергії до 2030 року не повинні перевищувати 91 468 та 50 446 тис. тон нафтового еквіваленту відповідно. Реалізацію цих стратегічних цілей здійснюють Державне агентство з енергоефективності та Мінрегіон, які координаціюють план заходів та контролюють їх виконання. Держенергоефективності також наголошує, що українська нормативна база формується в контексті зобов'язань за Угодою про асоціацію з ЄС та Договором про заснування Енергетичного Співтовариства . Таким чином, українське законодавство створює загальні принципи енергоменеджменту на підприємствах (аудит, сертифікація фахівців, планування заходів) та стимулює їх впровадження через податкові пільги, державні субсидії та обов'язкові звіти.

Відповідальність за реалізацію цих рішень покладено на Державне агентство (Держенергоефективності), яке було утворено для координації цих питань . Агентство реалізує державну політику у сфері раціонального використання енергоресурсів та енергозбереження, забезпечуючи імплементацію міжнародних стандартів і підтримку впровадження енергоефективних заходів. До інших нормативних джерел належать галузеві стандарти енергоаудиту, галузеві програми модернізації виробництва, а також регіональні енергетичні стратегії. Загалом, аналіз нормативно-правової бази свідчить про наявність комплексного підходу: поєднання законодавчих актів, державних програм і міжнародних ініціатив, спрямованих на послідовне підвищення енергоефективності економіки України .

1.3 Сучасні підходи до підвищення енергоефективності

Енергетичний аудит є однією з найважливіших складових практики підвищення ефективності, він передбачає систематизований аналіз енергоспоживання підприємства в цілому і в окремих технологічних напрямках з метою виявлення резервів його зниження. На основі результатів аудиту формується план та зміст конкретних заходів. Також широко застосовується енергоменеджмент (ISO 50001), який впроваджує систему моніторингу та оптимізації енергоспоживання. За вище приведеними законами та нормами підприємства вже зараз повинні вкладати інвестиції в модернізацію виробництва та впровадження систем енергоменеджменту. Це дозволить як знизити споживання енергоресурсів так і підвищити екологічні характеристики.

В цілому заходи заходи з енергоефективності поділяються на технічні і організаційні

Серед технічних заходів враховуючи зношеність технологічного обладнання більшості виробництв, найбільш важливим є необхідність заміни устаткування на нове, сучасне з високим коефіцієнтом дії. Як приклад можна навести частотні перетворювачі, системи освітлення з сучасними енергоефективними лампами, мало енергетичні технології обробки, реконструкція теплових мереж з використанням теплоізоляційних елементів. Дуже ефективнім є використання вторинного тепла технологічних процесів для опалення.

До організайних заходів можна донести вирівнювання графіка навантаження, оптимізацію керуванням технологічними процесами, впровадження моральних та матеріальних стимулів працівникам що до зменшення енергоспоживанням. Сюди ж треба віднести використання сучасних інтелектуальних систем моніторингу та управління що дозволяє своєчасно регулювати на відхилення норм енергоспоживання.

Технічні і організаційні заходи, згідно з законом, розглядаються як енергоефективні які повинні знизити витрати енергії. Окремо треба говорити про використання промисловості відновлювальних джерел енергії, перш за все сонячних батареї та біогазових установок що відчутно зменшує використання первинних традиційних енергоресурсів. Особливе значення для виробництв з великим споживанням теплової енергії зазначають дослідники, «використання альтернативних і відновлювальних джерел енергії дає змогу зменшити витрати первинних енергоносіїв та підвищити енергоефективність підприємства» . Це особливо актуально для підприємств з великим тепловим навантаженням (наприклад, для гарячого водопостачання чи технологічного сушіння).

Окрім технічних новацій, застосовуються й організаційні підходи: оптимізація управління технологічними процесами, навчання персоналу, впровадження мотиваційних програм щодо зменшення енергоспоживання. Так, запропоновано включати всіх рівнів працівників у процес енергозбереження на підприємстві та заохочувати підвищення енергоефективності (система стимулювання). Також дедалі більше уваги приділяється цифровим рішенням: інтелектуальним системам моніторингу та управління енергоспоживанням (SCADA-системи, промисловий Інтернет речей), які дозволяють в режимі реального часу контролювати всі основні споживачі та оперативно реагувати на відхилення. Таким чином, сучасний підхід до підвищення енергоефективності підприємства базується на комплексі дій – від обстеження і планування до впровадження інноваційних технологій та постійного моніторингу їх ефективності .

Дуже важливим є врахування зарубіжних підходів до впровадження енергоефективності в виробництві. У технічно розвинутих країнах вже традиційно використовуються обов’язкова система норм та сертифікації, маркування обладнання, фінансові стимули, а також є досвід технічного

переоснащення енергоємних виробництв. Стандарти енергоефективності введені для всього технологічного устаткування (включаючи побутову техніку). Таким чином стимулюється удосконалення технології. Обов'язкове є маркування за рівнем енергоефективності. Великі корпорації та енергоємні галузі проходять незалежні аудит-оцінки енергоефективності. Широко застосовують пільги для інвесторів у енергоефективні проєкти, дешеві кредити та спеціальні тарифи для виробництв, що впроваджують ЕЕ-заходи. Як приклад, в Німеччині останні 10 років діє програма, яка забезпечує державні дотації на технічне переоснащення енергоємних галузей (металургія, машинобудування). За умовами цієї програми було надано субсидії на суму близько 55 млн дол., це знизило витрати палива майже 10 %. У США і Китаї запроваджено цільові програми для найбільш енергоємних підприємств (Top-1000 Enterprises), які вимагають скорочення енерговитрат через модернізацію і застосування передових технологій.

Поглиблене дослідження кейсів показує, що комплексне впровадження таких заходів здатне забезпечити істотне зниження енергоспоживання. В загалі у розвинутих країнах за рахунок впровадження енергоефективних заходів економитися до 15% енергетичних ресурсів. При цьому інформаційна підтримка та популяризація успішних кейсів (наприклад, щорічні премії в сфері енергоменеджменту, публікації в пресі) стимулюють подальше поширення ефективних рішень.

Таким чином впровадження найкращих зарубіжних енергозберігаючих підходів дозоляє майже всім підприємствам отримати значні вигоди.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО СТАНУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ОБ'ЄКТУ ЩО СПОЖИВАЕТСЯ

2.1. Вихідні дані для аналізу

Технологія виробництва запасних частин включає такі основні виробничі процеси: механічна обробка деталей на верстатах різного призначення, термічне гартування процеси фарбування, та збирання готової продукції. Відповідно до призначення підприємств на них використовують дуже широкий перелік обладнання: обробні верстати різного призначення (наприклад фрезерні і свердлінні), преси та штампувальні агрегати, зварювальні установки, установки термічної обробки, крани, сушильні камери, та інші обладнання. Різні типи обладнання споживають різні види енергії (перш за все електричну, теплову, природний газ чи інше паливо). Таким чином, виробництво використовує різні види енергії які можуть надходити на підприємство від централізованих джерел а також від власної котельні чи централізоване та паливно-енергетичні ресурси для технологічних потреб.

Як же було сказано більшість технологічного обладнання працює саме за рахунок електричної енергії, згідно с дослідженнями більша її частина використовується саме електричним приводом (до 70%). Основною технологічною частиною приводу є електродвигуни, які забезпечують роботу верстатів, конвеєрів, компресорів насосів та іншого обладнання.

При виробництві запасних частин найбільш енергоємними є цехи механічної обробки та інші ділянки саме з використанням електричного приводу. Допоміжні системи а саме – освітлення, вентиляція, подача свіжого повітря та інше роблять свій внесок загальне споживання електричної енергії. Наприклад освітлення споживає приблизно до 15% від загального кількості електричної енергії.

Таким чином оптимізація роботи електроприводом є пріоритетною з точки зору енергозбереження, однак оптимізація роботи допоміжних систем теж повинна мати місце. Особливе місце в цьому напрямку займає модернізація систем освітлення, яке може знизити витрати електроенергії на величину до 10 %. Таким чином, структуру енергоспоживання визначає порядок впровадження заходів з енергоефективності основна увага приділяється силовому технологічному обкладенню.

2.2 Методика енергетичного аудиту

Система Електропостачання заводу забезпечує зв'язок високовольтної частини електроенергетичної системи та приймачів електричної енергії. Робота всього підприємства забезпечується перш за все надійною та економічною системою електропостачання. Структура систем електропостачання, в залежності від призначення і потужностей підприємств можуть бути дуже різними. Однак найбільш поширеними є схеми, які включають головну знижувальну підстанцію (напругою наприклад (35\10 кВл) мережи напругою (6-10 кВ) які живлять комплектні трансформаторні підстанції напругою (10\0.4 кВл). Набоці низької напруги має місце система с трьома фазними проводами и нульовим провідником, що дає можливість одночасного підключення трифазних і однофазних приймачів. Також система електропостачання включає комутаційні апарати, автоматику, релейний захист та інше обладнання. Окремі приймачі приєднуються до вузлів навантаження як правило за допомогою проводів. Вузли навантаження- це спеціальні конструкції різних видив які під’єднання до розподільчого пункту (0.4 кВ) як правило кабельними лініями. Однолінійна схема електропостачання підприємства включає ввідні комутаційні апарати, силові трансформатори, головні розподільчі

шафи (ГРЩ) низької напруги та мережу розподільчих шин і кабельних ліній, що подають електроенергію до цехів і ділянок.

Велике значення має встановлення приладів обліку електроенергії (від них і локальних лічильників) що дозволяє відслідковувати споживання енергії як підприємство в цілому, так і окремими технологічними цехами. Розподільча мережа заводу побудована таким чином, щоб забезпечити надійне живлення всіх технологічних процесів.

Електроенергія споживається різними цехами нерівномірно: найбільші навантаження створюють виробничі ділянки з великою кількістю встановленого обладнання. Механічний цех має багато металорізальних верстатів зі значною потужністю, тому загальна встановлена потужність всіх електро-двигунів (від верстатів до систем охолодження є великою). Для кожного цехів здійснюється визначення розрахункової потужності електроприймачів методом коефіцієнтів попиту. Інші процеси на підприємстві включають потужні термічні печі, які споживають електроенергію або газ,фарбувальні камери, системами вентиляції і сушіння. Споживання енергії всіма технологічними групами залежить також від режимів їх роботи: є приймачі які працюють майже с постійним навантаженням (насоси компресорі) є приймачі які включаються в роботу епізодично (мостові крани) а наприклад печі певний час набирають температуру, а далі утримують її що створює додаткове навантаження на мережу.

Виходячи з цього енергоспоживання окремих цехів доцільно розглядати окремо технологічних процесів доцільно розглядати кожен основний цех окремо. На підприємстві здійснюється моніторинг споживання електроенергії по основних підрозділах. Доцільно порівняти питомі витрати електроенергії на одиницю продукції наприклад в механічному та термічному цехах. Це дозволяє виявляє, місце знаходження резервів підвищення ефективності. За даними енергетичних обстежень,

найбільша частка електроенергії на підприємствах машинобудівного профілю припадає саме на приводи металорізальних верстатів, насосів та компресорів. Адміністративне обладнання, освітлення, складцкі приміщення споживають менший відсоток . Будь яка компресорна станція, яка забезпечує подачу стиснутого повітря має великий внесок в баланс для енергоспоживання, до того ж компресори як правило працюють цілодобово, великий відсоток енергії припадає на фарбувальній лінії які витрачають її на та нагрів повітря та роботу вентиляторів. До складу енергоємних технологічних груп належать і зварювальні апарати. Ці основні групи в першу чергу формують загальний графік зміни навантаження підприємства в часі. Аналіз добових графіків споживання електроенергії дозволяє визначити періоди найбільшого навантаження та оцінити степінь рівномірність графіка, що дозволяє планування заходів з енергоменеджменту. Отже, аналіз енергоспоживання по окремих цехах і технологічних гуп для прийняття і розробки енергоефективних рішень.

2.3 Основні втрати енергії на підприємстві

Проведення аналізу енергоспоживання є неможливим кількісной оцінки втрат енергії (частини енергоресурсів, яка витрачається неефективно). Зменшення втрат енергії безпосередньо пов’язане зі зменшенням загального споживання енергії через підвищення його енергоефективності, тому визначення джерел таких втрат є першочерговою метою енергоаудиту. Основні джерела втрат енергії на заводі умовно поділити на дві категорії: втрати в системах електропостачання (в лініях, трансформаторах та інших елементах схеми) та втрати в технологічному обладнанні через його нагрів та нераціональну експлуатацію.

При протіканні електричного струму по будь яким струмоведучих елементах вони обов’язково збільшують свою температуру. Технологічні

втрати електроенергії в електричних мережах обумовлені саме в цим процесах. Такі втрати виникають у трансформаторах бо обмотки і магнітопровід нагріваються в процесі роботі, в кабельних і повітряних лініяї, комутаційному обладнанні та інших елементах схеми. Якщо система електропосточання спроектовано оптимально та правильно експлотується втрати енергії в ній становить близько 5%.. Якщо втрати в будь якій системі значно перевищують цей рівень це свідчити про наявність невірно оброного обладнання, наприклад недостатній переріз кабельних лінії, поганий стан контактів, нерівномірність навантаження по фазах, наявність вищих гармонік.

Дуже важливе значення має реальне завантаження силових трансформаторів, якщо трансформатор недозавантажен маємо значні втрати холостого ходу, які витрачаються даремно, якщо трансформатор перевантажен знижується ефективність його роботи та скорочується термін експлуатації. Високий рівень технологічних втрат обумовлений власними потребами – системами охолодження, вимірювальними приладами, системами автоматики. Ці втрати менші порівняно з втратами у технологічних групах, але їх подальше зменшення через, заміну трансформаторів та інших елементів на нові і більш сучасні , теж впливає загальний рівень енергоефективності.

Значно більшу частку, становлять втрати енергії без посередньо в технологічних процесах. Через нераціональне використання енергії на рівні технологічних цехів та груп. Обладнання, в тому числі потужне часто працює вхолосту, споживаючи при цьому велику кількість енергії. Дуже часто на підприємствах використовують старе обладнання, яке є фізично і морально зношеним. Окрема тема – втрати в системах електроприводу.
Основною причиною цього є робота електричних двигунів в неоптимальному режимі, хоча самі по собі вони мають високий ККД. У багатьох випадках двигуни обертаються з номінальною швидкістю, навіть

при існуванні потреби в змінні потужності. Відсутність регулювання швидкості призводить в кінцевому випадку до перетворення непотрібної енергії в тепло. При неправильній експлуатації електричні двигуни втрачають ефективність і значно збільшують відсоток споживання електричної енергії. Таким чином значна частина енергії втрачається через збільшення витрати в двигунах (через нагрів обмоток, тертя в підшипниках, роботі двигунів на холостому ході та інших явищах).

Дуже велика кількість електричної енергії витрачається на створення стисного повітря, тому при наявності на заводі пневмосистеми існує ймовірність високих втрат через витоки стисненого повітря, часті пуски компресорів на холостому ході, недостатньо утилізацію тепла компресорів. Ці втрати інколи сягають 30% виробленого повітря. Таким чином, неоптимальний режими роботи компресорів є досить значним джерелом енерговтрат.

Велика кількість енергії на підприємстві може втрачатись в печах або сушильних камерах, через неякісну теплоізоляцію, а також при відсутності рекуперації тепла. Через використання зношеної теплоізоляція печей може витрачається до 15% теплоти. Це не просто втрати, а дуже часто зайвий нагрів оточуючого середовище. Також через неякісну теплоізоляцією існують відчутні втрати в системах опаленнях та гарячої водопостачання. Значно збільшують втрати витоки пари і води. Дуже часто використовують неефективні старі котельні установки. Для отримання об’єктивної картини втрат енергії складають енергетичний баланс – порівнюють кількість загальної використаної енергії ї енергії і використаної корисно. Різниця цих величині є втратами, які слід мінімізувати.

Таким чином, найбільший потенціал енергозбереження пов’язаний з зменшенням втрат саме при експлуатації технологічного обладнання. Зниження втрат безпосередньо в двигунах, печах, насосах компресорах дає більшу загальну економію ніш покращення характеристик роботи

електричної мережи. Виявлення конкретного обладнання яке працює не ефективно і в не оптимальному режимі є основою розробки цільових заходів з енергозбереження.

2.4 Оцінка потенціалу енергозбереження об’єкту

На час проведення аудиту на заводі запасних частин вже частково були впроваджені заходи з енергозбереження, проте їх ефективність не оцінена в достатній мірі. До впроваджених заходів можна віднести наприклад,заходив електропостачання, заміну в системі освітлення, заміну частини застарілого обладнання на нове більш ефективно.

На підприємстві впроваджено компенсацію реактивної потужності (встановлено конденсаторні батареї). Їх вартість відносно не велика, а використання призводить до значної економії електричної енергії, бо призводить до зниження струму в живлячі мережі, а основні втрати електричної енергії квадратична залежать саме від величини суми.

Як було сказано сказано вище системі освітлення створюють досить високий відсоток втрат електричної енергії, також нераціональні системи освітлення впливають на стан нервової системи та зір людини. При використовуванні ламп типу (LED) покращується якість світла та зменшується зайве нагрівання приміщення бо ці лампи майже не випромінюють тепла. Крім того системах освітлення доцільно використовувати датчики руху та датчики денного освітлення.

Ефективність але має велике значення довгострокової перспективі бо збільшує термін експлуатації обладнання і попереджує наявність аварійних ситуації. Але підвищення енергоефективності від покращення обслуговування та ремонту важко кількісно оцінити без спеціальних досліджень, проте досвід свідчить належне обслуговування дозволяє зменшити споживання енергії тому цей захід є цілком доцільний.

Впровадження частотне перетворювачів на двигунах підприємстві зараз обмежене: бо більшість верстатів оснащені системами керування без можливості регулювання швидкості обертання. Проте на насосах систем охолодженнях і вентиляторах встановлені частотні приводи які дають можливість регулювання. Практичний досвід свідчить що застосування частотного регулювання може забезпечити до 50% економії електроенергії на насосних та вентиляторних установках. Оскільки на заводі кілька таких перетворювачів, вже використовується є доцільним зробити оцінку економічної ефективності від їх використання. Економічний ефект в цьому разі обумовлений – зниження споживання електроенергії, та збільшення використання двигунів. Частотний привод на двигуні вентилятора фарбувальної камери дозволив знизити споживання електроенергії цією установкою більше ніж на 20% через оптимізації швидкості повітряного потоку. Таким чином використання автоматичного регулювання швидкості для двигунів зі зміним навантаженням є важливим заходом і їх використання планується розширити.

В цілому, вже існуючи енергозберігаючі заходи дають певний позитивний ефект. Однак, ці заходи не вичерпують усього потенціалу енергозбереження. Існують резерви від заміни старого обладнання і оптимізації технологічних процесів. Всі впровадженні заходи мають невеликий термін окупності що підтверджує доцільність обраного напрямку. Існуючи заходи можна вважати ефективними але не достатніми. Для значного підвищення енергоефективності потрібно впровадження нових технології, нових підходів та удосконалення обслуговування.

3 ЗАХОДИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

На основі аналізу енергоспоживання підприємства, який наведений вище розроблено комплекс заходів, що повинні підвищити енергоефективності. Представлено інтегровану програму енергоефективності, оптимізацію роботи електроприводу, використання автоматизованих систем управління. Проведено техніко-економічно обґрунтування модернізації освітлення. Всі запропоновані заходи є взаємопов'язаними, що забезпечує системний підхід до енергозбереження підприємства.

3.1 Комплексної програма енергоефективності об'єкту

Комплексна програма енергоефективності підприємства – це системний план технічних та організаційних заходів, які повинні забезпечити підвищення показників енергоефективності, зниження втрат на виробництва продукції. Програма базується на засадах енергетичного менеджменту, передбачає впровадження заходів з оптимального використання енергетичних ресурсів . Енергоефективність розглядається як один з основних факторів конкурентоспроможності виробництва. Особливо це є актуальним в умовах постійного зростання цін на енергоносії. Також це є актуальним в умовах екологічної небезпеки. Згідно Законом України енергозбереження – це діяльність, спрямована на раціональне використання енергетичних ресурсів. Ця діяльність реалізується правовими, технічними та економічними способами. Таким чином, програма енергоефективності заводу запасних частин є практичним втіленням політики країни в галузі енергозбереження.

Сама розробки програми повинна починатись з оцінки існуючого стану підприємства відносно використання енергетичних ресурсів. Збираються вихідні дані про споживання всіх видів ресурсів у всіх технологічних групах, і визначаються питомі показники енергоспоживання. Одночасно слід порівняти стан енергоефективності даного виробництва з середніми галузевими даними. Далі слід виявити найбільш проблемні зони, на які треба першочергове звернути увагу. Після того намічаються конкретні заходи з енергозбереження. Вони включають організаційні і технічні засоби. До перших відносяться перш за все оптимізація режиму роботи та впровадження сучасного обліку, до других- заміна застарілого обладнання.

До програми слід включати як швидкоокупні заходи, (оптимізація режиму роботи обладнання), так і заходи які потребують великі капітал вкладень і мають великий термін окупності (заміна застарілого енергоємного обладнання на сучасне). Перше чергове розглядаються ті заходи, реалізація яких призводить до найбільшої економії при найменших капіталовкладеннях. У програмі слід запропонувати конкретні заходи з конкретними термінами впровадження, а також людей чи організації відповідальних за виконання. Треба розрахувати очікувану економію коштів для кожного заходу, встановити пільгові програми, які допомагають успішність реалізації заходів.

Для реалізації програми енергоефективності керівництву необхідно бути прихильником до цілей енергозбереження, бо тільки керівництво може офіційно затвердити програму та проводити контроль за виконанням прийнятих до впровадження технічних та організаційних рішень. Спочатку розробляється система енергоменеджменту згідно зі міжнародних стандартів. На підприємстві офіційно створюється служба енергоменеджменту, призначається енергетичний аудитор. До робочої групи цієї входять керівники всіх підрозділів та фахівці у всіх

технологічних напрямках. Саме ця група здійснює впровадження заходів, та контроль виконання заявлених цілей . Керівництво також повинна розробити систему мотивації персоналу, матеріальне заохочувати працівників. Весь колектив повинні бути проінформованим щодо впровадження програми, її мети та економічної вигоди. Дуже важливим є поступове формування зміни ставлення всіх учасників виробництва до економії ресурсів та енергозбереження. Людський фактор є одним самих дієвих заходів при реалізації програми енергозбереження. Всі співробітники повинні знати про міжнародний досвід впровадження заходів енергозбереження (промислові підприємства зменшують споживання енергії до 20%, що є економіко-вигідним не тільки для всього підприємства, а і кожного учасника виробництва).

Курівництво також забезпечує повний моніторинг виконання програми і забезпечує її фінансування. Джерелом фінансуванням може бути як внутрішні ресурси(наприклад амортизаційний фонд) так і зовнішній (міжнародні гранти). Програма має комплексний характер тобто охоплює всі аспекти діяльності підприємства, включаючи управління виробництва. Лише за умови системного підходу,програма енергоефективності може бути реалізована і впроваджена у виробництво в повному обсязі.

3.2 Робота електроприводів різних агрегатів

Як вже зазначалось вище електроприводи становлять основний відсоток енергоспоживання заводу, що пов’язана з технологічним процесом, тому оптимізація роботи електроприводу є одним з пріоритетних напрямків програми. Основні підходи до оптимізації: використання сучасних електродвигунів і автоматизованих приводів, використання частотних регульованих приводів, частотних перетворювачів та інших, оптимальний підбір сучасного насосного обладнання та оптимізація його

роботи, забезпечення оптимальних режимів роботи і навантаження обладнання.

Одної із найважливіших задач є заміна старих електродвигунів на сучасні, які мають менші втрати і високий ККД. Бо на підприємстві досі використовують асинхронні двигуни старих класів ефективності. Сучасні електродвигуни забезпечують високі економічні показники експлуатації перш за все за рахунок використання нових електротехнічних матеріалів. В середньому для двигуна потужністю до 50 кВт підвищення класу ефективності дозволяє економити близько 2МВт·год електроенергії у рік . Це є дуже вигідним в умовах зростання цін на електричну енергію, враховуючі що на заводі використовують велику кількість електродвигунів, загальна економія від їх заміни буде значною. Крім того, нові двигуни мають покращіні робочі характеристики, що позитивно впливає безпосередньо на технологічний процес і на показники якості електричної енергії живлячої мережи. Під час заміни двигунів слід дотримуватися вимог відповідних стандартів, які передбачають перехід на двигуни на рівень ефективності не нижче IE3 для більшості застосувань . Дуже важливо також робити правильний вибір потужності двигуна відповідно до його навантаження, бо недовантаження призводить до зниження ефективності, споживання зайвої енергії, перевантаження – скорочує термін служби. При зміні навантаження треба забезпечувати роботу двигуни у більш ефективному режимі, наприклад через відключенням частини обладнання. Таким чином, треба не тільки встановлювати нові типи двигунів, а і забезпечувати їх режим оптимальний режим роботи згідно технологічного процесу .

Впровадження систем частотного регулювання – найбільш потужний засіб економія електроенергії в системах електроприводу. Це системи де частота і напруга живлення двигуна змінюється залежно від навантаження і необхідного результату роботи. Для насосів, компресорів та вентиляторів

зі змінним графіком навантаженням використання частотних перетворювачів дозволяє скоротити втрати перш за всі на дроселюванні. Для вище вказаних приймачів споживана потужність має приблизно кубічну залежність від швидкості обертання, тому незначне зменшення швидкості призводить до значного скорочення спожитой енергії (при зменшені швидкості насоса середньої потужності на 20% споживана потужність знижується майже на половину). Практичні доведено, що встановлення частотного регулювання в насосних станціях дає економію електроенергії до 70% . Крім цього, це має додатковий ефект зменшення витрат інших ресурсів, теплової енергії і води, бо знижується перегрів води і оптимізується гідравлічний режим. Слід зазначити що економічний ефект від частотного регулювання тим вищий чим більше частка обладнання працює не в оптимальному режимі. Якщо обладнання весь час працює в номінальному режимі то ефект від впровадження системи регулювання буде мінімальним, тому перед впровадженням такої системи слід провести ретельний аналіз режими роботи обладнання. в середньосму термін окупності встановлення системи частотного регулювання на підприємстві становить 1 рік.

Автоматизація процесів насосів та інших агрегатів не обмежується встановленням в систем регулюванням. Використовуються також датчики, які дозволяють регулювати агрегати згідно з потребами технологічного процес, (ці заходи забезпечують до 15% економії електроенергії на вентиляційних та насосних). Також в автоматичному режимі здійснюється контроль стану агрегатів (наприклад температури), що дозволяє оперативно регулювати на недопустимі відхилення від нормальних умов режиму експлуатації.

Одним із напрямів підвищення енергоефективності є заміна схем живлення насосів та гідравлічних мережревізія гідравлічних мереж. Необхідно також уникати звужених ділянок трубопроводів, щоб не

збільшувати онапір витікати рідини, бо це знижує потрібний напір насоса, що в свою чергу призводить до збільшення поживання ним електричної енергії. Не треба також допускати одночасної роботи багатьох насосів при малих навантаженнях, краще використовувати один насос відповідної потужності. Для цього розглядаються заклади з перерозподілу насосного обладнання, а також встановлення насосів меншої потужності для роботи режимах малих витрат. Також можуть бути впроваджені акумулюючи ємності що дозволяють уникнути піків навантаження. Дуже доцільно впроваджування системи повторного використання води у технологічних процесах, (систем замкнутого циклу). Ці системи дозволяють зменшити потребу у воді до 90%, одночасно знижується витрати електроенергії на перекачування води.

Для систем електропостачання дуже важливим є встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності, бо потужні електродвигуни споживають значну реактивну потужність, перетоки якої створюють додаткове навантаження на мережу, тому одночасно в становленням нових двигунів слід встановлювати біля них конденсаторні батареї, це збільшує коефіцієнт потужності до оптимального, що зменшує струми в мережі і як наслідок – втрати в проводах. Це підвищить загальний коефіцієнт потужності до нормативного (близько 0,95–0,98), що, по-перше, усуває штрафні санкції за низький cos φ, таким чином цей захід дозволяє знизити витрати заводу на оплату електроенергії.

Практика показу що навіть часткове впровадження заходів з оптимізації роботи електроприводу дає відчутний економічний ефект. Після встановлення нових насосів з підвищеним ККД і паралельно системи частотного регулювання завод може отримати економію електроенергії і десятки тисяч кВт*год що в умовах зростання цін призводить до скорочення терміну окупності закладах. Окрім безпосередньо економічної вигоди оптимізація роботи електропроводів покращує якість технологічних

процесів, якість електричної енергії і надійність роботи всього підприємства.

3.3 Впровадження автоматизована система контролю та обліку електроенергії (АСУЕ)

На сьогоднішній день відслідковувати споживання енергії без автоматичних систем обліку є неможливим, бо сучасне виробництво характеризується складною інфраструктурою, розгалуженою системою теплопостачання, багаторівневою системою електропостачання та складними різноманітними технологічними процесами. Тому для оптимізування споживання енергії впроваджується автоматичні системи контролю та управління. Ця система призначена для відстеження в реальному часі споживання електричної та теплової енергії та інших енергоресурсів. Також вона дозволяє проводити аналіз отриманих даних і на основі його результатів здійснювати керування енергетичними процесами та установками. Ця система є фундаментом загальної системи на процеси енергоспоживання.

Автоматизована система контроля та управління включає: цифрові лічильники, теплової і електричної енергії, лічильники газу та води електроенергії, в основних вузлах сподівання та спочивання, сучасні датчики різного призначення, прилади збору та передачі даних які об’єднані в єдину систему, сервер який акумулює дані і може надавати методику аналізу, прилади автоматичного керування. Отже основним призначенням системи є як оперативний так і довгостроковий моніторинг зміни енергії. Система дозволяє контролювати параметрів якості електричної енергії, які безпосередньо впливають як на технологічний процес та і на роботи системи електропостачання. Також система дає можливість складанню та аналізу енергетичних балансів всього

виробництва і його окремих технологічних груп. Система фіксує де і коли виникають перевантаження обладнання, які елементи мережі працюють не ефективно. Сучасні автоматизовані системи можуть співпрацювати з класичними автоматизованими системами управління технологічними процесами, їх одночасне функціонування посилює можливості один одного.

Практичний досвід впровадження вище вгаданих систем дозволяє знизити приблизно на 15% загальних витрати енергії. Капіталовкладення в саму систему не є надмірними, а технологічне обладнання взагалі непотрібні, економічний ефект має місце виключно оптимізацією робочих режимів. Окрім безпосередньо економія ресурсів, система дозволяє зменшити вірогідність аварійних ситуації, скоротити аварійні простої, оптимізувати систему розрахунків за спожиту енергію. Особливе ефективне його використання в умовах диференційованих тарифів бо допомагає перенести частину споживання на пільговий період час. Тільки цей процес дозволяє зекономити 10% коштів за сплату енергії.

Стандарт ISO 50001 вимагає відслідковувати базові показників енергетичної ефективності та постійного аналізу результатів керівництва підприємства. З розвитком цифровізації значення АСУЕ тільки розширюється, бо вона може використовувати елементи штучного інтелекту для своєї роботи. Наприклад, на основі даних про температуру зовнішнього повітря та план виробництва система може заздалегідь знизити потужність вентиляції або нагріву, щоб уникнути різкого стрибка навантаження. Такі прогнозно-адаптивні алгоритми – один з напрямів розвитку АСУЕ.

Далі треба впроваджувати систему автоматизовану збору даних за допомогою контролерів і спеціальних систем. Спочатку можна автоматизувати тільки облік і моніторинг наприклад щогодинні графіки

споживання енергії, а далі надавати можливість визначення максимальних навантажень і реалізувати замкнений цикл управління навантаженням.

Автоматизована система в загальних рисах повинна бути зрозумілою для всього персоналу заводу і поєднана IT-системою підприємства. Для цього необхідно щоб прийманні оператори вміли користуватися функціями системи. Оцінюючи економічну доцільність, треба признати кошти на впровадження системи залежать від об’ємів виробництва: їх величина може складати до кількох мільйонів гривень. Однак економічні вигоди від прямого зниження витрат енергії, оптимізації технологічних процесів та зниження аварійних простоїв часто окупають вкладені кошти за період до 3 років. Окрім цього, існують державні програми та гранти які частково компенсують підприємствам встановлення автоматизованим систем.

АСУЕ створює інформаційну основу для всіх інших енергозберігаючих заходів, допомагає вбезпечує приймати оптимальні рішеня в галузі енергоспоживання.

3.4 Модернізації системи освітлення

Як вже говорилось вище системи освітлення на сьогоднішній день споживають великий відсоток від загальних витрат електричної енергії. Особливо коли використовується не енергоефективні джерела світла.

На заводі запасних частин значна частина ламп і світильників встановленні кілька десятків років тому. Використовується як лампи розжарювання так і довго розрядні лампи старих моделей, більшість енергії, спожито лампами розжарення перетворюються у тепло а не світло, а лампи ДРЛ мають недостатністю якість освітлення, а також дуже складні в експлуатації, тому однозначно доцільнім є заміна таких ламп на сучасні світлодіоди, які в порівнянні с традиційними світильниками є набагато ефективнішими, більшість спожитої ними енергії перетворюється

безпосередньо в світло, та і сама кількість спожитої енергії для створення світлового потоку певного рівня є набагато менше (приблизно в 10 разів), окрім цього термін використання цих ламп набагато більший порівняно с традиційними джерелами.

Таким чином модернізація система освітлення дозволяє як безпосередньо економити електроенергію так і знизити витрати на обслуговування.

Для ретельного обґрунтування впровадження модернізації освітлення вслід порівняти конкретні величини споживання електроенергії лампами що встановлені сьогодні і аналогічними величинами для LED-світильників. Крім того слід перевести реальну економію грошовий еквівалент, врахувати різницю вартості монтажних робіт та додаткову економію від зменшення витрат на заміну ламп, бо світлодіоди не потребують заміни протягом приблизно 10 років. Дуже важливим при використанні нових ламп є покращення якості освітлення, бо воно дуже впливає на людський зір, а основне призначення систем освітлення – створити комфортні умови перебивання людини в приміщенні шляхом виконанням санітарно-гігієнічних норм. Окрім цього покращення освітлення на виробництві сприяє підвищенню ефективності праці та зменшенню від браковки. Оскільки найбільш поширеними на виробництві є ртутні лампи то дуже гостро стоїть питання утилізації ртуті. Світлодіодні лампи пов’язані цих проблем.

Згідно практичного досвіду використанню світлодіодів проекти модернізації систем освітлення, незважаючи на порівняну велику ціну світлодіодів окупається менше ніж за 2 роки. Часткову компенсацію за впровадження такого заходу підприємство може отримати за рахунок державних програм особливо при наявності високих тарифів на електроенергію або якщо підприємство отримує часткову компенсацію за рахунок державних програм енергоефективності. Для заводу запасних

частин дуже важливим є високий індекс кольору передачі світлодіодами, бо це дозволяє ретельно контролювати якість продукції, розрізняти дрібні деталі та фіксувати дефекти проблеми. В умовах заводу с точки зору створення безпечних умов праці важливим фактором є відсутність у світлодіодів стробоскопічного ефекту. Однак до вибору потужності світильників треба підходити дуже уважно, бо використання світлодіодів без захисних розсіюючи може призвести до «сліпучого ефекту». Краще за все обирати світильники із матовими розсіювачами та оптимальною світло-розподільною характеристикою. При встановленні LED систем, як і інших джерел світла дотримання норм ДБН та ДСТУ є обов'язковим. Тому перед встановленням ламп треба провести світлотехнічний розрахунок, якщо система спроектовано правильно вона дає енергетичний ефект, підвищую комфортність людини у виробничому приміщенні і знижує ризик травматизму.

Світлодіоди не містять шкідливих матеріалів, їх великий термін використання зменшує кількість відходів, не потребує утилізації ртуті то можна стверджувати що вони є найбільш екологічними джерелами світла. Окрім цих безпосередніх факторів, використання LED систем призводить до економії електричної енергії, що теж позитивно впливає на оточуюче середовище.

Все вище сказане відносно нових систем освітлення є свідченням проте, що модернізація освітлення на сучасних підприємствах є одним із самих простих і ефективних заходів енергоефективності. Модернізація освітлення не вимагає зупинки виробництва та призводить до швидкої окупності.

4 МОЖЛИВІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Серед відновлювальних джерел енергії сонячна енергетика є одним з най поширених джерел, включаючи промисловості підприємства, завдяки значному потенціалу розвитку та постійному зниженню вартості сонячних панелей. В Україні використання енергії сонця є дуже доречним бо показник сумарної сонячной радіації набагато більший ніж у багатьох країнах Європи особливо в цьому плані є доцільним використовувати сонячну радіацію в Південні регіонах, в тому числі і в Запорізька обл. 2400 годин сонячного випромінювання (сонячна енергія що притаманна цим регіонам) еквівалентна споживанню приблизно 1300 кВт·год з квадратного метра. Це говорить про доцільність встановлення сонячних панелей на дахах або спеціальних площах, в тому числі виробничих і це може забезпечити значний обсяг генерації електричної енергії, особливо в період інтенсивної сонячної інсоляції (березень-листопад).

Для оцінки ефективності встановлення фотоелектричних панелей на території конкретного заводу треба врахувати вільні площі та їх орієнтацію відносно сонця, бо 1 кВт встановленої потужності сонячних модулів потребує до 8 м² площі . Однак сучасні кремнієві модулі мають підвищений коефіцієнт корисної дії, тому на дахах виробничих приміщень можна розмістити сонячні панелі які будуть генерувати кілька-сот кіловат енергії . Відносно загального навантаження підприємства (за даними енергоаудиту -10 МВт) ця величина не є великою але враховуючи можливість сумарної сонячної генерації заводу до 1 МВт можна говорити про відчутну частину сонячної генерації в загальному енергетичному балансі. Ця енергія як правило використовується для власних потреб. Сонячна станція на 1 МВт в середньому може генерувати 1 млн кВт·год електроенергії за рік . Це

відповідає заміщенню приблизно 7% загального споживанням підприємством.

Енергетично доцільність впровадження сонячних модулей виражається в зменшені залежності від зовнішнього електропостачання також зменшується втрати у мережах бо електроенергія виробляється безпосередньо біля споживачів. Власна сонячна електростанція підвищує надійність енергозабезпечення підприємства, стабілізує напругу і може розглядатися як резервним джерело живлення.

З економічної точки зору загальна падіння цін на сонячні панелі у світі призвело до зниження ціни на сонячну енергію. В Україні комерційні пропозиції на сьогодні це приблизно 0.5 грн за Ват, залежно від якості фотоелектричних модулей. Таким чином, встановлення промислової сонячної електростанції окуповуються швидко (значно менше 5 років). В процесі зростанні тарифів на електроенергію цей термін буде тільки зменшуватися.

Дуже значущим фактором є можливість використання всієї згенерованої сонячної енергії, тобто можливість посилання надлишку в мережу. Це породжує ряд технічних і економічних проблем, однак практика показує що в сучасні умовах енергетичного ринку найбільш вигіднішим є варіант повного власного споживання виробленої енергетики, бо зелений тариф для бізнесу є нижчим засоби вартість компенсації споживання. То власну сонячну електростанцію слід проектувати під власне споживання. Цим самим зменшується витрати на купівлю електроенергії з системи. Сучасні сонячні панелі мають термін використання в середньому 25 років.

На території заводу запасних частин є достатніми умови для встановлення власної сонячної електростанції. Через наявність площі дахів виробничих цехів (ще із південною орієнтацією нахилу). Сонячна енергія дозволити знизити витрати підприємства і підвищити загальну кількість

виробництва. Економічні розрахунки, які будуть наведені нижче підтверджують доцільність спорудження власної сонячної електростанції.

Використання теплових насосів (ТН) до представляють собою високоефективну технологію для забезпечення теплом і холодом, що дедалі частіше застосовується в промисловості та комерційному секторі з метою підвищення енергоефективності . Тепловий насос – це пристрій, який доставляє теплову енергію від джерела з низькою температурою до, ТН не генерують тепло шляхом спалювання палива, а перекачують тепло навколишнього середовища у систему опалення або нагріву. Оцінкою доцільністю використання теплового потоку є коефіцієнт перетворення – отриманого тепла чи холода до витраченої енергії. Сучасні теплові насоси можуть сягати 5 кратної величини цього параметру. Таким чином кВт·год спожитої енергії може забезпечити поставку 5 кВт тепла. Витрати електроенергії на опалення зменшується на 50–70% порівняно з нагрівачами прямої дії (використання електричних печей та радіаторів). Особливо доцільним використання теплових насосів для виробництв, які застосовують старі системи технологічного нагріву та обігріву приміщень.

Використання теплових насосів безпосередньо на заводі запасних частин пов’язана з наявністю ні є ефективних систем опалювання та кондиціювання, хоча система водяного обігріву є дуже розгалуженою. Слід розглянути впровадження насосів «повітря-вода» або «ґрунт-вода». Вони будуть підігрівати воду для циркуляції по приміщеннях. Тепловий насос «повітря-вода» використовує тепло зовнішнього повітря, навіть коли ця температура знижується нижче 0°С, це підтверджено практикою використання теплових насосів в холодних кліматичних зонах. В нашому кліматичному поясі в зимовий період коефіцієнт ефективності перетворю дорівнює ~4, а в інші періоди значно збільшується.

Насоси «ґрунт-вода» використовують стабільну в усі пори року температуру ґрунту на глибині до 100 м. коефіцієнт перетворення у них

вище бо температура ґрунту на такій глибині навіть в взимку ~10°С. Насоси «ґрунт вода» доцільні при використанні при наявності великих об’єктів де тепло постійно востребуванне. Але встановлення теплових насосів потребує буріння скважин що є технічно складної і дорогою операцією. Також доцільність встановлення таких насосів на підприємстві пов’язано з наявністю на його території вільного місця для облаштування геотермальної зони.

Як енергозберігаючий заклад слід дотримуватись використання теплових насосів і для протилежної задачі-конденсіювання приміщень, в тому числі виробничих. Практично всі теплові насоси являються реверсивними системами. Велика кількість сучасних промислових кондинсіонерів можуть працювати в режимі теплового насоса, забезпечуючи за потреби як обігрів так і охолодження, крім того на базі теплових насосів можливе впровадження централізованої системи кондинсіювання та опалення, що є енергозберігаючим закладом і підвищує комфортність перебування персоналу у приміщеннях.

Іншим варіантом є ґрунтові (геотермальні) теплові насоси, які використовують відносно стабільну температуру ґрунту (на глибині 50–100 м протягом року ~10–12 °C). Вони демонструють ще вищий та більш стабільний COP (4–5), оскільки взимку працюють із теплішим джерелом тепла, ніж холодне повітря .

Кондиціювання виробничих приміщень за допомогою теплових насосів також є привабливим заходом. Фактично, будь-який компресійний чилер або спліт-система – це реверсивний тепловий насос. Багато сучасних промислових кондиціонерів дозволяють працювати у режимі теплового насоса, забезпечуючи як охолодження влітку, так і обігрів в перехідний період. Впровадження централізованої системи кондиціювання на базі теплового насоса (наприклад, чилер з реверсивним циклом + фанкойли в цехах) може підвищити комфорт для персоналу і якість продукції (за

потреби підтримки стабільного мікроклімату), одночасно оптимізувавши споживання енергії. Слід зазначити, що повітряно-теплові насоси здатні одночасно охолоджувати одні зони і нагрівати інші, перерозподіляючи тепло, що особливо ефективно, якщо різні цехи мають різні теплові режими. Таким чином, використання теплових насосів для кондиціювання може бути інтегроване в загальну систему утилізації низькопотенційного тепла на підприємстві.

Звичайно при визначені доцільності застосування теплового насосу треба врахувати термін окупності цього засобу, інвестиції у встановлення теплових насосів залежать від багатьох факторів в тому числі його типу і потужності. Середня вартість встановлення теплових насосів на виробництві 1000$ на 1 кВт теплової насос потужності 1 МВт може коштувати біля 1млн євро. Але він здатний постійно нагрівати воду до 90 °C. Середньо температурні теплові насоси коштують приблизно 0,5 млн євро. Встановлення теплових насосів також як правило вимагає оптимізація роботи теплообмінників, збільшення площі радіаторів та інше, без такої одночасної модернізації теплові насоси не можуть дати максимальної ефективності.

Перед впровадженням використання теплових насосів треба оцінити склад і стан існуючої системи опалення бо в залежності від того які види котлів використовуються економія буде визначатися співвідношення цінна первинне паливо і ефективность котлів. Якщо наприклад, газовий котел має ККД наближений до 90%, а ціна газу становить, 25 грн/м³,вартість 1 кВт·год тепла становить ~2,5 грн. Вартість 1 кВт·год тепла при використанні теплового насосам (тариф на електроенергію 5,5 грн/кВт·год, коефіцієнт перетворення насоса дорівнює 3 буде ~1,8 грн), другий варіант (використанням теплового насосу є більш економічним). Якщо ціни на електроенергію будуть різко зростати, економічність доцільність встановлення теплових насосів буде знижуватись.

Виходячи зі всього вищесказаного можна зробити висновок, що використання теплових насосів безпосередньо на заводі запасних частин є доцільним. За умови правильного вибору типів і потужносте теплових насосів вони можуть будь використанні для опалення як виробничих цехів так і адміністративних приміщень. Доцільно перш за все використовувати повітряні теплові насоси, а ґрунтові насоси підвищують ефективність загальної системи. Детальні економічні розрахунки доцільності використання теплових насосів на заводі буду наведенні нижче.

Оскільки на підприємстві планується встановлення різних відновлювальних джерел енергії треба провести остаточний розрахунок економічних ефектів від впровадження всіх заходів цього напрямку. Перш за все оцінити можливий вклад сонячної генерації та встановлення теплових насосів у загальний енергетичний баланс заводу.

Основна мета розрахунків це визначити очікуваної економії енергоресурсів, оцінка зниження грошових витрат і визначення ефективності інвестицій. Вихідними даними для розрахунків є данні наведенні в роботі вище. Розрахунки виконані для випадку, коли завод буде одночасно – встановлювати сонячні панелі і теплові насоси. Вихідні дані та результати розрахунків наведені в таблиці 4.1.

Економічної доцільность не можливо встановити поки не визначено яку частину загального споживання енергії заводом візьмуть на себе альтернативні джерела. Якщо споживання електричної енергії за рік до впровадження заходів становить 25 млн кВт·год, при встановленні сонячної генерації потужністю в 1000 кВт (1,2 млн кВт·год, за рік сонячні панелі по криють близько 5% від споживання електричної енергії підприємства за рік. В літній період частка енергії що генерується сонячними панелями може сягати 30%. Крім того встановлення сонячних панелей призведе до вирівнювання графіка навантаження заводу, бо вони дозволять знизити саме денні піки навантаження.

Якщо до модернізації підприємство споживало 800 Гкал теплової енергії за опалювальний сезон, що приблизно відповідає 950 МВт·год тепла. Це тепло отримували від використання газових котлів та електронагрівачів. Якщо впроваджується тепловий насос сукупною кількох потужністю 500 кВт тепла, то при середньому коефіцієнту перетворення 3 вони дадуть за сезон ~ 900 МВт·год тепла. При цьому споживання електричної енергії тепловими насосами 300 МВт·год електроенергії в рік. Таким чином використання теплових насосів повністю по криє енергію яку виробляє сучасна система опалення, але змінить перерозподіл електричного навантаження. Споживання газу при цьому знизиться на 100 тис. м³ за сезон. У разі, коли раніше використовувалися електричні нагрівачі, економія електроенергії складе ≈600 МВт·год (бо раніше на 900 МВт·год тепла витрачалося 900 МВт·год електрики, а тепер – 300 МВт·год). Найімовірніше на практиці має місце комбінація: частина тепла від газу, частина – від електрообігрівачів, тож інтеграція ТН призведе і до скорочення споживання газу, і до певного перерозподілу електричного навантаження.Зведемо ключові показники для запропонованих заходів у Таблиці 4.1. У таблиці представлено: встановлену потужність, очікуваний річний виробіток або економію енергії, оціночні інвестиційні витрати та питомі показники ефективності. Вартісні дані взяті з актуальних ринкових джерел станом на 2025 рік .

Таблиця 4.1 – Результати одночасного впровадження сонячних панелей та теплових насосів

Заходи з підвищення енергоефективності	Потужність відновлюваних джерел	Очікуванийефект, від впровадження	Інвестиції	Зниження використання електроенергії

Сонячна генерація	1000 кВт	1200 МВт* год	800 тис.	5%
Теплові насоси	500 кВт тепл.	90 т нм³ газу, 600 МВт·год	500 тис.	3%
Сумарний ефект впровадження двох заходів	–	Еквівалентно 1800 МВт·год енергії (за рік)	≈1300 тис. USD	8%

**Примітка:* наведена економія електроенергії для ТН стосується варіанту заміни електроопалення; у разі заміщення газового опалення економія електрики від'ємна (ТН додає навантаження ~300 МВт·год/рік), але зберігається економія палива ~100 тис. м³ газу/рік. Інвестиції в СЕС розраховані із ~$800/кВт, в ТН – ~$1000/кВт тепловий.

Таким чином запропоновані заходи дозволяють заощаджувати щороку відчутну частину споживаної енергії від традиційних джерел. Це говорить про можливість підвищення енергоефективності, одже використання сонячної енергії та теплових насосів на підприємстві є доцільним, крім того використання відновлювальних джерел робить енергетичну частину заводу менш залежної від зовнішніх факторів. У наступному розділі проведена економічна оцінка ефективності впровадження цих заходів.

5 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЄВЕКТИВНОСТІ

У цьому розділі проведен розрахунок витрат на впровадження сонячної генерії та теплових насосів на заводі запасних частин. Вихідними даними для розрахунку є актуальні ринкові параметри станом на 2025 рік. При проведені розрахунків береться до уваги ціна необхідного обладнання і монтажних робіт. Витрати на спорудження сонячної електростанції включають такі показники вартість обладнання (фото модулів, інверторів, кабелів, систем автоматики та ін.), проектні та монтажні роботи. Ціна фотомодулів становить ~ 50% від загального бюджету установки . Оскільки на заводі необхідно встановити приблизно 3000 панелей (потужністю по 350 Вт кожна середня ціна за панель ~ 200$), то загальна вартість модулів біля 600 тис. дол. Силові інвертори приблизно коштують 150 тис. дол., конструкційні елементи схеми та комутаційне обладнання–100 тис. дол. Приблизно 15% загальних втрат буде потрачено на проектні та монтажні роботи.

Таким чином маємо загальні витрати:

Фотомодулі загальною потужністю 1 МВт – 600 тис. дол. (3000 × 200)

Інвертори–1,1МВА–150тис.д.ол .

Конструкційне обладнання– ~100 тис. дол.

Монтажні та проектні роботи – 50 тис. дол.

Разом це становить приблизно: 900тис. дол. (що еквівалентно ~31 млн грн при існуючому курсі. Раніше було сказано що 1 кВт сонячної потужності коштує . Звичайно використані ціни є приблизними фактичні значення загального кошторису можуть змінюватись залежно від обладнання що використовується. Також використання фотомодулів більшої потужність змінює кількість модулів і зменшує витрати на

монтажні роботи. Якщо модулі розміщенні на дахах треба мати посилені конструкції, які є більш дорогими.

Кошторис на впровадження теплових носіїв враховує ціну кожного насоса та його допоміжного обладнання а також проектних та монтажних робіт.

Для потреб системи опалення і конденціювання будуть встановлені повітряні насоси сумарною потужність 0.5 МВт, обґрунтування цієї величині проводилось у попередньому розділі. Встановлюємо 5 насосів потужністю 100 кВт енергії кожний. Середня ціна одного такого насосу більше 90 тис. дол. Таким чином, основне обладнання буде коштувати до 500 тис. дол. Крім самих насосів треба встановити буферні ємності, , нові теплообмінники, систему автоматичного керування насосу (або провести модернізацію старих). Це потребує до 100 тис. дол. Монтажні роботи при встановлені теплових насосів є досить складними і оцінюються приблизно 10% від вартості основного обладнання. Сумарні інвестиції таким чином сягають такої величини 600 тис. дол.

При встановлені теплових насосів ґрунтового типу коштори зростає через необхідність буріння свердловин. Це сотні тис. грн. додатково. Виходячи з цього, а також враховуючи величину території яка може використана для буріння (є малою). Уданій роботі питання впровадження ґрунтових насосів не розглядається.

Таблиця 5.1 – Результат розрахунку витрат на одночасне встановлення сонячної генерації і повітряних насосів

Призначення інвестицій	Сонячна генерація	Повітряні насоси
Основне обладнання	600 тис.	500 тис.

Допоміжне обладнання	120 тис.	50 тис.
Монтажні роботи	80 тис.	50 тис. (проєктні, монтажні, пусконалажені роботи)
Проектування, монтаж та ПНР	50 тис.	100 тис.
Разом, дол.	850 тис.	650 тис.
Разом, грн (36,5 грн/$)	31 млн грн	22 млн грн

Слід зазначити, що наведені витрати можуть змінюватись при розробці проекту і особливо на стадії провадження. Бо може бути не обхідним заміна структури системи електропостачання, заміна покриття дахів перед встановлення модулів, будівництво нових теплотрас та інше. Таким чином наведене кошторис є оцінюючим, але підтвердженим практичним досвідом. Для реалізації проекту є можливість використання пільгового державного фінансування та знижок, бо на 2025 рік програми підтримки енергоефективності діють, також є можливість залучення коштів багатьох світових банків під низький відсоток на програми енергозбереження.

Отже, загальні витрати на одночасне впровадження двох закладів складають 53 млн грн. Це дозволяє стверджувати, що при тенденції зростання цін на електричну енергію щорічне економія коштів буде зростати, але для професійної оцінки даних заходів треба визначити кілька економічних показників.

Основним показником економічної доцільності будь якого заходу з енергоефективності є термін окупності. Він показує, коли економія коштів зрівняється з початковими інвестиціями, тобто це є відношення загальних витрат до річної економії коштів:

$$Tок. = \frac{\{53млн.грн\}}{\{11.4\ рік\}} = 4.7\ року$$

Річна економія грошових витрат складається з річної економії від сонячної генерації і від теплових насосів.

Щоб визначити річну економію від сонячної генерації треба помножити 1.2 млн кВт · год ·7 кВт/ грн. Бо сонячна електростанція за попередніми розрахунками виробляє 1.2 млн кВт енергії за рік, а 7 тариф на електричну енергію для підприємства.

Для визначення економія використання теплових насосів треба перш за всен визначити який вид енергії від традиційних джерел вони замінюють. Якщо електричне опалення (наприклад електрокотли), слід перемножити величину зменшення споживання енергії на той самий тариф, тобто 0.6 млн кВт · год · 7 що призводить до результату 4.2 млн грн\рік. Якщо повітряні насоси заміняють газові котли для визначення економії коштів треба перемножити величину економії природнього газу (100 тис. м³/рік), і нині встановлено ціну газу (20 грн/м³), тоді економія складає 2 млн грн\рік

Для визначення результату візьмемо значення бо реальна ситуація нам не відомо.

Таким чином загальна річна економія грошових витрат становить суму:

$$\Delta C_{\{\{total\}\}} = \Delta C_{\{pv\}} + \Delta C_{\{hp\}} \approx 8{,}5 + 3{,}0 = 11{,}5 \left\{ \frac{\text{млн. грн}}{\text{рік}} \right\}.$$

Отриманий величина для терміну окупності складає менш 5 років що свідчить про доцільність його впровадження.

Навіть при низькому тарифі на електроенергію коли економія від впровадження повітряних насосів є невеликою проект окупиться менш ніж за 6 років. В реальних умовах (збільшення тарифів на електричну енергію)

Для перевірки чутливості проведемо оцінку окупності в різних сценаріях цін та ефективності (табл.5.2):

Таблиця 5.2 – Розрахунок окупності проекту за різних припущень щодо тарифів і структури економії

Сценарій	Економія від СЕС, млн грн/рік	Економія від ТН, млн грн/рік	Σ Економія, млн грн/рік	Термін окупності, років
Оптимістичний (тариф 8 грн/кВт·год, вся економія ТН за рахунок електрики)	9,6	4,2	13,8	3,8
Базовий (тариф 7 грн, змішана економія ТН)	8,4	3,0	11,4	4,6
Консервативний (тариф 6 грн, основна економія ТН на газі)	7,2	2,0	9,2	5,8

Навіть при низькому тарифі на електроенергію коли економія від впровадження повітряних насосів є невеликою проект окупиться менш ніж за 6 років. В реальних умовах (збільшення тарифів на електричну енергію), термін окупності зменшується до 4 років. Слід підкреслити що термін окупності не враховує зміну вартості грошей у часі та збільшення сплати за енергетичні ресурси. Якщо взяти до уваги щорічне підвищення ціни на електроенергію приблизно на 7%, то реальна економія коштів буде зростати щороку, знижуючи термін окупності.

Таким чином, визначена величина терміном окупності підтверджує доцільність одночасного впровадження сонячної генерації і повітряних насосів. Далі визначимо, який самий ефект отримає впровадження заходів.

При впроваджені розглянутих заходів, а саме власної сонячної станції та повітряних насосів, відбудуться структурні зміни та зміни обсягів енергоспоживання заводу. Це матиме прямий вплив на його операційні витрати. Проведемо аналіз як саме скоротяться витрати підприємства, та як це позначиться на відсотку енергетичних витрат у собівартості продукції. До використання сонячної генерації і теплових заходів завод отримував всю необхідну електричну енергію з електроенергетичної системи за тарифами які встановлені.

Якщо річне споживання становить 25 млн кВт·год, середній тариф – 7 грн/кВт·год., річні витрати на електроенергію дорівнювали 180 млн грн. Після реалізації проекту відбуваються одночасно зменшення закупівлі електроенергії через використання сонячної генерації і збільшення закупівлі електроенергії на повітряні насоси, якщо вони заміщують газове опалення. Збільшення витрат на електричну енергію не є суттєвим, бо теплові насоси дуже ефективні. За розрахунками наведеними вище сонячна генерація забезпечує 1,2 млн кВт·год, що еквівалентно скороченню витрат на 8,5 млн грн на рік. Частка покриття власної генерацією становить близько 5% від загального річного споживання, приблизно така ж частка від попередніх витрат на електроенергію буде зекономлена.

Якщо теплові насоси, заміщують неелектричне опалення, тобто збільшують споживання електричної енергії в нашому випадку на 0,3 млн кВт·год. (приблизно 2 млн грн додаткових сплат).Але ж оцінюючи витрати на газ, який використовувався до впровадження заходу, так же складають 2 млн грн. Якщо ж раніше використовувалось електричне опалення то теплові насоси, зменшуть загальне споживання електричної енергії на 0,6 млн кВт·год., що в грошовому еквіваленті сягає 4 млн грн. В різних цехах можуть мати місце різні ситуації (різні види споживання первинних

Ззагальне скорочення витрат на електроенергію (мережеву) після впровадження заходу становить мінімальну шість цілих п’ять десятих мільйонів грн на рік, якщо повітряні насоси замінили електричне опалення і максимально дванадцять цілих сім десятих мільйонів гривень на рік при заміні повітряними насосами електричного нагріву. Середня очікувана економія становить одинадцять мільйонів гривень за рік (6%) скорочення річних витрат.

Ці 11 млн. грн можуть бути спрямовані заводом в тому числі на впровадження подальші заходи з модернізації. В додатку Е

Примітка: У прикладі припускається, що до проекту витрати на електроенергію становили 175 млн грн/рік, на газ – 10 млн грн/рік; після проекту – відповідно 164 млн та 0 млн грн/рік. Частка зекономлених коштів від загальних енерговитрат виділена зеленим.*

Оскільки загальна економія досягається без зниження обсягів продукції, а за рахунок підвищення ефективності то собівартість продукції зменшується конкурентоспроможність підприємства зростає. Крім того підвищується стійкість заводу до можливих коливань тарифів.

До непрямого економічного ефектів слід віднести підвищення надійності енергопостачання, за рахунок власної електричної генерації і дублювання нагріву тепловими насосами. Це знижує простої виробництва під час аварій та відключень, крім того встановлення сучасного обладнання призводить до зменшення витрат на обслуговування та ремонт.

Аналіз енергетичного балансу підприємства, дозоляє стверджувати що після впровадження програми покращується показник питомих витрат електроенергії на одиницю продукції. Якщо прийняти, щодо впровадження до на випуск продукції витрачалося 100% умовної енергії, після впровадження приблизно 92%. Це підвищує енергетичну ефективність.

Слід ще раз зазначити що всі отримані результати базуються на існуючих сьогоднішніх цінах і тарифах. Якщо завод застосує

енергоефективну стратегію, що включає акумулювання тепла для його максимального використання нічного тарифу, а також максимально перенесе споживання електричної енергії на години роботи сонячної станції, економічний ефект буде зростати.

Всі розрахунки підтверджують правильність обраних заходів і їх сприянню загальному підвищенню енергоефективності заводу запасних частин.

6 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА РОЗРОЬБКА РЕКОМЕНДАЦІІ ЩО ДО МІНІМІЗАЦІЇ ШКИДЛИВИХ ФАКТОРІВ

Функціонування промислових підприємств, в тому числі при впровадження енергозберігаючих заходів повинно відбуватись з обов'язковим виконанням екологічних норм. На сьогоднішній день екологічні питання є дуже актуальними і не можуть не враховуватись у будь яких напрямках діяльності людини, під екологічною безпекою треба розуміти стан навколишнього середовища при якому виключається можливість погіршення екологічної обстановки. Розглянуті захлди з підвищенням енергоефективності повинні мати не лише економічний ефект, а і бути безпечними для території підприємства і прилеглого простору. Тому далі проведено оцінку екологічних наслідків розглянути закладів та розроблені відповідні рекомендації.

Впровадження нових енергетичних технологій мають вплив на заводі (зокрема сонячних панелей з інверторами, систем LED-освітлення, автоматизованої системи управління енергоспоживанням (АСУЕ) та теплових насосів) вимагає ретельного дотримання норм і правил охорони праці. Безпечна експлуатація означає, що все обладнання використовується відповідно до інструкцій виробника і чинних нормативних актів, а персонал проінструктований та забезпечений засобами захисту.

Отже, для безпечної експлуатації всього нового енергоефективного обладнання на підприємстві необхідно дотримуватися комплексних вимог охорони праці. Кожен вид техніки має свої специфічні небезпечні фактори, але загальні принципи зводяться до такого: персонал повинен пройти відповідне навчання та інструктажі з безпечної роботи; мають бути розроблені або оновлені інструкції з охорони праці для обслуговування сонячних установок, електрообладнання, насосів тощо; під час монтажу і експлуатації слід керуватися вимогами державних нормативних актів

(НПАОП, ДСТУ, ДБН), що стосуються відповідного обладнання та робіт підвищеної небезпеки[38].Так, роботи на висоті регламентуються не тільки внутрішніми інструкціями, а й державними Правилами охорони праці під час виконання робіт на висоті (НПАОП 0.00-1.15-07), якими встановлено вимоги до страхування, огляду засобів підмощування, порядку оформлення нарядів-допусків тощо . Роботи в діючих електроустановках мають виконуватися відповідно до Правил охорони праці при експлуатації електроустановок (НПАОП 40.1-1.01-97 та галузеві нормативи), де визначено необхідну кваліфікацію персоналу, заходи підготовки робочого місця, використання електрозахисних засобів. Крім того, персонал повинен знати порядок дій у разі виникнення аварійних ситуацій – загоряння панелі, витоку холодоагенту, ураження струмом працівника – і мати напоготові необхідні засоби першого реагування (пожежні вогнегасники належного типу, аптечки, ізолюючі штанги тощо). Дотримання цих вимог не лише запобігає травматизму, але і сприяє надійній, безперервній роботі нового енергоефективного обладнання. Таким чином, енергоефективні заходи, реалізовані на заводі запасних частин, відповідатимуть принципам безпеки праці, а їх вплив на здоров’я та життя персоналу буде позитивним – зменшиться число шкідливих чинників (кращий мікроклімат, освітлення), підвищиться загальна виробнича безпека і культура праці.

Будь які заходи, з енергоефективності мають вправа на існування тільки в тому разі, якщо їх впровадження негативно не впливає на природне середовище, а дуже бажано щоб їх покращувало.

Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», наголошує що екологічна безпека забезпечується саме у неможливлюванням станом природного середовища через будь-яку технологічну діяльність.

Отже окрім оцінки економічної ефективності треба розглянути як кожен із заходів і системи в цілому впливає на екологічний стан заводу, прилеглих території та навколишнього середовища в загалі.

Використання сонячної генерації дає позитивний екологічний ефект бо, не дає ні яких забруднюючих атмосфери. Енергія сонячних батареї скорочує використання традиційних природних корисних копалин, тому що заміщує собою електричну енергію з мережи електропостачання. Крім зменшення кількості електричної енергії що споживається заводом, сонячна генерація дозволяє зменшити технологічні викиди CO_2. Міжнародне Енергетичне Агентство стверджує, що розвиток сонячної енергетики є базовим для програми скорочення шкідливих забруднювачів. Виробництво 1 кВт·год електроенергії сонячної електростанцією характеризується майже на 90% меншими сумарними викидами CO_2, ніж виробництво 1 кВт·год на тепловій електростанції (мається на увазі станція, яка використовує вугілля в якості палива). Також електростанція не викидає в повітря шкідливих газів, бо оксиди сірки та азоту, пил, димові гази повністю відсутні. При використанні сонячних електро-станції покращується якість повітря на території самого заводу і навколишнього простору. Цей ефект е максимальним коли, сонячна генерація замінює собою власні котельні чи теплові станції. Також, оскільки цей вид генерації знижує необхідність скорочує кількість вироблення електричної енергії на традиційних електростанції то це зменшує негативний тиск на оточуюче середовище з боку енергетики. Оскільки завод запасних частин буде використовувати сонячну генерацію, питомі викиди парникових газів на одиницю продукції зменшується. Це говорить, що тим самім виконується загальнонаціональні зобов’язання з декарбонізації промисловості.

Використання сонячної енергії зменшує залежність заводу від постачань електроенергії, тим самим підвищуючи енергетичну безпеку підприємства. Також зменшується необхідність використання застарілого

власного обладнання (наприклад старих дизель-генераторів), в якості джерел енергії.

Все ж таки треба зазначити що сонячна генерація потенційно може мати деякий негативний вплив на оточуюче середовище. Це стосується перш за все утилізації сонячних модулів після закінчення терміну використання. Хоча цей показник для сучасних модулів є великим (більше 25 років), але після впливання цього часу все одно виникає технічна проблема їх утилізації та заміни на нові, якщо дивитись на проблему в глобальному масштабі у найближчі 10 років технічно розвинуті країни повинні будуть утилізувати мільярди відпрацьованих модулів. Оскільки ці конструкції містять свинець, кадмій, телур, важкі метали, полімери, скло, то такі відходи не можна захоронювати без переробки, бо це призведе до отруєння ґрунту і води. Також саме виробництво сонячних модулів потребує великої кількості електричної енергії та інших ресурсів. Якщо енергія, затрачена на виробництво панелей, окупиться в процесі їх експлуатації, утилізація залишається болісним питанням. Не можна не сказати, що використання власної сонячної станції може частково змінити природний ландшафт території заводу і прилеглих території. Так відблизькування сонячних батареї може спричинити незручності для працівників заводу та мешканців прилеглих будинків. Тому в сучасних панелях бажано використовувати сучасне просвітлене скло. Розташовувати їх треба під кутом, який призводить до мінімуму віддзеркалення. Якщо панелі знаходяться на дахах, не якого впливу на ґрунт вони не мають якщо на землі то це виводить з природного ландшафта ділянкою під ними. Якщо мова йдеться про потужні станції(велику кількість модулів питання чого їх) це становить серйозну проблему. З іншого боку сонячні електростанції притаманний мінімальний рівень шуму від інверторів, тому акустичний ефект майже відсутній.

Тож в цілому, враховуючі всі плюси та мінуси можна стверджувати, що сонячна генерація з екологічного точки зору має переваги відносно традиційних джерел електроенергії. ефективність суттєво знижується і постає питання заміни та утилізації великого обсягу панелей . Експерти застерігають, що в глобальних масштабах у найближчі десятиліття мільярди відпрацьованих сонячних панелей потребуватимуть утилізації та заміни . Самі по собі фотомодулі є композитним відходом, що містить скло, алюміній, полімери і невелику кількість важких металів (наприклад, у тонкоплівкових панелях присутні кадмій і телур, у кремнієвих – свинець у припої контактів та невеликі домішки срібла). Якщо такі відходи потрапляють на звалище без переробки, можливе вилуговування токсичних елементів у ґрунт та воду . Тож неконтрольоване захоронення відпрацьованих панелей становить ризик для довкілля. По-друге, виробництво самих сонячних панелей пов’язане з витратами енергії та матеріалів (кремній потребує енергомісткого очищення, використовуються хімікати для травлення пластин тощо). Проте дослідження життєвого циклу показують, що протягом кількох років роботи панелі повністю “окупають” ту енергію, яка була витрачена на їх виробництво, і надалі працюють у значний “екологічний плюс” . По-третє, можливі локальні впливи від впровадження СЕС на території підприємства: зміна ландшафту (якщо панелі встановлено на ґрунті), потенційний ефект відблисків (бліку) від панелей на прилеглі території, а також необхідність утилізації допоміжних матеріалів (пакування, демонтовані конструкції під час монтажу). Відблиски сонячних батарей теоретично можуть спричинити незручності (наприклад, для водіїв або мешканців сусідніх будівель), але в сучасних панелях використовують просвітлене скло та розташовують їх під кутом, що мінімізує віддзеркалення. Ризик цього впливу в промисловій зоні є незначним. Щодо впливу на ґрунт та біоту: якщо панелі розміщені на дахах, жодного впливу на земні екосистеми немає; якщо ж на землі – ділянка під

ними виводиться з користування, але під панелями може продовжувати рости трава, а через відсутність викидів і шуму від СЕС навколишня фауна не зазнає шкідливих впливів. Шум від інверторів та трансформаторів СЕС мінімальний (вони зазвичай створюють тихе гудіння, яке майже не чути на відстані кількох десятків метрів), тому для прилеглої території акустичний вплив сонячної електростанції відсутній або незначний. Отже, запропонована СЕС має суттєвий позитивний вплив на екологію, знижуючи викиди парникових газів та інших забруднювачів, але потребує уваги до питань утилізації панелей в майбутньому і дотримання норм екологічно безпечного виробництва протягом життєвого циклу.

Як вже говорилось вище якщо на підприємствах використовується система освітлення з традиційними джерелами світла (лампи розжарювання, дугорозрядні, люмінесцентні), то споживання електричної енергії такими системами сягає 20% від загального об’єма спожитої електроенергією. З цього випливає, що модернізація освітлювальних систем екологічним сприятним заходом, бо вона буде сприяти зниженню загальних витрат електричної енергії. В свою чергу це зменшення шкідливих викидів від теплових електростанції. Особливо в цьому напрямку є ефективним використання нових світлодіодних ламп. Практично доведено що використання сучасних LED-систем сприяє значну зменшенню кількості забруднюючих викидів та парникових газів, оскільки ці системи споживають в середньому на 75% менше традиційних систем освітлення. Заміна однієї лампи розжарювання потужністю 100 Вт на світлодіод потужністю 20 Вт (ці лампи забезпечують створення однакого світлового потоку). Відповідає зниженню на 20 кг викидів вуглекислого газу протягом року. Для заводу запасних частин, на якому таких ламп сотні (як і на будь-якому підприємстві), загальне скорочення викидів буде значним. Також зміниться і тепловий баланс у приміщення, бо світлодіоди майже не випромінюють тепла.

Але мабуть з екологічної точки зору найбільш значущим фактором переваги світлодіодів є відсутність в складі таких ламп, ртуті. Ртуть дуже токсична речовина, тому всі газорозрядні лампи належать до 1-го класу небезпечних відходів. Щоб не допускати ртутного забруднення середовища такі лами треба утилізувати, використовуючи спеціальні технології. Використання світлодіодів повністю нівелює цю загрозу. Взагалі відпрацьовуванні світлодіоди дають значно меншу кількість відходів, але певні проблеми утилізації залишаються, бо цім лампам притаманні електроні відходи (наприклад чипи). Такі відходи не є токсичними, вони містять цінні метали і, виходячи з необхідності економії ресурсів, доцільно далі використовувати переробні технології.

При проведенні модернізації старих освітлювальних систем постає питання одночасної утилізації великої кількості відходів, Але це є одноразова акція, її вслід враховувати при складені плана проведеної організації.

При використанні особливо зовнішнього освітлення створеного на базі світлодіодів може породжувати проблему світлового забруднення в нічні години. Але це питання легко знімається, якщо використовувати сучасні світильники з можливостями екрануванням. При використанні світлодіодів в середині приміщення (в тому числі у промислових цехах) вони сприяють більш рівномірному розповсюдженню світлового потоку і підвищенню рівня кольору передачі. Це безпосередньо позитивно впливає на людській зір, і як вторинний наслідок підвищує ефективність виробничого процесу.

Інструментом екологічного менеджменту є сучасна автоматизована система обліку і контролю, хоча позитивний вплив цієї системи на природне середовище носить опосередований характер системи АСУЕ сприяє загальному підвищенню ефективності виробництва, знижуючи

перевитрати всіх видів ресурсів і тим самим зменшуючи тим самим негативний тиск на довкілля.

Як технічну задачу можна розглядати тільки той факт що складові частини цієї системи будуть при закінчені терміном використання являтись електронними відходами. Проте їх термін експлуатації досить довгий, а обсяг майбутніх відходів не є великим. Також треба слідкувати що після впровадження нових систем старі утілізовувались і перероблялись за всіма екологічними нормами.

Отже можна стверджувати що сучасні системи контролю і управління являються екологічним засобом завдяки сприянню енергозбереження.

В даній роботі доведено економічну доцільність використанні на підприємстві теплових (а саме повітряних) насосів. Екологічна доцільність впровадження цього обладнання в ґрунтується на відсутності викидів всіх видів забруднювачів. Таким чином на території заводу і на прилеглих територіях зменшується наявність шкідливі викидів. Особливо цей ефект відчутний безпосередньо на заводі, якщо тепловий насос замінює собою роботу газового котла, чи котла який працює на мазуті. Також використання повітряного насосу сприяє зменшенню споживання первинної енергії (на вироблення 1 ГДж повітряному насосу потрібно в 4 рази менше еквівалентної кількості енергії, ніж тепловій станції), виходячи з цих міркування можна стверджувати, що впровадження теплових насосів зменшує кількість парникових газів та інших шкідливих викидів.

Теплові насоси також дозволяють зменшити забруднення водних ресурсів, бо вони заміщують собою традиційні котли, яким потрібно для роботи велика кількість води, а ця вода перед використанням проходить хімічну обробку. Таким чином створюються проблема «стічних вод». Теплові насоси потребують значно меншої потреби води, не здійснюють прямих скидів вод, забрудненими хімікатами. Це знижує навантаження на системи відведення води. Крім того теплові насоси не потребують палива,

його доставки, зберігання, тим самим унеможливлюючи такі явища, як наприклад розлив нафти.

Повітряні насоси для своєї роботи використовують холодоагенти, с цим пов’язаний мабуть єдиний екологічний ризик, бо потрапляння в атмосферу таких речовин є небажаним, такий небажаний процес може відбутися тільки в результаті витоку холодоагенту через порушення герметичності. Холодоагенти утворюють парникові гази (1 кг холодоагенту дорівнює в середньому викиду 2 т CO_2). Вихід із ситуації – належний умови експлуатації і контроль за станом обладнання. Треба також використовувати холодоагенти нового покоління, бо вони є екологічно безпечнішими

Люди які знаходяться безпосередньо на території заводу можуть відчувати не значне підвищення рівня шуму, тому теплові насоси треба розміщувати таким чином, щоб екранувати створений ними звук. Використовують також шумопоглинальні бар’єри, також зниженню розповсюдження шуму і поглинанню вуглецю сприяють зеленні насадження.

Проблема утилізації старого обладнання при впровадження теплових насосів є такою ж актуальною як і для модернізації інших систем вона повинна відбуватися за прийнятими правилами (наприклад старі газові пальники в ході утилізації треба очистити від залишків палива. В цілому можна стверджувати що запропоновані в роботі заходи позитивно впливають на стан навколишнього середовища, знижується шкідливі викиди, зменшується кількість відходів. Існуючи негативні ризики можуть бути мінімізовані шляхом використання нових технології, обладнання і матеріалів.

Екологічна безпека кожного конкретного підприємства досягається реалізацією цілого ряду технічних і організаційних заходів .

На основі аналізу потенційних екологічних ризиків, розроблен план заходів який повинен мінімізувати можливі негативним наслідки від впровадження енергоефективних закладів. Ці рекомендації розроблено на основі Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» і наведені у додатку.

Згідно рекомендації технічна модернізація повинна відбуватись одночасно з провадженням систем екологічної та соціальної відповідальності. Тоді завод може не тільки отримати прямий економічний ефект, а і досягне високих стандартів безпеки та екологічності. Всі запропоновані заходи є взаємопов’язаними та взаємо-необхідними. Всі вони узгодженні з національними і міжнародними стандартами.

ВИСНОВКИ

Аналіз впровадження енергоефективних закладів підтверджує доцільність розробки комплексної програми енергоефективності для сучасних підприємств, в тому числі заводу запасних частин. Висока енергоємність більшості сучасних виробництв обумовлена використанням старих технології, а також фізично і морально зношеного обладнання. Тому потенціал енергозбереження у промисловому секторі є величезним.

Для складання комплексної програми енергозбереження на заводі запасних частин у кваліфікаційній роботі проведено енергетичний аудит, що дозволило виявити структуру енергоспоживання та основні джерела нераціональних втрат. Енергетичний аудит- перший і важливий крок розробки для будь якого об’єкту чи реалізації за результатами енергоаудиту виявлено найбільшими споживачами електроенергії на заводі є електроприводи технологічного обладнання та системи освітлення.

Доведено що с точки зору втрат електричної енергії належить відсутність частотного регулювання двигунів. Технологічне обладнання працює не ефективно в режимах не повного завантаження та перевантаження, компресори мають високі витоки стисненого повітря, в системах освітлення здебільш використовуються традиційні малоефективні джерела світу. Ці явища знижують загальну енергетичну ефективність виробництва, збільшують собівартість продукції. На заводі що є об’єктом дослідження частково впровадженні енергоефективні засоби але аналіз показує їх недостатність. Тому було прийнято рішення розробки комплексної програми енергозбереження.

Мета впровадження програми – підвищення ефективності використання енергії на заводі. Також треба знизити використання традиційних джерел енергії. Серед технічних рішень першочерговим є перехід до використання нових високоефективних двигунів і

частотнорегульованих приладів. Це рішення підтверджується не тільки розрахунками, а і практичним досвідом впровадження аналогічних заходів на сучасних підприємствах.

Також практичний досвід доводить що використання сучасних LED-системи може знизити використання електричної енергії на освітлення до 80%. За розрахунками, не зважаючи на відносно високу вартість світлодіодів впровадження такої системи окупиться за період до 2 років.

Наступний крок – впровадження автоматизованої системи управління енергоспоживанням з використанням цифрових технології. Система дозволяє виявлять відхилення нормального споживання енергії в реальному часі. Система дозволяє покращити якість технологічного процесу і досягти не менше 10% загальної економії енергії.

Серед використання альтернативних джерел енергії прийнято рішення створення власної сонячної станції для генерування електричної енергії, а також використання теплових насосів як джерело енергії в системах опалення і кондиціювання. Обидва джерела енергії зменшують залежність підприємства від зовнішніх факторів, сприяє ефективності та покращеню екологічних показників.

Усі заході запропоновані після проведення техніко економічного обґрунтування. Доведено, що реалізація комплексної програми дозволять скоротити на 10%.

Проведена екологічна оцінка впровадження енергозберігаючих заходів, та установлено що ці сприяють зменшенню небезпечних викидів, відходів і вуглекислого газу. Таким чином вони спряють покращенню екологічних показників.

Результати дослідження свідчать, що розробка та впровадження комплексної програми енергозбереження є економічно і екологічно доцільною.

Зведено таблицю прийнятих рекомендацій наведено у додатку.

Впровадження цих рекомендацій забезпечить економічний ефект та сталий розвиток у підприємства. Реалізація програми вимагає зацікавленості і активної участі керівництво підприємством і всього виробничого персоналу. Впровадження заходів потребує постійного внутрішнього моніторингу та залучення зовнішніх експертів.

Отже впровадження комплексної програми є завданням, яке охоплює економічні, технологічні та організаційні аспекти. Програма здатна зробити внесок о підвищення конкурентоспроможності заводу запасних частин в найближчий період часу та довгостроковій перспективі. Важливим наслідком втілення програми є покращення екологічних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1.Закон України «Про енергетичну ефективність» № 1818-IX від 15.07.2021 р. // Голос України. 2021. № 137. С. 6–13.

2.Закон України «Про альтернативні джерела енергії» № 555-IV від 20.02.2003 р. // Відомості Верховної Ради України. 2003. № 24. Ст. 155.

3.Кабінет Міністрів України. Розпорядження № 1224-р від 18.10.2021 р. «Про затвердження Національного плану дій з енергоефективності на період до 2030 року» // Урядовий кур'єр. 2021. № 203.

4.ДСТУ ISO 50001:2018. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови із застосування. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 35 с.

5.ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. Київ: Мінрегіон України, 2021. 68 с.

6.ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіон України, 2018. 46 с.

7.ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Київ: Мінекономрозвитку України, 2016. 16 с.

8.Агентство Держенергоефективності України. Національний звіт з енергоефективності за 2024 рік [Електронний ресурс]. Київ: Держенергоефективності, 2024. Режим доступу: https://saee.gov.ua (дата звернення: 12.05.2025).

9.Міністерство енергетики України. Енергетична стратегія України на період до 2050 р. [Електронний ресурс]. Київ: Міненерго, 2023. Режим доступу: https://mev.gov.ua (дата звернення: 12.05.2025).

10.World Bank. Ukraine Country Climate and Development Report. Washington, DC: World Bank, 2023. 207 p.

11.IRENA. Renewable Power Generation Costs in 2023. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2024. 76 p.

12.IEA. Energy Efficiency 2024 Report. Paris: International Energy Agency, 2024. 188 p.

13.Клименко Г. І. Методи енергетичного аудиту промислових підприємств // Вісник НТУ «Дніпровська політехніка». 2021. № 4(70). С. 121–129.

14.Коваленко С. П. Системи енергетичного моніторингу промислових підприємств // Технічна електродинаміка. 2021. № 4. С. 89–95.

15.Праховник О. М. Економічна ефективність впровадження сонячних електростанцій у промисловості // Економічний простір. 2023. № 182. С. 92–100.

16.Соловой М. О., Галь Г. М. Оптимізація роботи теплових насосів у системах кондиціювання виробничих приміщень // Вісник НУ «Львівська політехніка». Серія «Енергетика». 2024. № 3(692). С. 35–42.

17.Тарасюк О. В., Шевченко І. М. Вплив частотного регулювання на ефективність електроприводів промислових насосів // Електротехніка і електромеханіка. 2023. № 6. С. 72–78.

18.Iniesta-Pérez J., Rodríguez-Martín M., Santos-García M. Economics of LED lighting in manufacturing plants // Energy Reports. 2023. Vol. 9. P. 1231–1242.

19.Malinowski J., Nowak T., Heinen S. Heat pump applications in the industrial sector // Applied Thermal Engineering. 2024. Vol. 224. 120168.

20.Brolin M., Novak P., Andersson L. Energy management practices in SMEs: a case study approach // Journal of Cleaner Production. 2021. Vol. 329. 102794.

21.Holttinen H., Kiviluoma J., Weir D. Impact of variable renewable energy on electricity systems // Renewable Energy. 2021.Vol. 171. P. 1313–1325.

22.IFC. Energy Efficiency: A Guide for Industry. Washington, DC: International Finance Corporation, 2023. 148 p.

23.European Environment Agency. Europe's energy transition: Looking back to look forward. Luxembourg: Publications Office of the EU, 2023. 116 p.

24.REN21. Renewables 2024 Global Status Report [Електронний ресурс].Paris: REN21 Secretariat, 2024. Режим доступу: https://www.ren21.net (дата звернення: 12.05.2025).

25.UNIDO. Industrial Energy Efficiency for Sustainable Development. Vienna: United Nations Industrial Development Organization, 2023. 112 p.

26.Ganda F. Industrial energy efficiency: trends, policies and challenges // Energy Policy. 2022. Vol. 170. 113211.

27.Duarte S. H. Use of variable speed drives in industrial compressed-air systems // Energy Engineering. 2022. Vol. 119, No. 5. P. 29–39.

28.IEA. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. Paris: International Energy Agency, 2021. 224 p.

ДОДАТКИ

Додаток А Однолінійна схема електропостачання підприємства до модернізації

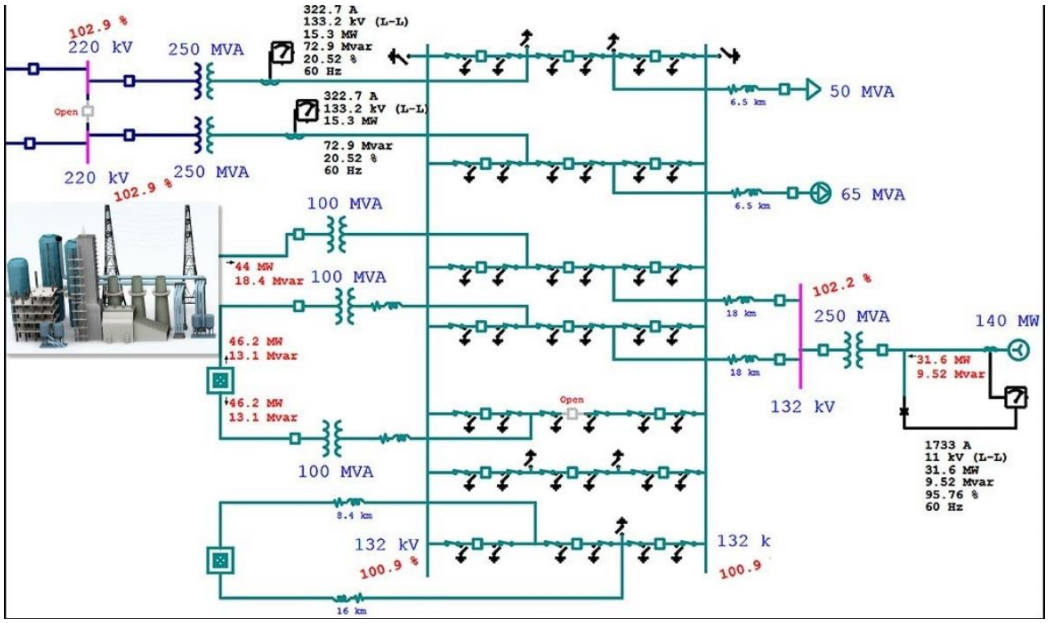


Рисунок А.1 – Базова однолінійна схема мережі 220/132/6,5 кВ заводу (до впровадження енергоефективних заходів)

Пояснення до схеми

1. Ввідна частина

Завод живиться від дволанцюгової ЛЕП 220 кВ (зліва), що підключена до трансформаторної підстанції 220/133 кВ, Sн = 2 × 250 МВА.

2. Високовольтна секція 132 кВ

- Секційовані збірні шини 132 кВ.
- До шин приєднані три блок-трансформатори 132/6,6 кВ потужністю по 100 МВА для технологічних навантажень.
- Передбачено кабельні відгалуження 8–18 км до віддалених підрозділів (позначено синім).

3. Секція 6,6 кВ

- Радіальна структура з відсутністю резервного кільця.
- Основні навантаження – асинхронні двигуни великої потужності (чорні стрілки).
- Зафіксовано перевантаження (102 %) і підвищені втрати реактивної потужності (червоні значення).

4. Допоміжні споживачі
   - Окрема гілка 132/11 кВ підключає турбінний генератор 140 МВт власної ТЕЦ; коефіцієнт навантаження 95,8 %.
   - Наявні дві неавтоматизовані секції АВР («Open» – розімкнені перемикачі).
5. Критичні вузли
   - Вузли з «вузьким горлом» по струму (позначено 102,9 % і 100,9 %) свідчать про дефіцит пропускної здатності.
   - Відсутність засобів компенсації реактивної потужності (Mvar) спричиняє перенавантаження трансформаторів.

Примітка. Схему побудовано у середовищі ETAP (версія 20) за даними енергоаудиту 2024 р.

Додаток А2 Система накопичення енергії BESS 1 МВт·год – структурна схема підключення

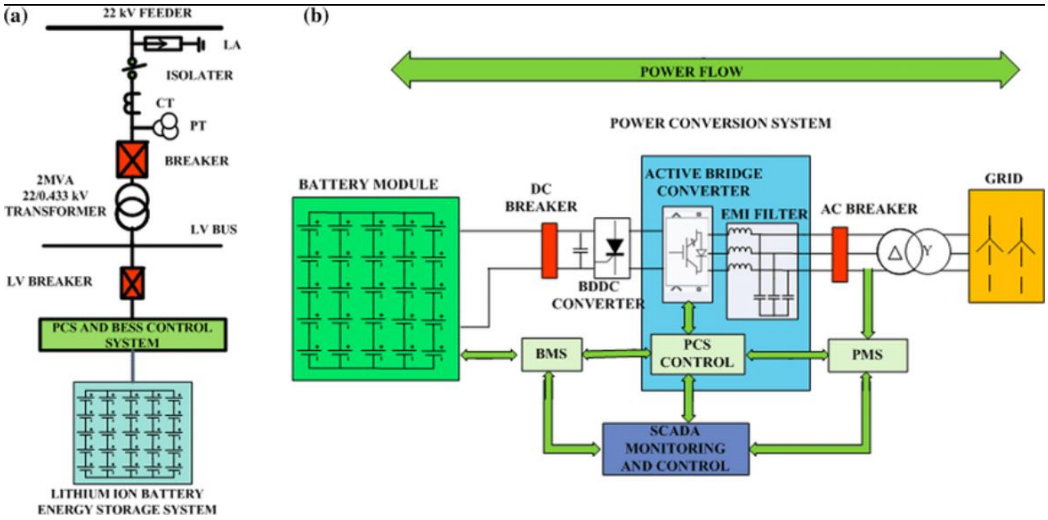


Рисунок А.2 – Структурна однолінійна топологія підключення літій-іонної батарейної системи зберігання енергії (BESS) через перетворювач PCS до мережі підприємства

Пояснення позначень (за рисунком):

Позначення	Елемент	Функція у системі
22 kV Feeder	Лінія, що підводить живлення до власної підстанції заводу	Зовнішнє мережеве живлення
LA, Isolator, CT, PT	Грозо-розрядник, вимикач-відокремлювач, трансформатори струму (CT) й напруги (PT)	Захист і вимірювання на високій напрузі
2 МВА 22/0,433 кВ Transformer	Силовий трансформатор, що знижує напругу до шини НН (0,4 кВ)	Гальванічне розділення мережі та PCS
Breaker / LV Breaker	Високовольтний та низьковольтний вимикач	Комутація, захист від КЗ
PCS and BESS Control	Перетворювач потужності (PCS) із контролером BESS	Двонаправлене перетворення DC ↔ AC, керування зарядом/розрядом
Battery Module	Стелаж літій-іонних комірок (1 МВт·год)	Акумулювання енергії

BMS	Battery-management-system	Контроль напруги, струму, температури батарей
DC Breaker / BDDC Converter	Захист і DC-конвертер попереднього узгодження	Ізоляція при аваріях, вирівнювання напруги
Active Bridge Converter + EMI Filter	Основний IGBT-перетворювач із фільтром	Узгодження з мережею, мінімізація гармонік
SCADA Monitoring and Control	Інтерфейс АСУЕ/SCADA	Online-моніторинг SOC, потужності, температури
PMS	Power-management-system	Логіка розподілу потужності між BESS, ФЕП і навантаженням
Grid	Внутрішня мережа 0,4 кВ підприємства	Споживачі, точки паралельної роботи

Основні особливості підключення BESS:

1. Двонапрямний обмін енергією. PCS забезпечує як заряд батареї в нічний час або при надлишковій генерації ФЕП, так і розряд під час піків споживання, що згладжує навантаження на мережу.

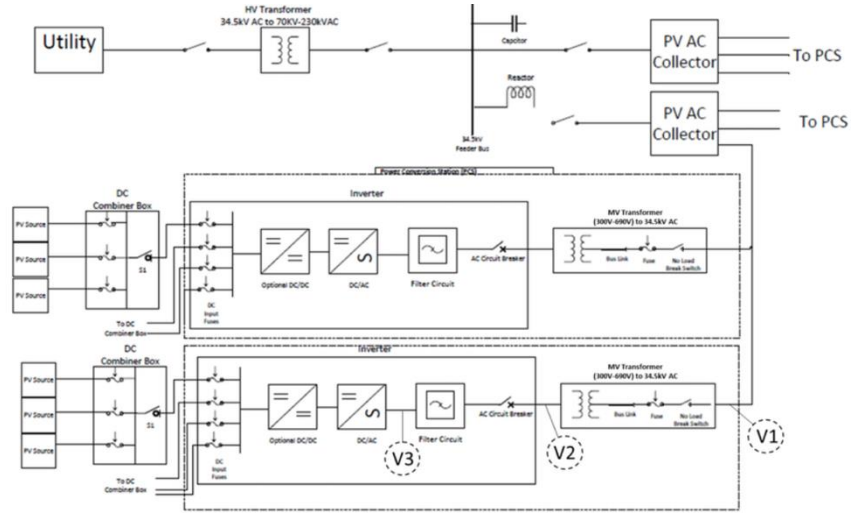
2. Класифікація захистів. Низьковольтні та високовольтні вимикачі оснащено функціями швидкої селективної дії; DC-автомати гарантують відключення при внутрішніх несправностях.

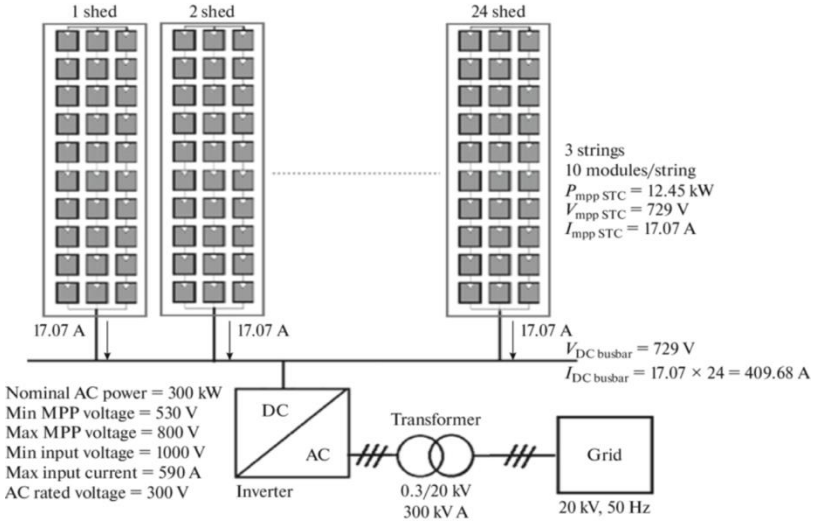
3. Інтеграція з АСУЕ. Через SCADA-інтерфейс енергоменеджер бачить SOC, температуру й режим роботи в реальному часі, а PMS координує BESS із сонячною електростанцією для максимальної економії.

4. Модульність. Батарейний стелаж спроєктовано з резервом по ємності (N + 1), що дозволяє без зупинки вивести модуль на сервіс.

Додаток А3 Структурні схеми інтеграції фотоелектричної станції (ФЕП) у мережу підприємства

Рисунок А.3-1 – Однолінійна схема під'єднання подвійного силового інверторного блоку ФЕП 1 МВт до шини 34,5 кВ через середньовольтні трансформатори та фільтри	Рисунок А.3-2 – Принципова структура PV-масиву 300 кВт: тридцять струн (3 × 10 модулів) → DC шинопровід 0,7 кВ → центральний інвертор → трансформатор 0,3/20 кВ





Таблиця А.3 – Ключові вузли та їхні функції в інтеграції ФЕП

Позн.	Елемент	Функція / примітка
PV Source	Струни фотомодулів (10 шт. у струні)	Генерують постійний струм VMPP ≈ 730 В
DC Combiner Box	Злиття 3–4 струн, DC-секційний автомат S1	Захист, зручність обслуговування

DC/DC (опц.)	Резервний бустер	Узгодження при нестабільній напрузі
DC/AC Inverter	Перетворення DC → AC 0,3 кВ / 50 Гц	Керування MPP, синхронізація
Filter Circuit	LCL-фільтр	Зниження THD < 3 %
AC Breaker	Високошвидкісний вимикач	Селективний захист від КЗ
MV Transformer	0,3 / 34,5 кВ (або 0,6 / 34,5 кВ)	Підвищення напруги до шини MV
PV AC Collector	Збірна шина 34,5 кВ	Об’єднує декілька інверторних блоків
Capacitor / Reactor	Стабілізація напруги / обмеження струмів КЗ	Поліпшення якості енергії
SCADA / PMS	Моніторинг генерації, телеметрія	Інтеграція в АСУЕ заводу
Utility	Шина 70–230 кВ	Точка паралельної роботи з ОСР

Основні переваги запропонованої топології

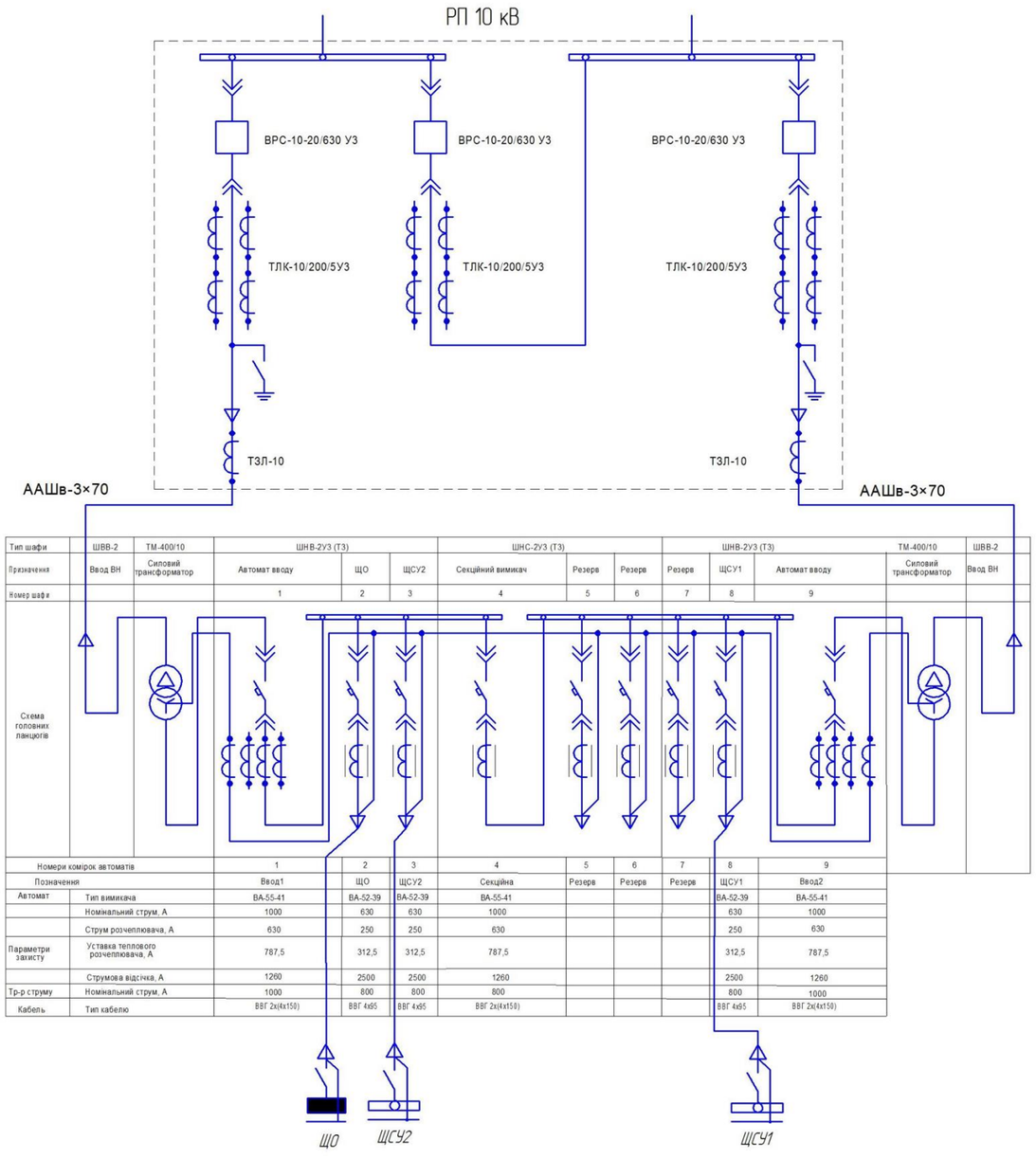
1. Модульність. Кожен інверторний блок (по ≈ 500 кВт) працює автономно; відмова одного модуля не зупиняє всю СЕС.

2. Гнучке масштабування. Додати чергові PV-колектори просто – достатньо підключити новий трансформатор до шини 34,5 кВ.

3. Поліпшена селективність. AC-breakers і DC-автомати забезпечують швидке відключення несправного блока без впливу на решту станції.

4. Низькі втрати. Центральні MV-трансформатори мінімізують довжину НН-кабелів і втрати на рівні 0,4 кВ.

5. Сумісність з BESS. Шина 34,5 кВ єдина для ФЕП і PCS-накопичувача (див. Додаток А2), що спрощує паралельну роботу та управління реактивною потужністю.



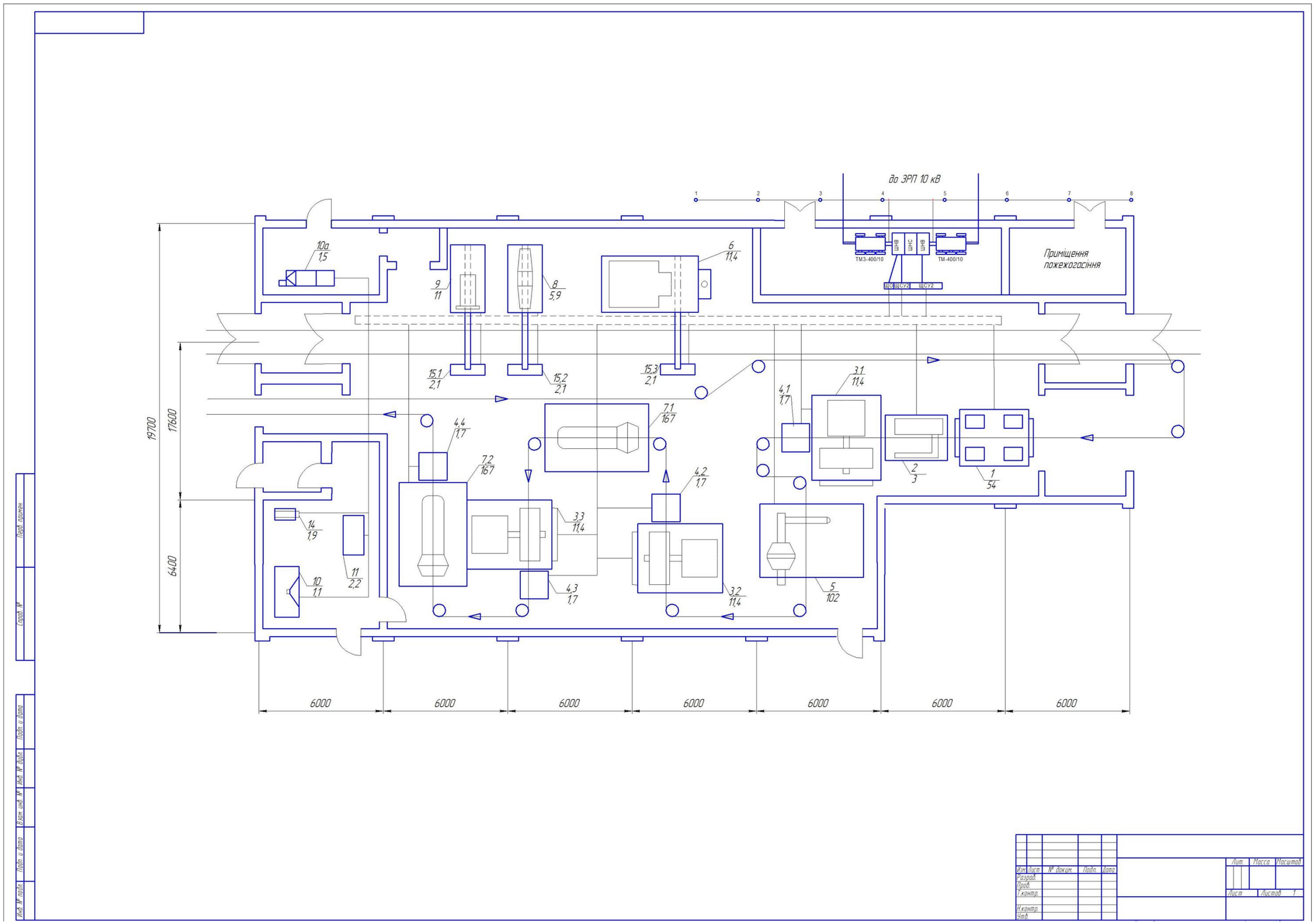
Тип шафи		ШВВ-2	ТМ-400/10	ШНВ-2У3 (Т3)			ШНС-2У3 (Т3)			ШНВ-2У3 (Т3)			ТМ-400/10	ШВВ-2
Призначення		Ввод ВН	Силовий трансформатор	Автомат вводу	ЩО	ЩСУ2	Секційний вимикач	Резерв	Резерв	Резерв	ЩСУ1	Автомат вводу	Силовий трансформатор	Ввод ВН
Номер шафи				1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Схема головних ланцюгів														
Номери комірок автоматів		1		2	3	4		5	6	7	8	9		
Позначення		Ввод1		ЩО	ЩСУ2	Секційна		Резерв	Резерв	Резерв	ЩСУ1	Ввод2		
Автомат	Тип вимикача	ВА-55-41		ВА-52-39	ВА-52-39	ВА-55-41					ВА-52-39	ВА-55-41		
	Номінальний струм, А	1000		630	630	1000					630	1000		
	Струм розчеплювача, А	630		250	250	630					250	630		
Параметри захисту	Уставка теплового розчеплювача, А	787,5		312,5	312,5	787,5					312,5	787,5		
	Струмова відсічка, А	1260		2500	2500	1260					2500	1260		
Тр-р струму	Номінальний струм, А	1000		800	800	800					800	1000		
Кабель	Тип кабелю	ВВГ 2х(4х150)		ВВГ 4х95	ВВГ 4х95	ВВГ 2х(4х150)					ВВГ 4х95	ВВГ 2х(4х150)		

Перед. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

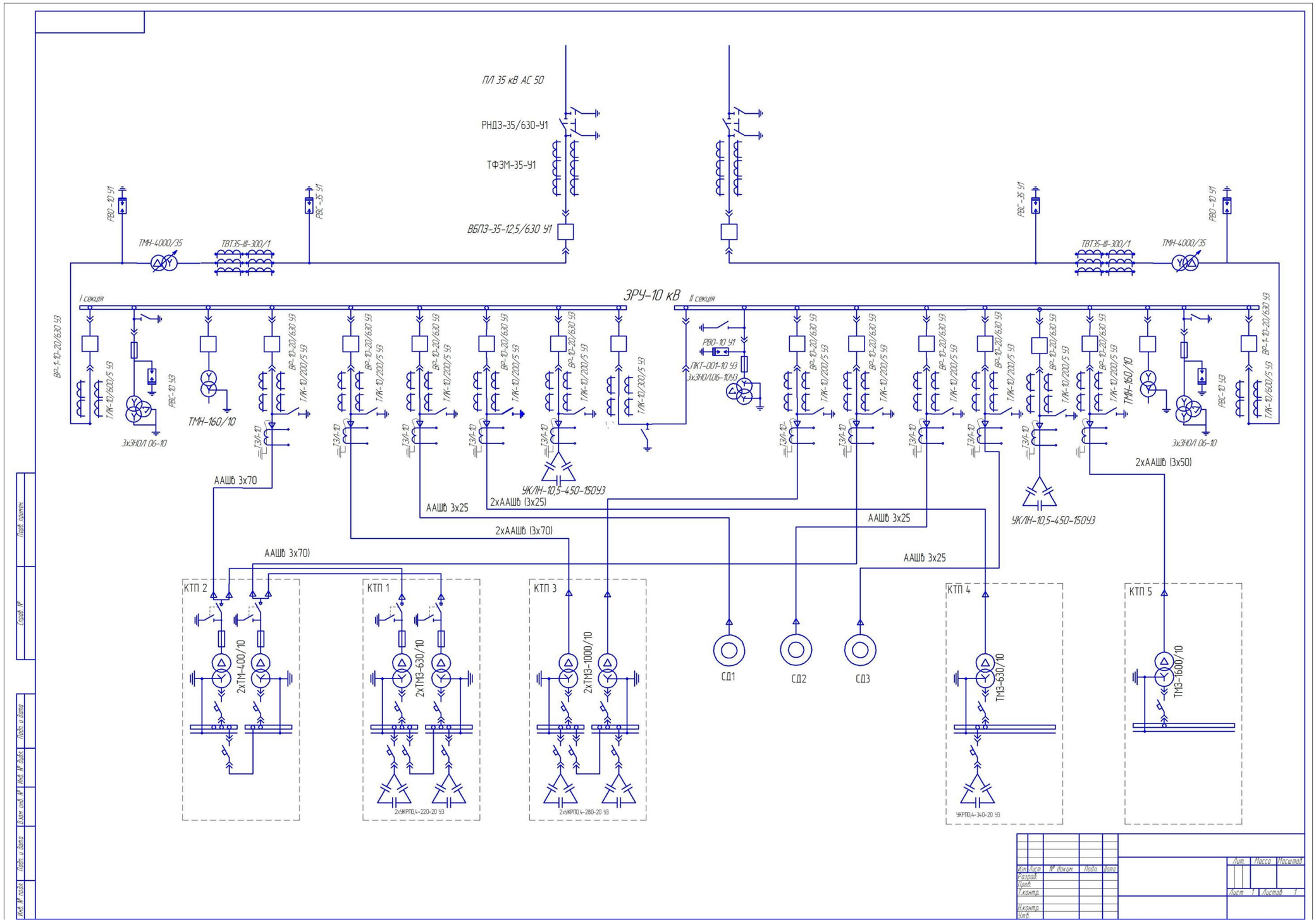
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.				
Пров.				
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Лит. | Масса | Масштаб
Лист | Листов 1

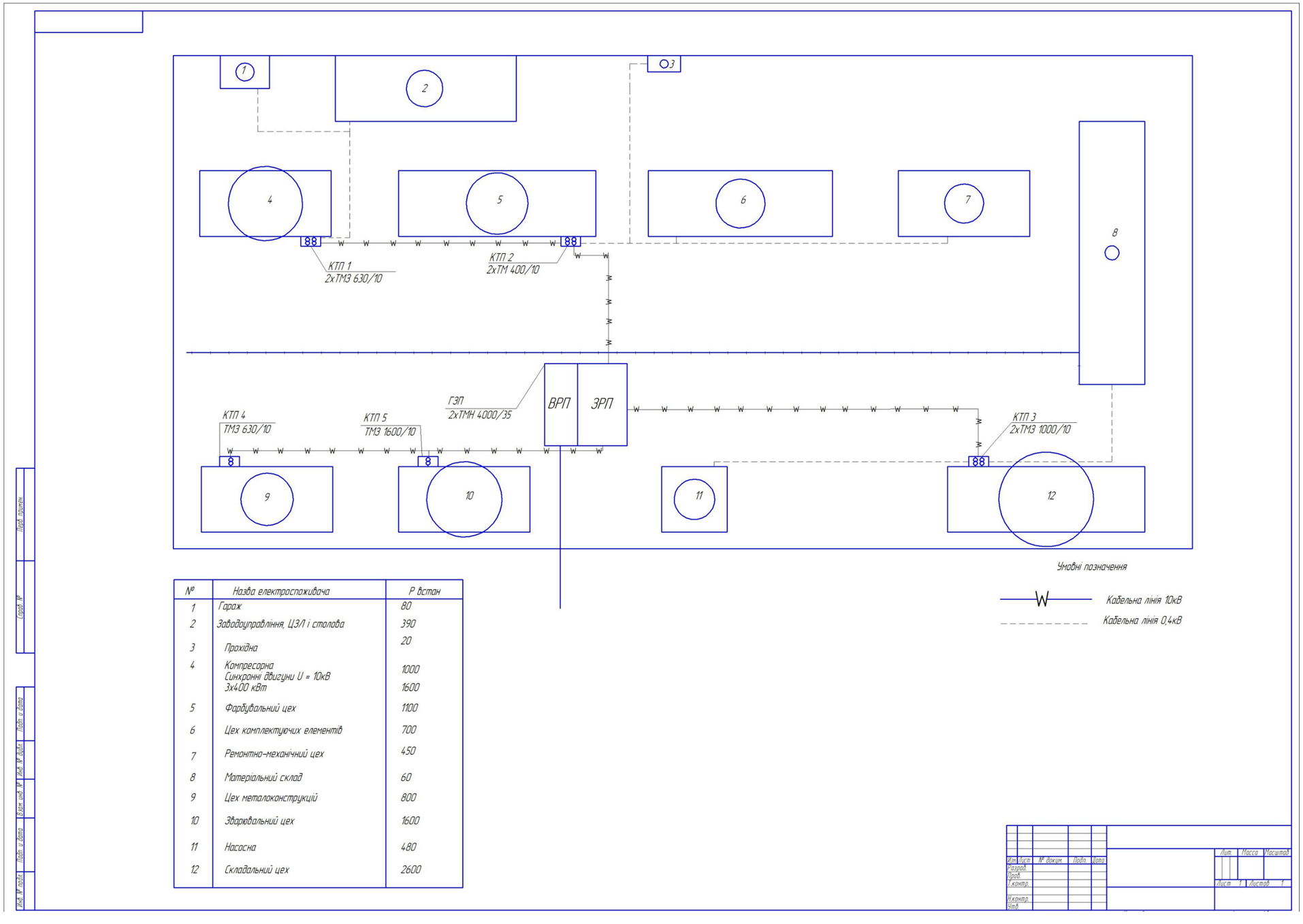
Додаток Б Однолінійна схема РП-10 кВ із секціонованими шинами та підключенням силових трансформаторів ТМ-1600/10/0,4 після модернізації.



Додаток В План виробничої дільниці з розміщенням верстатів і прокладанням шинопроводів 0,4 кВ після модернізації

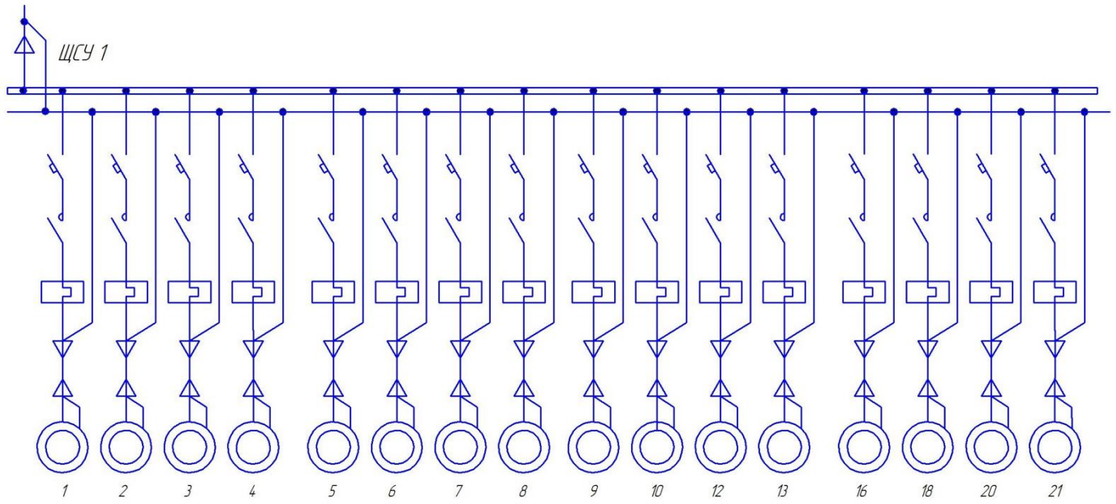


Додаток ГОднолінійна схема ЗРУ-10 кВ після модернізації із живленням КТП-1…КТП-5 та секційними ВРС-10-20/630

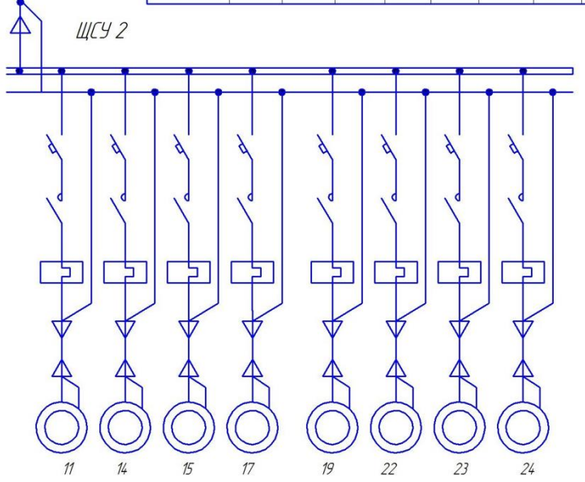


№	Назва електроспоживача	P встан
1	Гараж	80
2	Заводоуправління, ЦЗЛ і столова	390
3	Прохідна	20
4	Компресорна Синхронні двигуни U = 10кВ 3х400 кВт	1000 1600
5	Фарбувальний цех	1100
6	Цех комплектуючих елементів	700
7	Ремонтно-механічний цех	450
8	Матеріальний склад	60
9	Цех металоконструкцій	800
10	Зварювальний цех	1600
11	Насосна	480
12	Складальний цех	2600

Додаток Ґ План кабельних трас 10 кВ/0,4 кВ

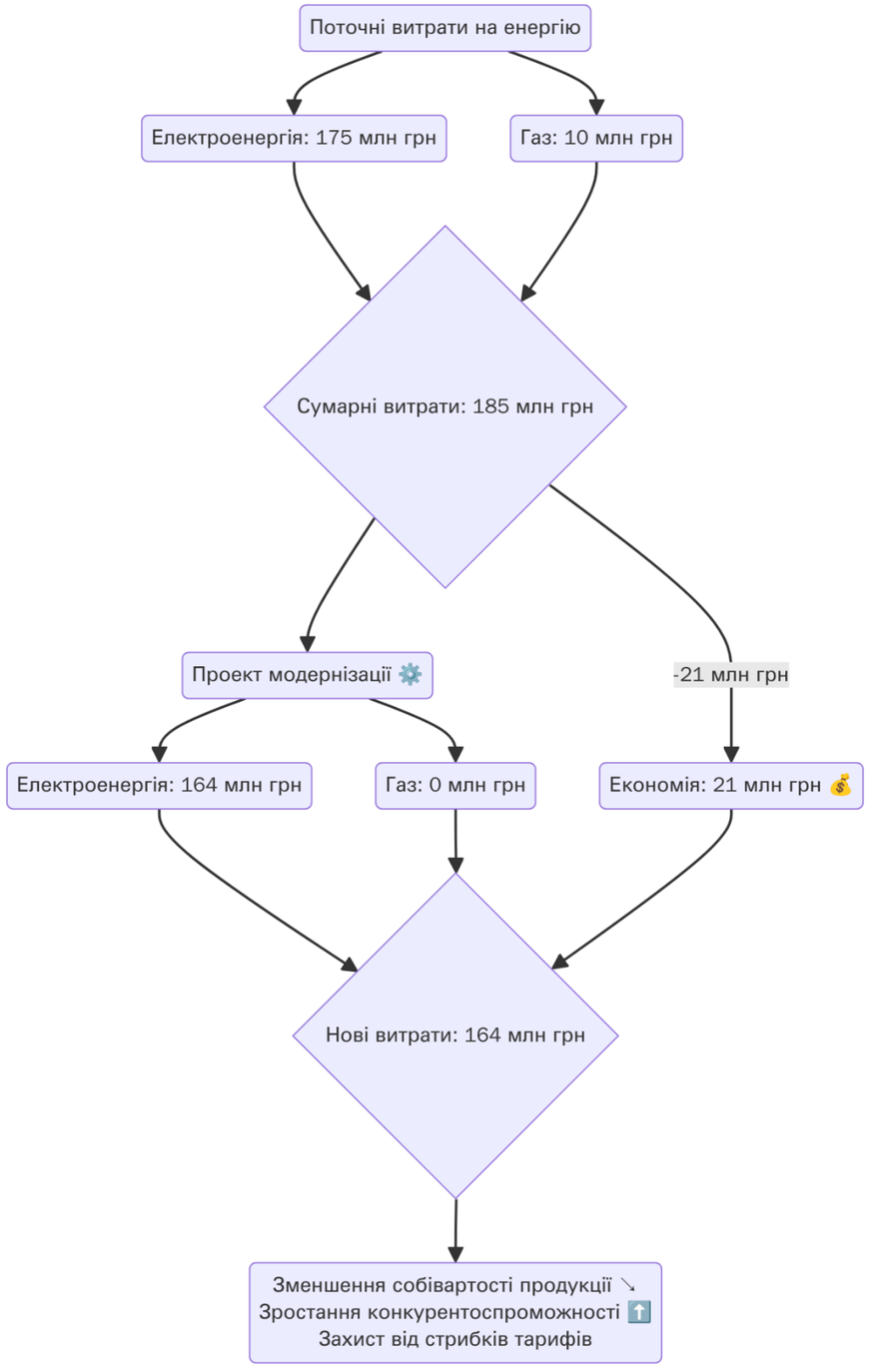


Номер ЛЕ на плані	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	16	18	20	21
65130–	125А	6А	25А	25А	25А	4А	4А	4А	4А	160А	250А	250А	2,5А	4А	4А	6А
Іном ЛЕ, А	111,3	4,33	20,6	20,6	20,6	3,1	3,1	3,1	3,1	147,2	241	241	1,9	3,9	3,3	4,2
Іпуск, А	556,7	21,7	102,8	102,8	102,8	15,3	15,3	15,3	15,3	736,1	1205,2	1205,2	9,9	19,9	38	38
Тип АВ	ВА52–33	АЕ2026	АЕ2046	АЕ2046	АЕ2046	АЕ2026	АЕ2026	АЕ2026	АЕ2026	ВА52–35	ВА52–35	ВА52–35	АЕ2026	АЕ2026	АЕ2026	АЕ2026
Іном т.р., А	125	5	25	25	25	3,15	3,15	3,15	3,15	160	250	250	2	4	4	5
Іном ел.м., А	1500	60	300	300	300	37,8	37,8	37,8	37,8	2400	3000	2500	24	48	48	60
Переріз ВВГ	4Х16	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х50	4Х95	4Х95	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5

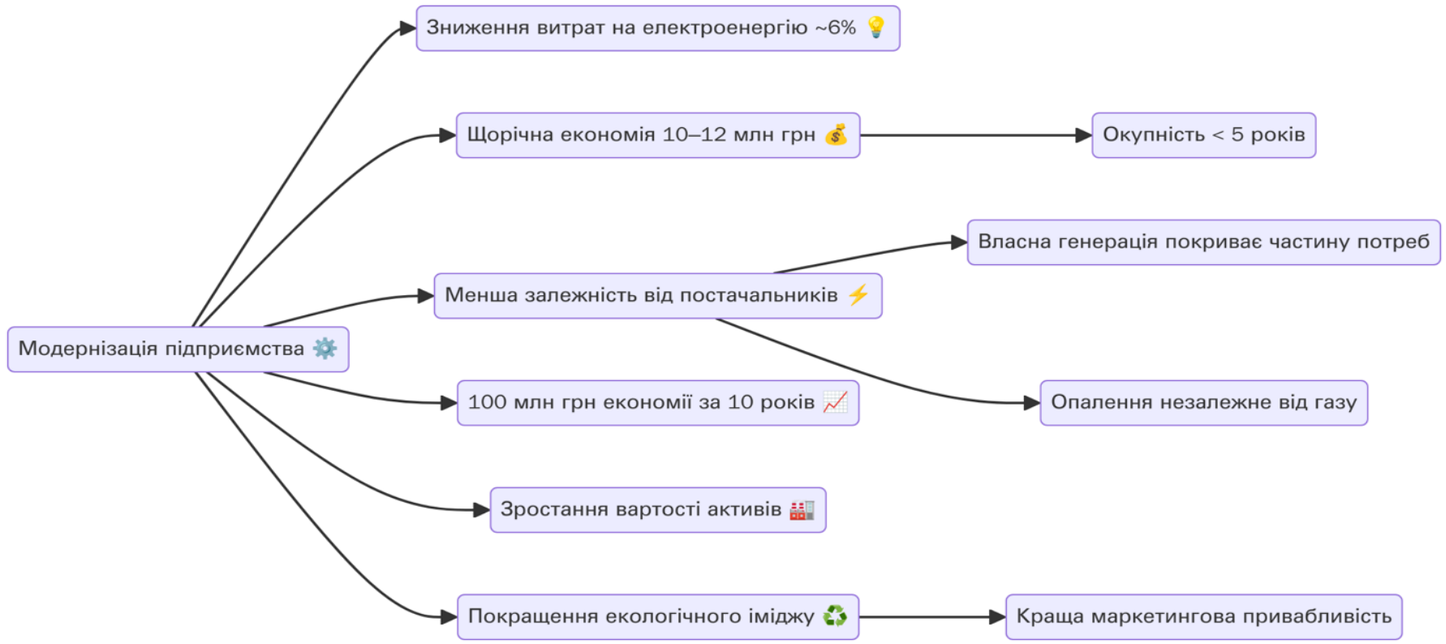


Номер ЛЕ на плані	11	14	15	17	19	22	23	24
65130–	25А	12,5А	25А	4А	2,5А	6А	6А	6А
Іном ЛЕ, А	20,6	10,6	19,8	2,7	1,4	4,7	4,7	5,7
Іпуск, А	102,8	53,2	99,2	13,5	7,2	23,3	23,3	28,9
Тип ВА	АЕ2046	АЕ2046	АЕ2046	АЕ2026	АЕ2026	АЕ2026	АЕ2026	АЕ2026
Іном т.р., А	25	12,5	20	3,2	2	5	5	6
Іном ел.м., А	300	150	240	37,8	24	60	60	75,6
Переріз ВВГ	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5	4Х2,5

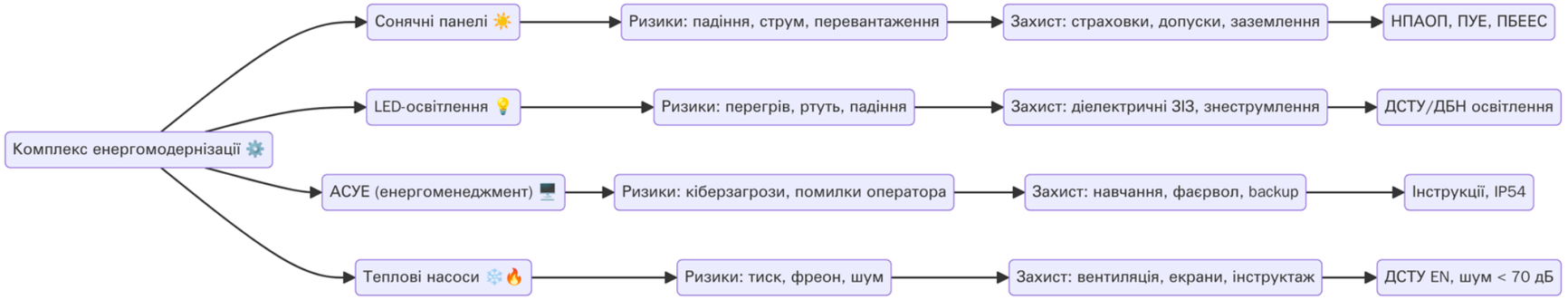
Додаток Д Однолінійна схема розподільних щитів управління ЩСУ-1 і ЩСУ-2 із переліком відходящих кабельних ліній 0,4 кВ (після модернізації).



Додаток Е. «Структура річних витрат на енергоресурси до та після реалізації проекту»



Додаток Є. «Очікувані результати вод впроваджених заходів»



Додаток Ж. «Ключові потенційно небезпечні фактори при роботі з новим обладнанням та відповідні вимоги безпеки»

№	Захід	Ключові дії	Нормативна база / стандарти	Відповідальні підрозділи	Очікуваний ефект	Орієнтовний термін впровадження
1	Система збору і утилізації відходів	• Герметичний збір люмінесцентних ламп • Роздільний демонтаж світильників, електроніки та металу • Передача відходів ліцензованим утилізаторам • Канали рециклінгу панелей та АКБ	Закон «Про відходи»; ДСТУ 4462.0-2005; Директива 2002/96/ЕС (WEEE)	Екологічна служба; Служба головного енергетика; Склад-логістика	Унеможливлення забруднення Hg і важкими металами; повернення цінних матеріалів; позитивний імідж	0,5 – 1 рік
2	Контроль витоків холодоагентів	• Герметичний монтаж, вакуум-тест • Перехід на R32/R290 • Стаціонарні газодетектори • Щорічний огляд, журнал обліку • Аварійний план	Монреальський протокол; Регламент (EU) 517/2014 F-gas; ДСТУ EN 378; ISO 5149	Служба холоду / ОП; Підрядник-інсталятор; Екологічна служба	Нульові неконтрольовані викиди; ↓ парниковий вплив; ↑ ресурс обладнання	~1 рік
3	Контроль шуму та вібрації	• Шумопоглинаючі кожухи • Вібропрокладки • Акустичні екрани, зелені насадження • Інструментальний моніторинг	ДСН 3.3.6-037-99; ДБН В.1.1-31:2013; ISO 9612	Відділ ОП; Служба головного механіка; Екологічна служба	≤ 45 дБА в санітарній зоні; комфорт персоналу; відсутність скарг громади	≈ 0,5 рік
4	Раціональне використання ресурсів	• Налаштування АСУЕ • Лічильники енерго- і водоспоживання • Оборотні цикли води • Оптимізація опалення, вентиляції • Постійний екомоніторинг	ISO 50001; Нац. план дій з енергоефективності; ДБН із водопостачання	Енергоменеджер; СГЕ; Виробничі цехи	−10 – 15 % споживання енергії та води; ↓ стоки; фінансова економія	1 – 2 роки
5	Система екологічного менеджменту (ISO 14001)	• Оновлення екополітики • Ідентифікація аспектів, KPI • Внутрішні / зовнішні аудити • Сертифікація	ISO 14001:2015; ДСТУ ISO 14001; ISO 14031	Екологічна служба; Відділ якості; Керівництво	Системний контроль впливів; відповідність законодавству; покращення репутації	1 – 1,5 року
6	Підвищення екологічної обізнаності персоналу	• Тренінги, інструктажі • Програма «Green Factory» • Система ідей та заохочень	Закон «Про охорону навколишнього природного середовища»; внутрішні стандарти ОП	HR-відділ; Відділ ОП; Екологічна служба	Зміна поведінки; ≥ 90 % працівників навчені; постійне зниження відходів	~0,3 року
7	Взаємодія зі стейкхолдерами та прозорість	• Публічні ESG-звіти • Громадські слухання • Онлайн-моніторинг KPI	Закон «Про публічну інформацію»; GRI Standards; CSRD (EU)	PR-відділ; Екологічна служба; Керівництво	Позитивний імідж; ↓ репутаційні ризики; довіра громади	≈ 0,5 рік

[розроблено автором].

Додаток З

№	Напрям рекомендацій	Основні дії (кроки впровадження)	Очікуваний ефект / економія	Орієнтовний термін окупності*	Відповідальні підрозділи	Нормативна база / стандарти
1	Запровадження системи енергоменеджменту (ISO 50001)	• Розробка енергополітики• Призначення енергоменеджера• KPI і енергоплани, щорічний моніторинг	Постійне вдосконалення; 5–10 % економії енергії	1–1,5 р.	Керівництво, енергоменеджер, відділ якості	DSTU ISO 50001:2018; Нац. план дій з ЕЕ
2	Регулярні енергетичні аудити	• Залучення сертифікованих аудиторів кожні 2–3 р.• Актуалізація програми енергозбереження	Виявлення прихованих втрат; коригування заходів	Негайний (діагностичний інструмент)	Енергоменеджер; зовнішні аудитори	Закон «Про енергетичну ефективність»; ДСТУ ISO 50002
3	Модернізація електроприводів і насосів	• Замена двигунів на IE3/IE4• Встановлення VFD на насоси, вентилятори, компресори• Інтеграція в автоматику процесу	−20–50 % споживання електроенергії у приводах	3–4 р.	Служба головного енергетика; гол. механік; АСУТП	Директива 2009/125/ЕС (Ecodesign); ДСТУ IEC 60034-30
4	Автоматизована система контролю та обліку енергоспоживання (АСУЕ)	• Багатотарифні лічильники та датчики• SCADA/EMS-система з аналітикою• Аварійні та профілактичні сповіщення	−5–10 % енерговитрат (організац. ефект)	~3 р.	ІТ-відділ; енергоменеджер; цехи-споживачі	ISO 50006; IEC 61970/61968 (CIM)
5	Оптимізація стисненого повітря і теплопостачання	• Усунення витоків, регуляція компресорів• Теплоізоляція, рекуперація• Встановлення теплових насосів COP ≥ 3	−10–20 % ел. на компресори; ↓ газ/тепло до 30 %	2–5 р.	Компресорна; теплотехнічна служба	ISO 11011 (compressed air); ДБН В.2.5-67:2013
6	LED-модернізація освітлення	• Повна заміна світильників на LED• Датчики руху, димування• Перевірка рівня освітленості	−70–80 % енергії на освітлення; ↓ обслуговування	< 2 р.	СГЕ; відділ ОП; підрядник-електрик	ДБН В.2.5-28:2018; ENEC/CE сертифікація
7	Сонячна електростанція (ФЕП)	• Огляд дахів/земельних ділянок• Проєкт, підключення, O&M-контракт• Можливий «зелений» тариф / заряд Е-транспорту	15–25 % власної електроенергії; ↓ CO_2	5–7 р.	Інвествідділ; СГЕ; енергоменеджер	ДСТУ В V.2.5-41:2021; IES 61215
8	Організаційні заходи й культура енергозбереження	• Навчання персоналу, інструктажі• Система ідей/бонусів («Green Factory»)• Внутрішні стандарти ощадної поведінки	Додатково −2–5 % енерговитрат без капексу	< 1 р.	HR; відділ ОП; енергоменеджер	Закон «Про охорону навкол. середовища»; ISO 14001 (розділ компетентність)

[розроблено автором].

Додаток И