

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Електротехніки та енергоефективності

(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота**

другий (магістрський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз можливості підвищення ефективності споживання  
електричної енергії ПАТ «Запоріжполімертара»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1410 з  
спеціальності 141 Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми 141.00.11 Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Губенко О. В.

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Коваленко В.Л.

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

Рецензент Артемчук В.В.

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

Запоріжжя  
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут \_\_\_\_\_  
Кафедра електротехніки та енергоефективності  
Рівень вищої освіти другий (магістрський) рівень  
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Освітня програма 141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.

В.Л. Коваленко

« 08 » 12

2021 року

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

Губенко Олексій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Аналіз можливості підвищення ефективності споживання електричної енергії ПАТ «Запоріжполімертара»

керівник роботи Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 30 » червня 2021 року № 975 - с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 р.

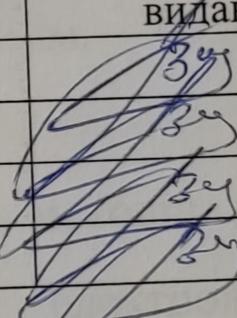
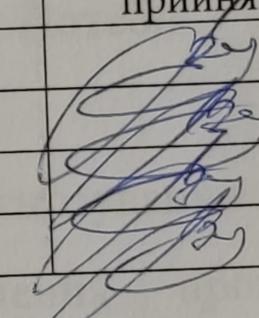
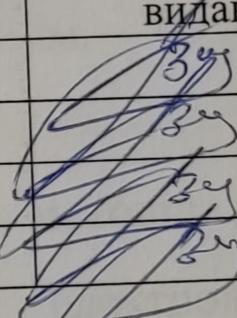
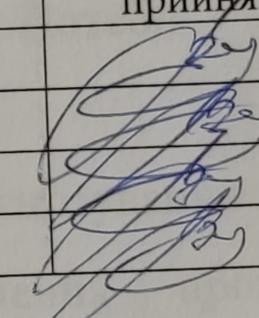
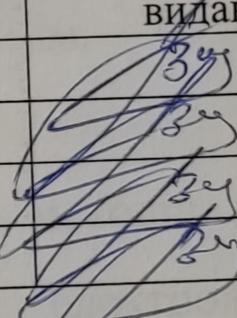
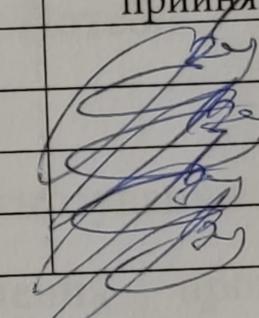
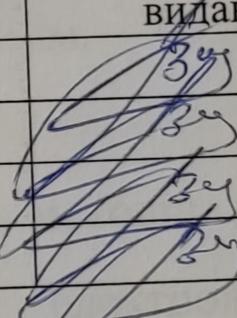
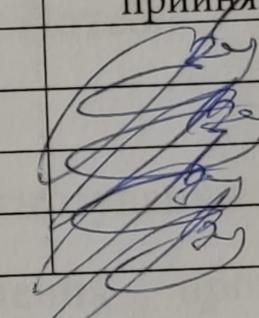
3 Вихідні дані до роботи Структура електроспоживання підприємства, найбільші споживачі електричної енергії - електродвигуни, вентиляція та освітлення. Основне обладнання – машини для приготування полімерних матеріалів для харчової промисловості, устаткування 30-40 річного віку. Значні втрати активної, а також значне споживання реактивної енергії двигунним навантаженням.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз методів прогнозування графіків електричного навантаження. 2) Прогнозування споживання електричної енергії ПАТ «Запоріжполімертара» 3) Техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження прогнозування ГЕН. 4) Охорона праці та техногенна безпека.

5 Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз ефективності енергоспоживання підприємства 2) План цеху. 3) Схема однолінійна 4) Методи прогнозування графіків

електричного навантаження 5) Обсяги виробленої продукції та спожитої електроенергії 6) Прогнозування споживання підприємством електричної енергії 2025 - 2030 рр. 7) Індекси річного електроспоживання та потужність підприємства ретроспективного періоду 8) Прогнозовані ГЕН та прогнозоване електроспоживання підприємством 9) Охорона праці та техногенна безпека

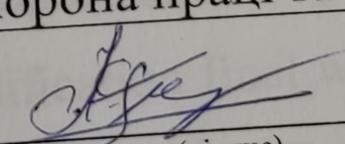
#### 6 Консультанти розділів роботи

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

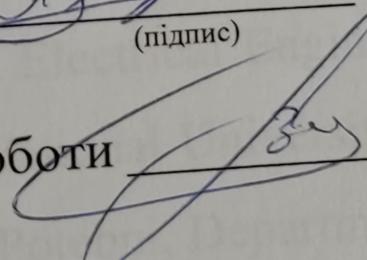
7 Дата видачі завдання 01.09.2021 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз методів прогнозування графіків електричного навантаження	30.09.2021	
2	Прогнозування споживання електричної енергії ПАТ «Запоріжполімертара»	30.10.2021	
3	Техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження прогнозування ГЕН	19.11.2021	
4	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2021	

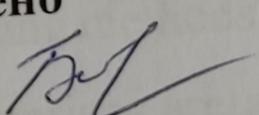
Студент  (підпис)

О.В. Губенко  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи  (підпис)

В.Л. Коваленко  
(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер  С.В. Башлій

## АНОТАЦІЯ

Губенко О.В. Аналіз можливості підвищення ефективності споживання електричної енергії ПАТ «Запоріжполімертара».

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник В.Л. Коваленко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електротехніки та енергоефективності, 2021.

Проаналізовано особливості існуючих методів прогнозування графіків електричного навантаження в системах електроживлення промислових підприємств. Дано алгоритм прогнозування споживання електричної енергії ПАТ «Запоріжполімертара».

Ключові слова: СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ, ГРАФІК ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ, ПРОМИСЛОВЕ ПІДПРИЄМСТВО, АЛГОРИТМ

## ABSTRACT

Gubenko O.V. Analysis of the possibility of increasing the efficiency of electricity consumption of PJSC "Zaporizhpolymertara".

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor V.L. Kovalenko. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebni, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2021.

Peculiarities of existing methods of forecasting electric load graphs in power supply systems of industrial enterprises are analyzed. An algorithm for forecasting electricity consumption of PJSC "Zaporizhpolymertar" is given.

Keywords: ELECTRICITY CONSUMPTION, FORECASTING METHODS, ELECTRIC LOAD SCHEDULE, INDUSTRIAL ENTERPRISE, ALGORITHM

## АННОТАЦИЯ

Губенко А.В. Анализ возможности повышения эффективности потребления электрической энергии ПАО «Запорожполимертара».

Квалификационная выпускная работа на соискание высшего образования магистра по специальности 141 – Электроэнергетика, электротехника и электромеханика, научный руководитель В.Л. Коваленко. Запорожский национальный университет. Инженерный учебно-научный институт им. Ю.М. Потебни. Кафедра электротехники и энергоэффективности, 2021.

Проанализированы особенности существующих методов прогнозирования графиков электрической нагрузки в системах электропитания промышленных предприятий. Дано алгоритм прогнозирования потребления электрической энергии ПАО «Запорожполимертара».

Ключевые слова: ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, ГРАФИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ, ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ, АЛГОРИТМ

# ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Аналіз методів прогнозування графіків електричного навантаження.....	12
1.1 Метод прогнозованої екстраполяції.....	12
1.2 Метод аналізу часових рядів.....	13
1.3 Метод інваріантів.....	14
1.4 Метод побудови сценаріїв.....	14
1.5 Метод експоненціального згладжування.....	15
1.6 Метод імовірнісного моделювання.....	16
1.7 Метод адаптивного згладжування.....	17
1.8 Методи кореляційного та регресійного аналізу.....	22
1.9 Експертні методи прогнозування.....	24
2    Прогнозування споживання електричної енергії ПАТ «Запоріжполімертара».....	27
2.1 Огляд структури електроспоживання промислового підприємства ПАТ «Запоріжполімертара».....	27
2.2 Прогнозування електроспоживання підприємства методом формових відображень.....	28
2.3    Розрахунок електроспоживання підприємства ПАТ «Запоріжполімертара» з урахуванням динаміки його розвитку .....	30
2.4 Алгоритм визначення графіків електричного споживання підприємством на довгострокову перспективу.....	34
3 Техніко-економічні розрахунки ефективності впровадження прогнозування ГЕН.....	68
3.1 Визначення вартості електроенергії у перспективному періоді.....	68

4 Охорона праці та техногенна безпека.....	75
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища.....	75
4.2 Заходи щодо захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища.....	79
4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії.....	80
4.4 Захисні заходи з електробезпеки.....	81
4.5 Пожежна безпека.....	83
4.6 Засоби індивідуального захисту.....	86
4.7 Розробка заходів захисту від тепловиділень.....	86
Висновки.....	88
Перелік посилань.....	90

## ВСТУП

Промислові підприємства є одними з головних споживачів електричної енергії, на долю котрих припадає близько двох третин спожитої електроенергії. Згідно з умовами функціонування оптового ринку електроенергії споживачі-учасники ринку зобов'язані заявляти планові об'єми споживання електричної енергії. Від режимів споживання електроенергії залежать режими роботи енергетичних установок основного устаткування електростанцій, ліній електропередач і трансформаторних підстанцій. Неточне планування власного вжитку електроенергії підприємством веде до накладання штрафів, шляхом застосування штрафних коефіцієнтів до тарифу на електроенергію, за відхилення фактичного вжитку від заявленого. Таким чином, об'єктивне і точне прогнозування – важливе, зободенне завдання, грамотне вирішення якого необхідне і доцільно з точки зору економії і зниження витрат на електроенергію. Прогнозування електроспоживання підприємства є одним з важливих моментів планування діяльності як всього підприємства, так і Енергосистеми в цілому. Прогнозування електроспоживання стає по-справжньому актуальною проблемою. Дослідження тенденцій зміни попиту на електроенергію в часі та аналіз графіків електричних навантажень (ГЕН ), є основним підґрунтям для подальшого планування, прогнозування електроспоживання. Прорахунки при виконанні цього завдання можуть призвести до значних негативних наслідків: завищені прогнози максимальних навантажень призводять до неефективного використання капітальних вкладень, завищені та занижені – до штрафних санкцій з боку електропостачальних підприємств.

Питаннями прогнозування електроспоживання займалися такі провідні українські вчені, як Праховник А.В., Находов В.Ф., Пащук В.Я. та інші. За останні 30 років для прогнозування електроспоживання застосовувались різноманітні

методи. Найбільш відомі серед них – регресійні моделі та моделі часових рядів. Але вони можуть бути використані при достатньому обсязі статистичних даних. Часто обсяг даних є недостатнім для пошуку залежностей для великої кількості вхідних факторів. Одним з виходів з цього становища є використання метода групового врахування аргументів, запропонованого академіком О. Івахненко. З кінця 80 років до розв'язку задачі короткострокового прогнозування навантажень почали залучатися методи штучного інтелекту. Першими тут отримали застосування експертні системи. Даний підхід припускає вміння фахівців навчити систему робити точні передбачення. Це пов'язано із серйозними методичними труднощами, обумовленими формалізацією прийомів мислення людини й перекладу їх на внутрішню мову подання експертної системи. Щодо цього вигідно відрізняються штучні нейронні мережі (ШНМ). Вони не вимагають людського досвіду й вивчають зміну споживання електроенергії самостійно, запам'ятовуючи архівні дані. Можливість навчання – одна з основних переваг нейронних мереж у порівнянні з традиційними методами. При прогнозуванні електроспоживання складних виробничих об'єктів з точки зору ефективності енерговикористання обов'язковим є врахування зв'язків між електроспоживанням та основними технологічними факторами. Отже, побудову нейронної мережі необхідно здійснювати з урахуванням набору інформативних технологічних параметрів.

Перспективні графіки навантаження характеризують використання тих чи інших технологій споживання електричної енергії на певний момент часу і є основною інформацією, необхідною для планування роботи підприємства, а також підвищення його енергоефективності. На процес формування графіків навантаження впливає велика кількість факторів, як випадкових, так і закономірних.

Мета роботи полягає в оцінюванні очікуваного графіка навантаження та величину споживання електричної енергії за відповідний проміжок часу для завчасного планування режимів електропостачання підприємства. Завдання полягає в мінімізації невизначеності з метою найкращого наближення прогнозованого

графіка навантаження до майбутнього фактичного. Це дозволить у перспективі визначити ефективну структуру робочих потужностей, визначити основні режими роботи обладнання, та підвищити ефективність споживання електричної енергії підприємством.

Об'єктом дослідження є промислове підприємство ПАТ «Запоріжполімертара».

Підвищення ефективності електроспоживання підприємства можливе за рахунок прогнозування графіків електричного навантаження (ГЕН), при застосуванні методу формових відображень, який було розроблено в Інституті загальної енергетики НАН України. Принциповою особливістю методу є те, що він не працює з часовими рядами та не використовує апарат виявлення залежностей. Метод побудовано на так званих формових відображеннях графіків електричного навантаження підприємства.

# 1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

## 1.1 Метод прогнозної екстраполяції

Економічно обґрунтовані рішення щодо ефективного розвитку промислових підприємств вимагають завчасного передбачення електричного навантаження підприємств. Перспективні графіки навантаження (ГН) характеризують використання тих чи інших технологій споживання електричної енергії на певний момент часу і є основною інформацією, необхідною для планування роботи підприємства, а також підвищення його енергоефективності.

На процес формування графіків навантаження у кожний момент часу має вплив велика кількість факторів, як випадкових, так і закономірних.

Мета прогнозу - оцінити очікуваний ГН та величину споживання електричної енергії за відповідний проміжок часу для завчасного планування режимів електроспоживання підприємства. Завдання полягає в мінімізації невизначеності з метою найкращого наближення прогнозованого графіка навантаження до майбутнього фактичного. Це дозволить у перспективі визначити ефективну структуру робочих потужностей, визначити основні режими роботи обладнання.

У загальному вигляді можна виокремити декілька принципово різних підходів до прогнозування перспективних ГН.

Метод екстраполяції базується на математичній екстраполяції, за якої вибір апроксимуючої функції здійснюється на основі умов та обмежень розвитку об'єкта прогнозування. Залежно від виду аналізу вихідних даних та способів представлення його результатів розрізняють такі види прогностичної екстраполяції: екстраполяція тренду, екстраполяція огинаючих кривих, екстраполяція кореляційних та регресивних залежностей, екстраполяція, побудована на факторному аналізі. Так само і методи прогнозної інтерполяції базуються на математичній інтерполяції, за

якої вибір інтерполюючої функції здійснюється з урахуванням умов і обмежень розвитку об'єкта прогнозування.

## 1.2 Метод аналізу часових рядів

Аналіз часового ряду починається з побудови і вивчення його графіка. Якщо нестационарність часового ряду очевидна, то спочатку необхідно виокремити його нестационарну складову. Процес виокремлення тренду та інших компонент ряду, що призводять до порушення стаціонарності, може проходити в декілька етапів. На кожному з них розглядається ряд залишків, отриманий у результаті вирахування з вихідного ряду підбраної моделі тренду, або результат різницевих і інших перетворень ряду. Крім графіків, ознаками нестационарності часового ряду можуть служити автокореляційна функція, що прямує не до нуля (за винятком дуже великих значень лагів) і наявність яскраво виражених піків на низьких частотах у періодограмі. За допомогою автокореляційної функції досліджують також внутрішні зв'язки між елементами часових рядів. У вибіркових дослідженнях найпростіші числові характеристики описової статистики (середнє, медіана, дисперсія, стандартне відхилення, коефіцієнти асиметрії й ексцесу) звичайно дають достатньо інформативне уявлення про вибірку. Графічні методи зображення й аналізу вибірок при цьому грають лише допоміжну роль, дозволяючи краще зрозуміти локалізацію і концентрацію даних, їхній закон розподілу. Роль графічних методів при аналізі часових рядів цілком інша. Табличне представлення часового ряду й описових статистик частіше за все не дозволяє зрозуміти характер процесу, у той час як за графіком тимчасового ряду можна зробити досить багато висновків. Надалі вони можуть бути перевірені й уточнені за допомогою розрахунків. Цей метод потребує наявності даних за тривалий проміжок часу і є аналізом кривої

розвитку. Перевага методу полягає в його простоті та наочності, хоча не всюди застосовується (причиною можуть бути структура зміни тощо).

### 1.3 Метод інваріантів

Метод полягає в аналізі співвідношень між кількома динамічними рядами, взаємопов'язаними певними показниками. Якщо економічний та статистичний аналізи виявляють стійкість співвідношень між рядами в минулому, то ці (квазіінваріантні) співвідношення екстраполюються на майбутнє, приймаючи один із рядів за опорний. Вибір опорних показників здійснюється на основі економічного аналізу, а не статистичного розрахунку. Опорні показники беруться з моделей більш високого рівня - задача вибору надійних варіантів числових значень опорних показників для періоду прогнозу. Потребується введення додаткової гіпотези про рух багатьох (опорних) показників. За форму функціонального зв'язку між шуканою величиною та опорним показником може бути обрана еластичність. Ефект насичення розраховується шляхом переходу до змінного коефіцієнта еластичності за допомогою функції еластичності.

### 1.4 Метод побудови сценаріїв

Прагнення до окремих прогнозів і логічної побудови багатоваріантних моделей знаходить своє вираження у схемі сценарію, поєднуючи структурний підхід з історичним. Від чисто описової моделі сценарій відрізняється

систематичністю. Системний підхід потребує диференціації класів можливих траєкторій руху системи в просторі стану:

- історичні реальні траєкторії.
- планові траєкторії.
- множина планових траєкторій багатоваріантного прогнозу .
- оптимальні та магістральні траєкторії.

Розробка сценаріїв укладається в такі фази :

Фаза 1. Збір та обробка інформації , аналіз тенденцій.

Фаза 2. Будується провізорний сценарій – роздроблення структури на ведучу ( прогресивну ) та перехідну ( адаптивну ) ланку .

Фаза 3. Уточнення процесів еволюції та формування сценарію з розробкою по етапах.

### 1.5 Метод експоненціального згладжування

Метод є одним з ефективних та надійних методів прогнозування. Сутність цього методу полягає в тому, що кожен елемент (рівень) часового ряду згладжується за допомогою зваженої плинної середньої, причому вага її зменшується по мірі віддалення від кінця ряду. Перевагами цього методу є можливість враховувати вагу вихідної інформації, простота процедур обчислення, гнучкість в описанні різних динамік процесів. Реалізується можливість отримання оцінки параметрів тренду на момент останнього спостереження об'єкта. Найскладнішим етапом є вибір параметру згладжування  $\alpha$  для початкових умов та ступеня прогнозуючого полінома.

Вихідний динамічний ряд описується формулою:

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 t + \frac{\alpha_2 t^2}{2} + \dots + \frac{\alpha_p t^p}{p!} + \varepsilon_i, \quad (1.1)$$

Залежно від величини параметру прогновної оцінки по-різному враховується вплив вихідного ряду спостережень. Тобто, чим вище значення коефіцієнту  $\alpha$ , то більший вклад останніх спостережень у формуванні тренду, а вплив початкових умов швидко зменшується.

## 1.6 Метод імовірнісного моделювання

Розвитком методу експоненціального згладжування є метод імовірнісного моделювання. Імовірнісний метод являє собою метод неконструктивного доведення, що, в першу чергу, використовується у комбінаториці та винайдений Паулем Ердьошем, для доведення існування наперед визначеного виду математичних об'єктів. Він працює через демонстрацію того, що, якщо випадково обрати об'єкти з деякого класу, ймовірність того, що результат є визначеного вигляду, більше нуля. Хоча доведення використовує ймовірність, кінцевий висновок визначається напевно, без будь-якої похибки. Якщо кожен об'єкт у наборі об'єктів не має певної властивості, тоді ймовірність, що випадковий об'єкт, обраний з цього набору має цю властивість, становить нуль. І у зворотньому напрямку, якщо ймовірність, що випадковий об'єкт має цю властивість, більше нуля, тоді це доводить існування принаймні одного об'єкта у даному наборі, що має цю властивість. Навіть якщо ймовірність дуже мала; будь-яка позитивна ймовірність доводить це твердження. Ще один спосіб використання імовірнісного методу - це обчислення очікуваного значення деякої випадкової змінної. Якщо може бути показано, що деяка випадкова змінна може приймати значення менше ніж

очікуване, це доводить, що випадкова змінна може також приймати деяке значення більше, ніж очікуване. Відмінність полягає в тому, що у імовірнісних моделях оцінюють ймовірності, а не коефіцієнти. Перевагою є те, що оцінки мають більш конкретний характер. Основним недоліком є необхідність використовувати велику кількість спостережень.

### 1.7 Метод адаптивного згладжування

Перевагою є можливість згладжувати та прогнозувати ряди з довільною динамікою, а недоліком є відсутність чіткої процедури оцінки необхідності чи достатності довжини вихідної інформації. Для скінченних рядів немає конкретних умов оцінки точності прогнозу. У зв'язку з наявністю випадкової складової в процесі коливання навантаження, а отже, присутності невизначеності, перспективні ГН визначають імовірнісно-статистичними методами. Методи імовірнісного моделювання дозволяють визначити основні характеристики режимів електричного навантаження шляхом статистичної обробки ГН. Основним методом вивчення коливань навантаження є виявлення кореляційних зв'язків між різними показниками режиму споживання. Тип кореляційної залежності визначається імовірнісною моделлю коливання навантаження. Процедура визначення виду прогностичної залежності та розрахунок їх параметрів повинні забезпечувати раціональне стиснення інформації про минулі зміни навантаження без втрат точності й достовірності прогнозів. Методи математичної статистики дають можливість ефективно простежити характер змін і виявити необхідні закономірності для подальшого проведення розрахунків. Процес прогнозування часових залежностей вкладається в загальну систему лінійного регресійного аналізу. Регресійний аналіз на основі нелінійних моделюючих функцій (предикторів)

виконується ітераційним методом, де кожна ітерація є лінійним оцінюванням параметрів. Застосування регресійного аналізу ефективно при моделюванні усталених тенденцій. Для визначення ряду прогнозованих значень основних показників ГН використовують простіші прогнози на основі часових багаточленів. Прогноз річних максимальних навантажень виконують за допомогою багаточлена  $n$ -го порядку за формулою:

$$Y(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \dots + \alpha_{n-1} t^{n-1} + \alpha_n t^n, \quad (1.2)$$

Практичні розрахунки показують, що використання багаточлена другого порядку дає достатню точність, а збільшення точності полінома дає невелику точність приближення. Моделювання місячних максимумів навантаження виконується на основі рівнянь, які враховують сезонні коливання прогнозованого параметра за формулою:

$$Y(t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 \cos(2\pi t / T), \quad (1.3)$$

У випадках прогнозування змінних у часі показників, що нелінійно залежать від оцінювальних коефіцієнтів, використовують моделі нелінійної регресії. Як приклад, функцією такого роду є крива з насиченням, формула:

$$Y(t) = \alpha_0 - \alpha_1 \exp(-\alpha_2 t), \quad (1.4)$$

Для побудови математичної моделі графіка навантаження часову послідовність росту навантаження розкладають на три складові: загальна тенденція розвитку; спорадичні зміни; сезонні коливання. На практиці, для пошуку загальної тенденції розвитку напряму часової послідовності найбільше поширення здобув

метод найменших квадратів, який просто реалізується для лінійних або лінеаризованих залежностей. За апроксимуючу функцію використовують поліном третього ступеня. Збільшення ступеня полінома дає невелику точність наближення.

Після визначення всіх проміжних значень  $Y(t)$  отримуємо графік навантаження, рівняння:

$$P^{\wedge}(t) = P(t) - Y(t), \quad (1.5)$$

Спорадичні (нерегулярні) коливання є нециклічними і викликані, зазвичай, різкою зміною метеоумов (приміром, люта зима). Сезонні коливання навантаження спричинені зміною пори року. Періодичність коливань становить один рік. Сезонні зміни призводять до непостійності математичного очікування навантаження. Цей недолік усувають використовуючи параметричні моделі, що враховують нестационарність досліджуваного процесу. Основою побудови параметричної моделі є вираження поточного значення електричного навантаження  $P_t$  через попереднє  $P_{t-1}$ .

Застосування методу малих вибірок при аналізі сезонних коливань дає змогу точно визначити конфігурацію добового графіка навантаження, а вираз математичного очікування ГН запишеться як:

$$M[P(t)] = Y(t) + M[x(t)], \quad (1.6)$$

Для підвищення точності прогнозів та приведення до стаціонарності вихідних значень електричного навантаження фільтрують випадкову вихідну інформацію. Прогнозування режимів електроспоживання складається з таких етапів: декомпозиція, прогноз і композиція.

Споживачів розділяють на дві групи: споживання яких підлягає оптимізації і споживання яких не підлягає оптимізації. На першому етапі визначаються режими електроспоживання не оптимізованої частини споживачів. При цьому, для кожного моменту часу  $t$  сезонного ГН вираховується різниця відповідних значень навантаження загального ГН електроспоживання та всіх ГН для процесів електроспоживання, що оптимізуються. На другому етапі здійснюється прогнозування окремо для ГН споживачів першої групи та загальних ГН електроспоживання другої групи. При цьому на основі ретроспективних даних по ГН електроспоживання встановлено, що форма графіка окремого технологічного процесу є незмінною в часі. Тому для виробництв, що оптимізуються, на перспективу форма ГН приймається незмінною, оскільки для іншої групи виконується прогнозування основних кількісних характеристик за наведеним нижче алгоритмом. Для всіх характерних сезонних графіків динамічний ряд споживання енергоносія, віднесений до моменту  $t$ , апроксимується визначеною часовою залежністю  $x(t)$ . Для звільнення від випадкових коливань проводиться вирівнювання за методом найменших квадратів, на основі припущень, що зміна аналізованих параметрів може бути наближено виражена різними математичними співвідношеннями  $y=f(t)$ . Критерієм оптимального наближення є мінімум середньоквадратичного відхилення. При розрахунку трендів цієї умові краще за все задовольняє функція:

$$y = a + bt + ct^2, \quad (1.7)$$

Тенденції зміни вказаних коефіцієнтів використовувались для визначення впливу на конфігурацію графіка навантаження умов експлуатації.

Для прогнозного моменту часу  $T$  визначаються очікувані значення електроспоживання, віднесеного до моменту  $t$  для кожного графіка по формулі:

$$P_{\psi}^{\cdot} = \psi(T), \quad (1.8)$$

Крім того, кожний ГН характеризується сукупністю загальноприйнятих показників, наприклад,  $P_{\psi}$  - середнє по всіх моментах  $\tau$  значення споживання енергоресурсів за сезон. Динамічні ряди таких характеристик апроксимуються визначеними функціональними залежностями регресійного типу, по яких пізніше знаходяться прогнознi значення. Ці величини очікуються незмінними, а прогнознi значення споживання  $P_{\tau t}$  - для кожного  $\tau$  знаходяться з рішення задачі пошуку:

$$\arg \min \left\{ \sum (P_{\tau t} - \varphi_{\tau}(T))^2 \right\}, \quad (1.9)$$

На останньому етапі виконується композиція прогнозних ГН другої групи споживачів та ГН першої групи, отриманих множенням прогнозних ГН у відносних одиницях на величини оптимального електроспоживання для відповідного процесу.

На сьогоднішній день складність прогнозування графіків навантаження особливо зросла через відсутність сталості розвитку не тільки енергетики, а й економіки держави в цілому. Тому використання синтетичних методів для прогнозування перспективних графіків електричного навантаження не може дати надійних результатів, тому є не досить достаменним.

Остаточне вирішення задачі оцінки перспективних режимів електроспоживання в умовах перехідної економіки не може бути здійснене лише формалізованими методами, хоча вони можуть використовуватися як потужний засіб для обробки вихідної інформації. Структурні зміни не відбуваються водночас, і тому тенденції змін можуть бути ідентифіковані. Слід розглянути можливість застосування експертних методів для прогнозування графіків електричного навантаження. При побудові моделі прогнозування режимів електроспоживання основною вихідною інформацією є динамічні ряди, в яких незалежною змінною є

час. Динамічні ряди містять у собі інформацію про зміни певної характеристики в часі. Елементи ряду пов'язані відповідним моментом часу та певним проміжком часу між елементами. Суттєве значення для аналізу має послідовність розташування досліджуваних даних у ряду, оскільки за всіх випадків час виступає як визначний фактор. Фактично процес формування економетричної моделі виконується в кілька етапів.

Етап 1. Формування мети дослідження, визначення вхідних та вихідних показників моделі. На виході досягається постановка задачі з конкретним відгуком, який досліджуватиметься на зв'язок із множиною незалежних змінних. На практиці метою даного етапу є отримання інтегральних характеристик режиму електроспоживання.

Етап 2. Збір необхідної статистичної інформації та її аналіз.

Етап 3. Етап математичної побудови моделі - опис класу функції, в межах якого виконується подальший пошук конкретного типу залежності (лінійна чи нелінійна модель).

Етап 4. Оцінювання невизначених параметрів моделі. Залежно від прийнятих на першому етапі допущень, від обраного критерію оптимальності та залежно від конкретного виду отриманої системи рівнянь використовуються різні методи статистики.

Етап 5. Аналіз властивостей моделі на стійкість і достовірність прогнозу.

Етап 6. Практичне застосування моделі для досліджень системи та прогнозування характеристик на заданий момент часу. В основу побудови економетричних моделей у більшості випадків покладається принцип максимальної правдоподібності (ПМП). Ідея такого підходу полягає у прийнятті значення невідомого параметру, за якого досліджувана вибірка є найбільш вірогідною (правдоподібною). Досліджуваною вибіркою є відрізок  $n$  членів динамічного ряду визначеного показника. Передбачається, що вибірка вибирається з генеральної

сукупності з відомим законом розподілу, який задається густиною розподілу  $f(y, \Theta)$ . Густина розподілу ймовірностей вибірки задається функцією:

$$\int(y_1, y_2, \dots, y_n, \Theta) = \prod_{i=1}^n \int y_i, \Theta, \quad (1.10)$$

де  $y_1, \dots, y_n$  - спостереження;  $\Theta$  - вектор значень параметрів.

Якщо поставити задачу, за якої вірогідність отримання вибірки  $(y_1, \dots, y_n)$  є максимальною, то густина розподілу цієї вірогідності буде задана тією ж функцією в якій величини  $(y_1, \dots, y_n)$  розглядаються як постійні, а параметри  $\Theta$  - як змінні. Отже, функцію можна називати функцією вірогідності вибірки. Метою є пошук параметрів  $\Theta$ , максимізуючих функцію.

## 1.8 Методи кореляційного та регресійного аналізу

Методи побудовані на принципі максимальної правдоподібності та належать до параметричних, тобто до традиційних методів статистики. Формалізовані методи можуть непогано наближати стійкі тенденції в характері навантажень, але вони погано оцінюють якісні зміни в характері навантажень. Такі зміни можуть бути ефективно передбачені за допомогою залучення експертних оцінок спеціалістів. При прогнозуванні перспективних показників режиму експертним шляхом за основу беруть дійсні графіки навантаження, а потім наближено враховується вплив структурних зрушень у галузях економіки, клімату і т.п.

## 1.9 Експертні методи прогнозування

Експертні методи прогнозування (МП) базуються на основі експертної інформації, де експертом може виступати як одна людина, так і група людей. Методи індивідуальних експертних оцінок базуються на використанні в якості джерел інформації одного експерта. Найпоширенішими методами індивідуальних експертних оцінок є метод психоінтелектуальної генерації ідей та метод інтерв'ю.

Метод базується на виявленні загальної об'єктивної оцінки експертної групи шляхом обробки індивідуальних, незалежних оцінок, винесених експертами, які входять до групи. Групова експертиза є потужним засобом для обробки слабо-формалізованих даних, дозволяє використовувати найбільш переконливі ствердження спеціалістів - експертів, та використовувати їх для підготовки науково обгрунтованих рішень. Розвитком методу колективної експертної оцінки є:

- метод експертних комісій - складається із сумісної роботи об'єднаних у комісію експертів, які розробляють документ про перспективи розвитку об'єкта прогнозування.

- метод «Дельфі»- побудований на виявленні узгодженої оцінки експертної групи шляхом їх автономного опитування в кілька турів, які передбачають повідомлення експертам результатів попереднього туру.

- метод колективної генерації ідей - побудований на стимуляції творчої діяльності експертів шляхом сумісного обговорення конкретної проблеми, регламентованого визначеними правилами. Сюди відносять метод відносної оцінки та метод "мозкових" атак.

- морфологічний аналіз - оснований на побудові матриць характеристик об'єкта прогнозування та їх можливих значень із наступним перебором та оцінкою всіх можливих варіантів сполучень цих значень. Суттєвим недоліком є відсутність впевненості в урахуванні всіх важливих факторів та варіантів значень факторів.

Отже, застосування такого методу для прогнозування графіків електричного навантаження досить обмежене.

- аналітичний метод полягає в отриманні експертних оцінок шляхом логічного аналізу прогнозованої моделі. Розвитком аналітичного методу є:

- метод евристичного прогнозування - складається з побудови та наступного урізання дерева пошуку експертної оцінки з використання будь-якої евристики;

- метод побудови прогнозного сценарію - базується на встановленні логічної послідовності стану об'єкта прогнозування та прогнозного фону в часі та за різних умов для визначення мети розвитку цього об'єкта. Завданням сценарного методу є встановлення ймовірного режиму електроспоживання через встановлення логічної послідовності подій, для відображення процесу переходу системи з попереднього стану в наступний. При цьому експерт або група експертів повинні відібрати лише ту мінімально необхідну інформацію, яка належить до вирішення конкретної вузькоспеціалізованої проблеми, із урахуванням об'єктивних закономірностей розвитку. З іншого боку, має бути дуже детально показано, якими можливостями володіє об'єкт для управління ходом процесу, та перераховано всі можливі варіанти розвитку.

Проведений аналіз показує, що будь-яке завдання прогнозування спирається на складні математичні або емпіричні (інтуїтивні) методи пошуку закономірностей в даному тимчасовому процесі. Експерти підприємства по складанню прогнозу такі залежності виявляють поступово, за місяці і роки роботи; експерт вважається тим більше коштовний, чим він більше знає специфіку підприємства. Не слід також упускати з виду, що причини цих закономірностей можуть змінюватися з часом, корінним чином впливаючи на подальший розвиток даного процесу. Так глобальні тенденції до зміни виробничого процесу підприємства можуть за порівняно короткий період буквально перекреслити висновки експерта і відправити "до архіву" більшість методів прогнозу, що застосовувалися раніше.

Практика показує, що для прогнозування споживання електричної енергії не існує загального, єдиного методу: кожне виробництво містить індивідуальні технологічні цикли, які, підсумовуючись, утворюють унікальний часовий процес. Проте у всіх виробничих циклах вжитку енергії можна знайти загальні межі, тим самим утворюючи методичну базу для виконання точного прогнозу.

## 2 ПРОГНОЗУВАННЯ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРОМИСЛОВИМ ПІДПРИЄМСТВОМ ПАТ «ЗАПОРІЖПОЛІМЕРТАРА»

### 2.1 Огляд структури електроспоживання промислового підприємства ПАТ «Запоріжполімертара»

Підприємство ПАТ "Запоріжполімертара" було створено у 1998 році. Діяльність підприємства орієнтовано на виробництво та продаж пакувальної продукції з полімерних матеріалів для харчової промисловості. Завдяки постійній роботі над вдосконаленням технології виробництва, модернізацією устаткування, розширенням асортименту, вдалося досягти щорічного зростання обсягів виробництва, створення додаткових робочих місць, відкриття нових промислових ліній. З 2002 року почали випуск лотків та стаканів зі вспененого полістиролу; 2017 рік - декоративного стельового багету; 2018 рік – новий напрямок діяльності – виробництво паперової амортизуючої багатошарової серветки для кондитерських виробів. До складу підприємства входять чотири промислових цеха: цех з виробництва полімерних виробів, цех з виробництва паперової амортизуючої багатошарової серветки для кондитерських виробів, цех з виробництва картону, цех з виробництва волопоглинаючої серветки для продуктивних виробів.

Підприємству належить електрообладнання напругою понад 1000В, а саме: комплектна трансформаторна підстанція КТП 400 10/0,4кВ з трансформатором ТМЗ 400/10/0,4-70У; вантажопідіймальні крани- кран підвісний електричний однобалковий в/п 1т. До складу підприємства також входить котельний цех з паровими та водогрійними котлами з теплопродуктивністю понад 0,01МВт, а саме : котел паровий Е 0,4-,09ГН, котел паровий Е 1,0-,09ГН-3, котел водогрійний АОГВ-100Е.

На даний момент підприємство зарекомендовало себе на ринку тари та упаковки як великого постачальника комплексного забезпечення мереж

супермаркетів за так званою схемою від "А" до "Я". Нашими партнерами являються мережі супермаркетів "Сільпо", "Амстор", "Велика Кишеня", "АТБ-маркет" та ін. За офіційними даними Державних органів статистики за 2020р підприємство увійшло до числа лідерів по сумарних балах чотирьох критеріїв: "Об'єм", "Динаміка зростання", "Диверсифікація", "Географія".

## 2.2 Прогнозування електроспоживання підприємства методом формових відображень

Графіки електричних навантажень (ГЕН) розробляються для кожної галузі, а також і для кожного підприємства на перспективу. У зв'язку з цим за тривалий період розвитку електроенергетичної науки було напрацьовано велику кількість методів прогнозування ГЕН. Переважна більшість розроблених методів орієнтована на оперативне та короткострокове прогнозування ГЕН, тобто глибина прогнозування для них становить години-дні та тижні-місяці відповідно. Окрему групу методів прогнозування утворюють моделі довгострокового прогнозування ГЕН із глибиною прогнозування роки - десятки років.

Принципова особливість цього методу полягає в тому, що він не працює з часовими рядами та не використовує виявлені залежності. Метод побудований на так званих формових відображеннях.

Що стосується періоду кризового падіння виробництва, який характеризується відповідним падінням електроспоживання, то тут головним чинником, що визначає часову залежність споживання електричної енергії, є фактор зниження інтенсивності використання встановленого обладнання як кожного підприємства, та і галузі взагалі. При цьому на виробництвах, що припускають таку можливість, відбувається послідовне скорочення кількості робочих змін (ліквідація

третьої та другої зміни), а також кількості одиниць технологічного обладнання, що залишається у роботі.

На енергоємних виробництвах із безперервним технологічним циклом, де ліквідація другої та третьої робочих змін неможлива, скорочення виробництва відбувається за рахунок змін кількості одиниць завантаженого обладнання (в роботі залишається найбільш економічне обладнання відповідної одиничної потужності): а також за рахунок переходу на режими часткового завантаження робочого обладнання. Перехід на режими часткового навантаження зумовлює можливість перерозподілу завантаження технологічного обладнання між змінами доби, що використовується на практиці з метою управління електроспоживанням в умовах адміністративних обмежень з боку енергопостачальних компаній, а також мінімізації витрат на електричну енергію за рахунок переходу на зонні тарифи електроспоживання, диференційовані за годинами доби. Природно, що ретроспективний період кризового падіння виробництва супроводжується відповідними змінами форми електричних навантажень сукупності підприємств кожної галузі, що позначається на відповідних змінах суміщеного графіка електронавантаження енергетичної системи .

У період відновлення національної економіки, що характеризується позитивними темпами зростання електроспоживання галузей суспільного виробництва, основним чинником нарощування обсягів виробництва є послідовна інтенсифікація виробничого процесу з мінімальним введенням нових виробничих потужностей. Природно, що процес відновлення виробництва зумовлюється тими самими економічними чинниками, що й процес його кризового падіння. Тому графіки електроспоживання галузей в період зростання виробництва повинні закономірно відповідати графікам ретроспективного періоду падіння виробництва з таким самим індексом річного електроспоживання. Виняток становитимуть часові ділянки, спричинені аварійними (віялковими) відключеннями електроживлення

диспетчерами енергетичної системи. Втім, такі непрезентативні ділянки можуть бути виявленими та виправленими відповідними методами статистичного аналізу.

Отже, репрезентативною ділянкою ретроспективного періоду в методі МФВ вважається період часу падіння виробництва.

Протяжності ретроспективного та перспективного періодів мають неспівставність.

Для умов таких країн, як Україна, оговорений ретроспективний період, який становить близько 10 років, то перспективний може сягати 25-30 років і більше. При цьому забезпечується необхідна точність прогнозування, що майже неможливо навіть для країн з усталеною економікою при застосуванні методів виявлення залежностей в часовому вимірі через велику розбіжність протяжностей ретроспективного і перспективного періодів. Ця істотна перевага МФВ забезпечується тим, що з аналізу виключено час як аргумент (він фігурує лише як параметр), а співставлення та формування ГЕН здійснюється з використанням як аргументу принципово нової величини, а саме - індексу річного електроспоживання.

Принциповою особливістю методу МФВ є те, що початок ретроспективного періоду співпадає з роком максимального електроспоживання в минулому.

### 2.3 Розрахунок електроспоживання підприємства ПАТ «Запоріжполімертара» з урахуванням динаміки його розвитку

При застосуванні МФВ за вихідні дані беруться (окрім зазначених величин) річні ГЕН підприємства для кожного року ретроспективного періоду з поточним індексом року; та повне електроспоживання підприємства на ретроспективному і перспективному періодах моделі.

При застосуванні метода формових відображень за вихідні данні беруться графіки споживання електричної енергії підприємством по роках. Графік складається з двох періодів, а саме: ретроспективного  $[J, 0]$  та перспективного  $[0, J]$ , де  $J$  – максимальний рік періоду прогнозування (додаток А).

Принциповою особливістю методу МФВ є те, що початок ретроспективного періоду  $J$  співпадає з роком максимального електроспоживання в минулому:

$$W_j(J) = \max[W_j(j)], \quad (2.1)$$

де  $j$  – всі роки минулого періоду, для яких існує статистика  $W_j(j)$ .

Для перспективного періоду прогнозування, обсягу споживання електричної енергії, розраховується виходячи з Бізнес плану розвитку підприємства, та питомого електроспоживання за минулі роки, та визначається по наступній формулі:

$$W_j(J) = W_{num_j} \cdot \Pi, \quad (2.2)$$

де  $\Pi$  – обсяг планованої продукції згідно Бізнес планом, шт;

$W_{num_j}$  – питома електроспоживання, кВт·год / шт.

$$W_{пит_j} = \frac{1}{N_j} W_j, \quad (2.3)$$

де  $N_j$  – обсяг виробленої продукції в ретроспективному періоді в  $j$  році, шт;

$W_j$  – обсяг спожитої електроенергії в ретроспективному періоді в  $j$  році, кВт·год.

Первинні відомості приведені до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Обсяги виробленої продукції та спожитої електроенергії

Роки	Обсяг	
	виробленої продукції , шт	спожитої електроенергії , кВт·год
2025	75445612	948970
2016	34119697	499410
2017	27744518	398550
2018	45209754	616435
2019	48331395	665040
2020	49583396	662930

Розрахуємо питоме електроспоживання за формулою 2.2.

$$W_{2005} = 1 / 38610284 \cdot 94897 = 0,002457816 \text{ кВт}\cdot\text{год} / \text{шт.}$$

Подальші розрахунки робимо аналогічно і результати вносимо в таблицю 2.2

Таблиця 2.2 – Питоме електроспоживання виробництва на одиницю продукції

Роки	2025	2016	2017	2018	2019	2020
Питоме електроспоживання, кВт·год / шт	0,01257	0,01464	0,01437	0,01364	0,0138	0,0134

Середнє питоме електроспоживання виробництва на одиницю продукції знайдемо за формулою:

$$\overline{W}_{num} = \frac{1}{Q} \sum W_{num\_j}, \quad (3.4)$$

де  $Q$  – кількість розглянутих років.

$$\overline{W}_{пит} = 1/6 \cdot 0,082345 = 0,0137242 \text{ кВт}\cdot\text{год} / \text{шт.}$$

Згідно з Бізнес планом розвитку підприємства, зможемо розрахувати споживання електричної енергії підприємством на перспективний період до 2030 року згідно формули 3.2

$$W_{2022} = 0,0137242 \cdot 50000000 = 686210 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$W_{2023} = 0,0137242 \cdot 53000000 = 727383 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$W_{2024} = 0,0137242 \cdot 60000000 = 823450 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$W_{2025} = 0,0137242 \cdot 62000000 = 850900 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$W_{2026} = 0,0137242 \cdot 65000000 = 892073 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$W_{2027} = 0,0137242 \cdot 70000000 = 960694 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$W_{2028} = 0,0137242 \cdot 80000000 = 1097936 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$W_{2029} = 0,0137242 \cdot 85000000 = 1166557 \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

$$W_{2030} = 0,0137242 \cdot 90000000 = 1235178 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Розрахункові данні споживання електричної енергії у перспективний період, а також статистичні данні споживання електричної енергії у ретроспективний період зведемо у таблицю 2.3 , та побудуємо графік споживання електроенергії по роках (додаток А).

Таблиця 3.3 – Споживання підприємством електричної енергії 2025 - 2030 рр.

Роки ретроспективного періоду	Електроспоживання , кВт·год
2025	948970
2016	499410
2017	398550
2018	616435
2019	665040
2020	662930
2021	672930
2022	686210
2023	727383
2024	823450
2025	850900
2026	892073
2027	960694
2028	1097936
2029	1166557
2030	1235178

#### 2.4 Алгоритм визначення графіків електричного споживання підприємством на довгострокову перспективу

При формуванні прогнозних графіків електричного навантаження підприємства на довгострокову перспективу, згідно МФВ, складемо алгоритм послідовності дій.

1. Метод формових відображень будується на методі простої екстраполяції, що використовує рівняння часового тренду, базується на припущенні зберігання тенденцій, що склалися в «періодисторії» (ретроспектива) і в прогнозованому періоді. Тому визначаючи індекси річного електроспоживання підприємства, ми будемо основою для перспективного прогнозування.

Індекс – це відносна величина, яка характеризує зміну електроспоживання підприємством у часі.

Визначаємо індекси річного електроспоживання за роками ретроспективного періоду за формулою 3.5 та прогнозованого періоду за формулою:

$$a_{\underline{j}} = \frac{W_{\underline{j}}}{W_0}, \quad (2.5)$$

$$a_j = \frac{W_j}{W_0}, \quad (2.6)$$

де  $W_0$  – об'єм спожитої електричної енергії у базовий рік, кВт·год;

$W_j$  - об'єм електричної енергії, який прогнозується для споживання у перспективний період, кВт·год;

$W_{\underline{j}}$  – об'єм спожитої електричної енергії у ретроспективний період, кВт·год.

Базовий рік, згідно з Постановою НКРЕ від 25.05.2016 року № 654 це рік, що передує року, для якого розробляється нормативна характеристика технологічних витрат електроенергії в електричних мережах та за який використовується структура балансу електроенергії як прогнозована на поточний рік. Метод формових відображень це метод прогнозування на довгострокову перспективу, тому за базовий рік, в розрахунках, прийнято 2020 рік, це рік стабільної роботи підприємства.

Визначаємо індекси річного електроспоживання за роками ретроспективного періоду за формулою 2.5:

$$a_{2005} = \frac{948970}{662930} = 1,43.$$

Для років ретроспективного періоду: 2026, 2027, 2028, 2029, 2030 робимо аналогічні розрахунки та рішення зводимо у таблицю 2.4. Визначаємо індекси річного електроспоживання за роками перспективного періоду за формулою 2.6:

$$a_{2022} = \frac{686210}{662930} = 1,04 .$$

Для років прогнозованого періоду: 2022 – 2030 робимо аналогічні розрахунки, та рішення зводимо у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Індекси річного електроспоживання

Роки	Індекси річного електроспоживання	
	ретроспективний період	перспективний період
1	2	3
2025	1,43	
2016	0,75	
2017	0,60	
2018	0,93	
2019	1,03	
2020	1(базовий рік)	
2021		1,02
2022		1,04
2023		1,10

Продовження таблиці 2.4

1	2	3
2024		1,24
2025		1,28
2026		1,35
2027		1,45
2028		1,67
2029		1,76
2020		1,86

2. Споживання електроенергії не залишається постійним, а змінюється від характеру виробництва, виду і типу електроприймачів, пори року, годин доби. Одже, змінюється і режим роботи трансформаторної підстанції. Зміна навантажень характеризується графіками, які показують зміну споживаної потужності в залежності від часу доби. Форма добового графіка навантаження та його характеристика (заповнення графіка), а так само максимум навантаження змінюється в широких межах. Тому для дослідження будуються орієнтовані графіки активної потужності.

Визначимо форми річних графіків електроспоживання для кожного року ретроспективного періоду:

$$F_j(t) = \frac{P_j(t)}{P_j^{\max}}, \quad (23.7)$$

де  $P_j(t)$  – річна потужність підприємства в  $j$  – ому році , ретроспективного періоду , кВт;

$P_I^{max}$  – максимальне значення потужності підприємства у ретроспективному періоді, кВт;

$t$  – місяці поточного року.

Для визначення форми річних графіків електричного навантаження підприємства необхідні вихідні статистичні данні потужності підприємства у ретроспективний період, які зведені у таблиці 2.5

Таблиця 2.5– Потужність підприємства ретроспективного періоду

Місяць	Потужність підприємства , кВт							
	1	2	3	4	5	6	7	8
січень	2025	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
лютий	18261	11414	7501	7517	10854	15297	13677	
березень	13711	7159	8416	9794	11818	13035	13035	
квітень	11994	7804	6562	10946	12366	12274	12274	
травень	13700	8381	4350	9324	11501	9910	10382	
червень	13371	9718	3737	9759	12773	9756	12297	
липень	14853	7247	5541	9878	10713	9610	12053	
серпень	15714	8035	4834	8979	10682	8766	13564	
вересень	15341	6742	6436	9368	10423	10668	10300	
жовтень	12972	8095	7548	10189	9820	10281	10281	
листопад	20280	8865	7403	8479	8941	11279	13926	
грудень	18031	8198	7481	11553	9620	9971	13659	
$\sum$ річ.	19472	100135	78419	211572	119511	120847	109610	

За допомогою формули 3.7 визначаємо форми річних графіків електричного навантаження для кожного року ретроспективного періоду щомісячно:

$$F_{2005} (\text{січень}) = 182,61 / 202,8 = 0,9.$$

$$F_{2005} (\text{лютий}) = 137,11 / 202,8 = 0,68.$$

Наступні розрахунки виконуємо аналогічно, та результати заносимо до таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Форми річних ГЕН

Місяці	Форми річних ГЕН					
	2025	2016	2017	2018	2019	2020
січень	0,900	1	0,870	0,650	0,849	1
лютий	0,680	0,630	0,980	0,850	0,925	0,950
березень	0,590	0,680	0,760	0,950	0,968	0,800
квітень	0,680	0,730	0,500	0,810	0,900	0,750
травень	0,670	0,850	0,430	0,840	1	0,740
червень	0,730	0,630	0,640	0,860	0,839	0,730
липень	0,770	0,700	0,560	0,770	0,836	0,670
серпень	0,760	0,590	0,750	0,810	0,816	0,700
вересень	0,640	0,710	0,880	0,880	0,769	0,770
жовтень	1	0,780	0,860	0,730	0,700	0,740
листопад	0,890	0,720	0,870	1	0,753	0,750
грудень	0,960	0,740	1	0,960	0,825	0,720

### 3. Нерівності визначення квазіформ ГЕН.

Форми річних графіків електронавантаження підприємства у ретроспективний період відображені у додатку [Б]. Прогнозованні графіки споживання електричної енергії протягом певного року періоду є пропорційними до відповідних графіків минулих років з коефіцієнтом пропорційності, що дорівнює відповідним індексам річного електроспоживання.

Тому для кожного прогнозного року періоду визначаємо нерівності згідно формул:

$$a_{\underline{j}+1} \leq a_j \leq a_{\underline{j}}, \quad (2.8)$$

або

$$a_j > a_{\underline{j}}. \quad (2.9)$$

Всі вірогідні нерівності зведені у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Нерівності для визначення квазіформ ГЕН

Рік	Умови нерівностей			
	$a_{\underline{j}+1} \leq a_j \leq a_{\underline{j}}$		$a_j > a_{\underline{j}}$	
1	2	3	4	5
2020	$a_{2016} \leq a_{2020} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2020} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2020} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2020} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2020} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1 \leq 1,43$ $0,60 \leq 1 \not\leq 0,75$ $0,93 \leq 1 \not\leq 0,60$ $1,03 \leq 1 \not\leq 0,93$ $1 \leq 1 \not\leq 1,03$	$a_{2020} > a_{2017}$ $a_{2020} > a_{2018}$ $a_{2020} > a_{2019}$ $a_{2020} > a_{2020}$	$1 > 0,60$ $1 > 0,93$ $1 > 1,03$ $1 \not> 1$
2021	$a_{2016} \leq a_{2021} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2021} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2021} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2021} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2021} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,02 \leq 1,43$ $0,60 \leq 1,02 \not\leq 0,75$ $0,93 \leq 1,02 \not\leq 0,60$ $1,03 \leq 1,02 \not\leq 0,93$ $1 \leq 1,02 \not\leq 1,03$	$a_{2021} > a_{2017}$ $a_{2021} > a_{2018}$ $a_{2021} > a_{2019}$ $a_{2021} > a_{2020}$	$1,02 > 0,60$ $1,02 > 0,93$ $1,02 > 1,03$ $1,02 > 1$
2022	$a_{2016} \leq a_{2022} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2022} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2022} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2022} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2022} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,04 \leq 1,43$ $0,60 \leq 1,04 \not\leq 0,75$ $0,93 \leq 1,04 \not\leq 0,60$ $1,03 \leq 1,04 \not\leq 0,93$ $1 \leq 1,04 \not\leq 1,03$	$a_{2022} > a_{2017}$ $a_{2022} > a_{2018}$ $a_{2022} > a_{2019}$ $a_{2022} > a_{2020}$	$1,04 > 0,60$ $1,04 > 0,93$ $1,04 > 1,03$ $1,04 > 1$
2023	$a_{2016} \leq a_{2023} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2023} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2023} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2023} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2023} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,10 \leq 1,43$ $0,60 \leq 1,10 \not\leq 0,75$ $0,93 \leq 1,10 \not\leq 0,60$ $1,03 \leq 1,10 \not\leq 0,93$ $1 \leq 1,10 \not\leq 1,03$	$a_{2023} > a_{2017}$ $a_{2023} > a_{2018}$ $a_{2023} > a_{2019}$ $a_{2023} > a_{2020}$	$1,10 > 0,60$ $1,10 > 0,93$ $1,10 > 1,03$ $1,10 > 1$
2024	$a_{2016} \leq a_{2024} \leq a_{2015}$ $a_{2017} \leq a_{2024} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2024} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2024} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2024} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,24 \leq 1,43$ $0,60 \leq 1,24 \not\leq 0,75$ $0,93 \leq 1,24 \not\leq 0,60$ $1 \leq 1,24 \not\leq 0,93$ $1 \leq 1,24 \not\leq 1$	$a_{2024} > a_{2017}$ $a_{2024} > a_{2018}$ $a_{2024} > a_{2019}$ $a_{2024} > a_{2020}$	$1,24 > 0,60$ $1,24 > 0,93$ $1,24 > 1,03$ $1,24 > 1$

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5
2025	$a_{2016} \leq a_{2025} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2025} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2025} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2025} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2025} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,28 \leq 1,43$ $0,60 \leq 1,28 \neq 0,75$ $0,93 \leq 1,28 \neq 0,60$ $1,03 \leq 1,28 \neq 0,93$ $1 \leq 1,28 \neq 1,03$	$a_{2025} > a_{2018}$ $a_{2025} > a_{2017}$ $a_{2025} > a_{2019}$ $a_{2025} > a_{2020}$	$1,28 > 0,$ $1,28 > 0,6093$ $1,28 > 1$ $1,28 > 1,03$
2016	$a_{2016} \leq a_{2016} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2016} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2016} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2016} \leq a_{2018}$ $a_{20010} \leq a_{2016} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,35 \leq 1,43$ $0,60 \leq 1,35 \neq 0,75$ $0,93 \leq 1,35 \neq 0,60$ $1,03 \leq 1,35 \neq 0,93$ $1 \leq 1,35 \neq 1,03$	$a_{2016} > a_{2017}$ $a_{2016} > a_{2018}$ $a_{2016} > a_{2019}$ $a_{2016} > a_{2020}$	$1,35 > 0,60$ $1,35 > 0,93$ $1,35 > 1,03$ $1,35 > 1$
2017	$a_{2016} \leq a_{2017} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2017} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2017} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2017} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2017} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,45 \neq 1,43$ $0,60 \leq 1,45 \neq 0,75$ $0,93 \leq 1,45 \neq 0,60$ $1,03 \leq 1,45 \neq 0,93$ $1 \leq 1,45 \neq 1,03$	$a_{2017} > a_{2005}$ $a_{2017} > a_{2016}$ $a_{2017} > a_{2017}$ $a_{2017} > a_{2018}$ $a_{2017} > a_{2019}$ $a_{2017} > a_{2020}$	$1,45 > 1,43$ $1,45 > 0,75$ $1,45 > 0,60$ $1,45 > 0,93$ $1,45 > 1,03$ $1,45 > 1$
2018	$a_{2016} \leq a_{2018} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2018} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2018} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2018} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2018} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,67 \neq 1,43$ $0,60 \leq 1,67 \neq 0,75$ $0,93 \leq 1,67 \neq 0,60$ $1,03 \leq 1,67 \neq 0,93$ $1 \leq 1,67 \neq 1,03$	$a_{2018} > a_{2005}$ $a_{2018} > a_{2016}$ $a_{2018} > a_{2017}$ $a_{2018} > a_{2018}$ $a_{2018} > a_{2019}$ $a_{2018} > a_{2020}$	$1,67 > 0,43$ $1,67 > 0,75$ $1,67 > 0,60$ $1,67 > 0,93$ $1,67 > 1,03$ $1,67 > 1$
2019	$a_{2016} \leq a_{2019} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2019} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2019} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2019} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2019} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,76 \neq 1,43$ $0,60 \leq 1,76 \neq 0,75$ $0,93 \leq 1,76 \neq 0,60$ $1,03 \leq 1,76 \neq 0,93$ $1 \leq 1,76 \neq 1,03$	$a_{2019} > a_{2005}$ $a_{2019} > a_{2016}$ $a_{2019} > a_{2017}$ $a_{2019} > a_{2018}$ $a_{2019} > a_{2019}$ $a_{2019} > a_{2020}$	$1,76 > 0,43$ $1,76 > 0,75$ $1,76 > 0,60$ $1,76 > 0,93$ $1,76 > 1,03$ $1,76 > 1$
2020	$a_{2016} \leq a_{2020} \leq a_{2005}$ $a_{2017} \leq a_{2020} \leq a_{2016}$ $a_{2018} \leq a_{2020} \leq a_{2017}$ $a_{2019} \leq a_{2020} \leq a_{2018}$ $a_{2020} \leq a_{2020} \leq a_{2019}$	$0,75 \leq 1,86 \neq 1,43$ $0,60 \leq 1,86 \neq 0,75$ $0,93 \leq 1,86 \neq 0,60$ $1,03 \leq 1,86 \neq 0,93$ $1 \leq 1,86 \neq 1,03$	$a_{2020} > a_{2005}$ $a_{2020} > a_{2016}$ $a_{2020} > a_{2017}$ $a_{2020} > a_{2018}$ $a_{2020} > a_{2019}$ $a_{2020} > a_{2020}$	$1,86 > 1,43$ $1,86 > 0,75$ $1,86 > 0,60$ $1,86 > 0,93$ $1,86 > 1,03$ $1,86 > 1$

#### 4. Квазіформи ГЕН підприємства.

Для кожного року прогнозного періоду визначаються квазіформи електронавантаження, тобто умовні форми графіків електричного навантаження підприємства у прогнозному періоді, відповідно до ретроспективного періоду, згідно до розглянутих нерівностей зведених у таблиці 3.7.

Для кожного року перспективного періоду, в яких справедлива залежність (3.8), визначаються квазіформи ГЕН підприємства за такою залежністю:

$$F_j^*(t) = F_{\underline{j}+1} + \left[ F_{\underline{j}}(t) - F_{\underline{j}+1}(t) \right] \frac{a_{\underline{j}} - a_{\underline{j}+1}}{a_{\underline{j}} - a_{\underline{j}+1}}, \quad (2.10)$$

Для років, для яких справедлива залежність (2.9), квазіформи галузевих ГЕН обчислюються за формулою:

$$F_j^*(t) = F_{\underline{j}}(t) + \left[ F_{\underline{j}}(t) - F_{\underline{j}+1}(t) \right] \times \frac{a_{\underline{j}} - a_{\underline{j}}}{a_{\underline{j}} - a_{\underline{j}+1}} \exp\left( -\frac{a_{\underline{j}} - a_{\underline{j}}}{a_{\underline{j}} - a_{\underline{j}+1}} \right). \quad (2.11)$$

Для визначення квазіформи ГЕН 2022 року, відносно 2015 та 2016 років, використовуємо формулу 2.10:

$$F_{2012}^*(\text{січень}) = F_{2006}(\text{січень}) + \left[ F_{2005}(\text{січень}) - F_{2006}(\text{січень}) \right] \cdot \frac{a_{2012} - a_{2006}}{a_{2006} - a_{2007}}.$$

$$F_{2012}^*(\text{січень}) = 1 + [0,90 - 1] \cdot \frac{1,04 - 0,75}{0,75 - 1,43} = 0,957$$

Квазіформи ГЕН для наступних прогнозуємих місяців та років розраховуємо аналогічно, та результати вносимо до таблиці 2.8, (додаток В).

Таблиця 2.8 – Квазіформи ГЕН перспективного періоду

Місяць	Квазіформи ГЕН 2021 відносно років					
	2015- 2016	2016- 2017	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	Вірогідна
1	2	3	4	5	6	7
січень	0,96	1,01	0,79	0,72	0,91	0,878±0,73%
лютий	0,65	0,59	0,93	0,88	0,93	0,796±2,2%
березень	0,644	0,67	0,83	0,96	0,91	0,803±1,9%
квітень	0,71	0,76	0,61	0,84	0,85	0,754±1,4%
травень	0,78	0,90	0,58	0,89	0,91	0,812±1,9%
червень	0,67	0,63	0,72	0,85	0,80	0,734±1,3%
липень	0,73	0,72	0,64	0,79	0,78	0,734±0,87%
серпень	0,66	0,57	0,77	0,81	0,78	0,718±1,51%
вересень	0,68	0,69	0,88	0,84	0,77	0,772±2,29%
жовтень	0,87	0,77	0,81	0,72	0,71	0,776±0,92%
листопад	0,79	0,70	0,92	0,91	0,75	0,814±1,29%
грудень	0,83	0,71	0,99	0,91	0,79	0,846±1,38%
Місяць	Квазіформи ГЕН 2022 відносно років					
	2015- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна
січень	0,957	0,793	0,734	0,813	0,997	0,859±1,42%

Продовження таблиці 2.8

лютий	0,651	0,934	0,890	0,919	0,948	0,868±1,54%
березень	0,642	0,827	0,968	1,000	0,815	0,851±1,81%
квітень	0,709	0,609	0,854	0,935	0,749	0,771±1,77%
травень	0,773	0,574	0,910	1,06	0,766	0,817±1,34%
червень	0,673	0,717	0,864	0,865	0,755	0,775±1,23%
липень	0,730	0,634	0,803	0,875	0,726	0,754±1,3%
серпень	0,662	0,771	0,821	0,822	0,707	0,757±1,01%
вересень	0,680	0,880	0,847	0,769	0,764	0,788±1,07%
жовтень	0,874	0,814	0,726	0,691	0,788	0,779±1%
листопад	0,792	0,916	0,919	0,754	0,792	0,835±0,99%
грудень	0,834	0,986	0,920	0,850	0,732	0,864±1,19%
	Квазіформи ГЕН 2023 відносно років					
Місяць	2005- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна
січень	0,952	0,797	0,712	0,815	0,999	0,855±1,49%
лютий	0,604	0,934	0,873	0,919	0,950	0,856±0,52%
березень	0,726	0,823	0,956	1,006	0,801	0,862±1,44%
квітень	0,756	0,603	0,838	0,934	0,750	0,776±1,7%
травень	0,943	0,566	0,890	1,05	0,741	0,838±2,4%
червень	0,579	0,713	0,853	0,864	0,731	0,748±1,68%
липень	0,664	0,630	0,791	0,874	0,673	0,726±1,52%
серпень	0,502	0,770	0,812	0,842	0,700	0,725±2,02%

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7
вересень	0,746	0,880	0,845	0,769	0,770	0,802±0,77%
жовтень	0,667	0,817	0,721	0,691	0,742	0,728±0,78%
листопад	0,632	0,913	0,923	0,754	0,752	0,795±1,67%
грудень	0,627	0,987	0,918	0,849	0,721	0,820±1,9%
	Квазіформи ГЕН 2024 відносно років					
Місяць	2005- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна
січень	1,07	0,809	0,677	0,839	1,000	0,879±1,9%
лютий	0,594	0,944	0,860	0,923	0,950	0,854±1,89%
березень	0,745	0,813	0,953	0,979	0,800	0,860±1,25%
квітень	0,766	0,586	0,823	0,910	0,750	0,767±1,67%
травень	0,980	0,544	0,862	1,01	0,740	0,827±2,5%
червень	0,558	0,701	0,857	0,846	0,730	0,738±1,79%
липень	0,650	0,619	0,779	0,847	0,670	0,713±0,26%
серпень	0,467	0,767	0,811	0,823	0,700	0,714±2,19%
вересень	0,760	0,880	0,865	0,769	0,770	0,809±0,78%
жовтень	0,621	0,824	0,726	0,697	0,740	0,722±0,83%
листопад	0,597	0,960	0,966	0,753	0,750	0,805±2,12%
грудень	0,581	0,989	0,941	0,832	0,720	0,813±2,2%

Продовження таблиці 2.8

Місяць	Квазіформи ГЕН 2025 відносно років					
	2005- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна
січень	0,915	0,812	0,671	0,849	1	0,849±1,56%
лютий	0,638	0,946	0,858	0,925	0,950	0,863±1,64%
березень	0,667	0,810	0,952	0,968	0,800	0,839±1,59%
квітень	0,723	0,582	0,820	0,900	0,750	0,755±1,69%
травень	0,823	0,538	0,857	1	0,740	0,792±2,32%
червень	0,645	0,700	0,858	0,839	0,730	0,754±1,31%
липень	0,710	0,615	0,777	0,836	0,670	0,722±1,3%
серпень	0,616	0,766	0,810	0,816	0,700	0,742±1,22%
вересень	0,700	0,880	0,868	0,769	0,770	0,797±1,02%
жовтень	0,813	0,826	0,727	0,700	0,740	0,761±0,79%
листопад	0,746	0,904	0,974	0,753	0,750	0,825±1,35%
грудень	0,773	0,989	0,946	0,825	0,720	0,851±1,44%
Місяць	Квазіформи ГЕН 2026 відносно років					
	2005- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна
січень	0,969	0,818	0,663	0,849	0,999	0,860±1,68%
лютий	0,646	0,949	0,855	0,925	0,950	0,865±0,72%
березень	0,652	0,805	0,951	0,968	0,800	0,830±1,68%

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7
квітень	0,714	0,573	0,816	0,900	0,750	0,751±1,75
травень	0,793	0,526	0,850	0,999	0,740	0,782±2,38%
червень	0,661	0,692	0,859	0,839	0,730	0,756±1,28%
липень	0,722	0,609	0,774	0,836	0,670	0,722±1,32%
серпень	0,643	0,764	0,810	0,816	0,700	0,747±1,08%
вересень	0,688	0,880	0,873	0,769	0,770	0,796±1,09%
жовтень	0,849	0,829	0,728	0,700	0,740	0,796±0,92%
листопад	0,773	0,900	0,984	0,753	0,750	0,832±1,36%
грудень	0,809	0,990	0,951	0,825	0,720	0,859±1,39%
	Квазіформи ГЕН 2027 відносно років					
Місяць	2005- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна
січень	0,897	0,827	0,656	0,849	0,999	0,846±1,59%
лютий	0,681	0,955	0,852	0,925	0,950	0,873±1,42%
березень	0,587	0,797	0,951	0,968	0,800	0,821±2,01%
квітень	0,679	0,560	0,813	0,900	0,750	0,740±1,89%
травень	0,665	0,510	0,845	0,999	0,740	0,752±1,64%
червень	0,733	0,683	0,859	0,839	0,730	0,769±1,07%
липень	0,772	0,601	0,772	0,836	0,670	0,730±1,38%
серпень	0,765	0,762	0,810	0,816	0,700	0,771±0,65%
вересень	0,638	0,880	0,877	0,769	0,770	0,787±1,36%

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7
жовтень	1,00	0,835	0,729	0,700	0,740	0,801±1,65%
листопад	0,895	0,895	0,993	0,753	0,750	0,857±1,31%
грудень	0,966	0,992	0,956	0,825	0,720	0,892±1,4%
	Квазіформи ГЕН 2028 відносно років					
Місяць	2005- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна
січень	0,875	0,842	0,651	0,849	0,999	0,843±1,6%
лютий	0,692	0,964	0,850	0,925	0,950	0,876±1,3%
березень	0,568	0,784	0,950	0,968	0,800	0,814±2,13%
квітень	0,668	0,539	0,840	0,900	0,750	0,740±2,08%
травень	0,625	0,482	0,860	0,999	0,740	0,741±1,92%
червень	0,755	0,668	0,770	0,839	0,730	0,752±0,89%
липень	0,787	0,586	0,810	0,836	0,670	0,738±1,55%
серпень	0,802	0,758	0,880	0,816	0,700	0,791±0,92%
вересень	0,623	0,880	0,730	0,769	0,770	0,754±1,32%
жовтень	1,05	0,844	0,999	0,700	0,740	0,867±1,92%
листопад	0,932	0,886	0,960	0,753	0,750	0,856±1,25%
грудень	1,02	0,995	0,959	0,825	0,720	0,904±1,52%
	Квазіформи ГЕН 2029 відносно років					
Місяць	2005- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7
січень	0,870	0,847	0,650	0,849	0,999	0,843±1,68%
лютий	0,695	0,966	0,850	0,925	0,950	0,877±1,37%
березень	0,563	0,780	0,950	0,968	0,800	0,812±2,2%
квітень	0,655	0,532	0,810	0,900	0,750	0,729±1,29%
травень	0,616	0,473	0,840	0,999	0,740	0,734±2,9%
червень	0,760	0,663	0,859	0,839	0,730	0,770±1,13%
липень	0,791	0,582	0,770	0,836	0,670	0,730±1,51%
серпень	0,811	0,756	0,810	0,816	0,700	0,779±0,69%
вересень	0,619	0,880	0,879	0,769	0,770	0,783±1,47%
жовтень	1,065	0,846	0,730	0,700	0,740	0,816±1,98%
листопад	0,941	0,884	0,999	0,753	0,750	0,865±1,39%
грудень	1,025	0,996	0,959	0,825	0,720	0,905±1,53%
	Квазіформи ГЕН 2030 відносно років					
Місяць	2005- 2016	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	Вірогідна
січень	0,866	0,852	0,649	0,849	0,999	0,843±1,6%
лютий	0,697	0,969	0,850	0,925	0,950	0,878±1,36%
березень	0,560	0,776	0,950	0,968	0,800	0,811±1,91%
квітень	0,663	0,526	0,810	0,900	0,750	0,730±2%
травень	0,609	0,464	0,840	0,999	0,740	0,730±1,79%

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5	6	7
червень	0,764	0,658	0,860	0,839	0,730	0,770±1,15%
липень	0,794	0,578	0,770	0,836	0,670	0,730±1,54%
серпень	0,817	0,755	0,810	0,816	0,700	0,780±0,71%
вересень	0,616	0,880	0,880	0,769	0,770	0,783±1,49%
жовтень	1,07	0,849	0,730	0,700	0,740	0,818±2%
листопад	0,947	0,881	0,999	0,753	0,750	0,866±1,4%
грудень	1,03	0,997	0,960	0,825	0,720	0,906±1,55%

Для кожного прогнозного року періоду, від базового 2020 року до 2030 року, згідно зі складеними нерівностями (2.10) та (2.11), були визначені квазіформи ГЕН. Для кожного місяця кожного року було складено п'ять можливих квазіформ графіка електронавантаження в залежності від варіанту розрахунку.

Метод вірогідності складних подій.

Для визначення форми прогнозного графіка електронавантаження треба обрати тільки одну квазіформу, в роботі вперше використовується метод з теорії вірогідності метод вірогідності складних подій. Складні події розглянуті як серія дослідів та комбінацій усіх можливих результатів. Дуже важливо врахувати всі можливі результати, для чого складають «дерево вірогідностей», на якому відображають послідовність експериментів та їх результати. Досліди представлені як послідовність кружків, а кожен результат – гілка від відповідного кружка.

Для подальших розрахунків треба обрати лише одну, вірогідну квазіформу. Для вирішення цієї задачі використане правило симетрії вірогідностей: вірогідна форма = число сприятливих результатів/загальне число результатів:

$$F_{\text{січень}2021}^* = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 F_{\text{січень}2021}^* , \quad (2.12)$$

$$F_{\text{сер}2021}^* = \frac{1}{5} (0,96 + 1,01 + 0,79 + 0,72 + 0,91) = 0,878.$$

Остаточні розрахунки виробляємо аналогічно, та результати зводимо у таблиці 2.8.

Імовірність похибки результату (розподіл Стьюдента).

В роботі вперше розрахована імовірність похибки результату за методом математичної статистики: розподілу Стьюдента.

Розподіл Стьюдента по суті є сумою декількох нормально розподілених випадкових величин. Чим більше величин, тим більше вірогідність, що їх сума матиме нормальний розподіл. Таким чином, кількість сумуємих величин визначає найважливіший параметр форми даного розподілу - число мір свободи. Розподіл Стьюдента описує відхилення середнього значення розрахованого по кінцевій вибірці від середнього значення розглянутої сукупності, та дає змогу отримати імовірну похибку результату.

Розрахуємо квазіформу ГЕН для січня 2021 року згідно метода розподілу Стьюдента:

а) визначимо середнє арифметичне значення квазіформи ГЕН січня 2021 року за формулою:

$$F_{\text{сер}}^* = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 F_{\text{січень}}^* , \quad (2.13)$$

$$F_{\text{сер}}^* = \frac{1}{5} (0,96 + 1,01 + 0,79 + 0,72 + 0,91) = 0,878.$$

б) розрахуємо випадкові відхилення квазіформ від середнього арифметичного значення квазіформи ГЕН по формулі:

$$p_i = F_i^* - F_{сер}^* \quad (2.14)$$

Згідно з формулою 3.14 розрахуємо випадкові відхилення квазіформ від середнього арифметичного значення квазіформи ГЕН січня 2021 року:

$$p_{січень1} = 0,96 - 0,878 = 0,082;$$

$$p_{січень2} = 1,01 - 0,878 = 0,132;$$

$$p_{січень3} = 0,79 - 0,878 = -0,088;$$

$$p_{січень4} = 0,72 - 0,878 = -0,158;$$

$$p_{січень5} = 0,91 - 0,878 = -0,032.$$

Розрахунки випадкових відхилень та їх квадратів зводимо до таблиці 3.9

Таблиця 2.9 – Випадкові відхилення квазіформ ГЕН

Відхилення квазіформ	2015-2016	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021
$p_i$	0,082	0,132	-0,088	-0,158	-0,032
$p_i^2$	0,0067	0,017	0,0077	0,025	0,001

Квазіформа ГЕН січня 2021 року відносно ретроспективного періоду 2028-2029 років значно відрізняється від середнього значення у зрівнянні з іншими. Тому необхідно перевірити, чи не є воно промахом, тобто помилкою (при  $p_3 > 3\delta$  воно є промахом і при обробці результатів не враховується).

в) середнє квадратичне відхилення ( $\delta$ ) без урахування  $p_3$  визначається згідно з формулою:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^4 p_i^2 \right)}, \quad (2.14)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{3} (0,0067 + 0,017 + 0,025 + 0,001)} = 0,13,$$

так як  $p_3=0,088 \not\geq 3 \cdot 0,13$ , то ця квазіформа ГЕН не є промахом, тому середнє квадратичне відхилення форм ГЕН складе:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{5} (0,0067 + 0,017 + 0,0077 + 0,025 + 0,001)} = 0,11.$$

г) знайдемо середню квадратичну похибку середнього арифметичного згідно формули:

$$\delta_{F_{\text{н\ddot{a}o}}} = \frac{\delta}{\sqrt{n}}, \quad (2.15)$$

$$\delta_{F_{\text{н\ddot{a}o}}} = \frac{0,11}{\sqrt{5}} = 0,049$$

д) імовірна похибка форми графіка електричного навантаження знайдемо за формулою:

$$\delta_F = \frac{\Delta F}{F_{\text{сеп}}} \cdot 100\%, \quad (2.16)$$

$$\Delta F = t_n \cdot \delta_{F_{\text{сеп}}}, \quad (2.17)$$

де  $t_n$  – коефіцієнт Стюдента, табличне значення, який знаходимо за таблицею на перехресті числа ступенів свободи та вірогідністю середнє квадратичного відхилення  $p=0,1$ , (додаток Г),  $t_n = 0,13$ .

Імовірна похибка форми графіка електричного навантаження згідно з формулою 2.16 складе

$$\Delta F = 0,13 \cdot 0,049 = 0,0064.$$

$$\delta_F = 0,0064 / 0,878 \cdot 100\% = 0,73\%.$$

Форма графіка електричного навантаження за січень 2021 року складе згідно формули :

$$F = F_{сер} \pm t_n \cdot \delta_{F_{сер}}, \quad (2.18)$$

$$F_{січень\ 2021} = 0,878 \pm 0,73\%.$$

Для кожного місяця перспективного року аналогічно розраховуємо квазіформи ГЕН з імовірністю похибки, та розрахункові дані вносимо до таблиці 2.8.

#### 5.Форми прогнозованих ГЕН перспективного періоду.

Маючи розраховані квазіформи ГЕН перспективного періоду, ми можемо перейти за допомогою формули 3.19 до форм прогнозованих ГЕН відповідно від квазіформ, де  $F_j^*(t)$  - квазіформа ГЕН помісячно відповідно розглянутого року; а  $F_j^{*\max}$  - максимальне значення квазіформи розглянутого року, а розрахункові

значення прогнозованного графіка електричного навантаження зведемо у таблиці 2.10:

$$F_i^{\text{прогноз}}(t) = \frac{F_i^*(t)}{F_i^{\text{макс}}}, \quad (2.19)$$

$$F_{2012}^{\text{прогноз}}(\text{січень}) = \frac{F_i^*(\text{січень})}{F_i^{\text{макс}}} = \frac{0,859}{0,868} = 0,989.$$

Таблиця 2.10 – Прогнозовані ГЕН

Місяць	Прогнозовані ГЕН									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	2021	2022	2023	2024	2025	2016	2017	2018	2019	2020
січень	1	0,989	0,992	1	0,984	0,994	0,948	0,933	0,931	0,930
лютий	0,907	1	1	0,972	1	1	0,979	0,969	0,969	0,969
березень	0,915	0,980	0,993	0,978	0,972	0,960	0,920	0,900	0,897	0,895
квітень	0,859	0,888	0,900	0,873	0,875	0,868	0,830	0,819	0,806	0,806
травень	0,925	0,941	0,972	0,941	0,918	0,904	0,843	0,820	0,811	0,806
червень	0,836	0,893	0,868	0,840	0,874	0,874	0,862	0,832	0,851	0,850
липень	0,836	0,867	0,842	0,811	0,837	0,835	0,818	0,816	0,807	0,806
серпень	0,818	0,872	0,841	0,812	0,860	0,864	0,864	0,875	0,861	0,861
вересень	0,879	0,908	0,930	0,920	0,924	0,920	0,882	0,834	0,865	0,864
жовтень	0,884	0,897	0,845	0,821	0,882	0,889	0,898	0,959	0,902	0,903
листопад	0,927	0,962	0,922	0,916	0,956	0,962	0,961	0,947	0,956	0,956
грудень	0,964	0,995	0,951	0,925	0,986	0,993	1	1	1	1

### 6. Коефіцієнт заповнення графіка електричного навантаження підприємства.

Головним показником графіка електроспоживання є коефіцієнт заповнення графіка електронавантаження підприємства. Для кожного розрахункового року обчислюємо прогнозовані коефіцієнти заповнення ГЕН відповідно від прогнозованих графіків електричної навантаження, за період  $T = 12$  місяців, за формулою:

$$k_j^{зан} = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^J F_j^{прогноз}(t), \quad (2.20)$$

$$k_{2011}^{зан} = \frac{1}{12} (1 + 0,907 + 0,915 + 0,859 + 0,925 + 0,836 + 0,836 + 0,818 + 0,879 + 0,884 + 0,927 + 0,964) = 0,896.$$

Остаточні розрахунки коефіцієнта заповнення ГЕН для прогнозованих років проводимо аналогічно, та зводимо їх у таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Коефіцієнти заповнення ГЕН прогнозованих років

Роки	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
$K^{зан}$	0,896	0,933	0,921	0,901	0,922	0,922	0,900	0,892	0,888	0,887

### 7. Максимально прогнозована потужність підприємства.

Для кожного розрахункового року обчислюємо максимальні значення потужності підприємства відповідно від коефіцієнту заповнення річного ГЕН та кількості робочих днів за формулою :

$$P_j^{\max\text{прогноз}} = \frac{W_j}{k_j^{зан} \cdot T}, \quad (2.21)$$

де  $T$  кількість робочих днів в даному році,  $j = \overline{1, J}$ .

$$P_{2011}^{\max \text{ прогноз}} = \frac{676189}{0,896 \cdot 250} = 3004,15 \text{ кВт.}$$

Наступні розрахунки для кожного року перспективного періоду виконуємо аналогічно, відповідно від кількості робочих днів та результати зводимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Максимальні значення прогнозованих ГЕН

Роки	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
$P_j^{\max \text{ прогноз}}$ кВт	3004	2907	3122	3612	3736	3824	4339	4983	5213	5526

#### 8. Прогнозування потужності підприємства.

Обчислимо прогнозовану потужність підприємства відповідно до максимального прогнозованої потужності та форми ГЕН за формулою:

$$P_j^{\text{прогноз}} = P_j^{\max \text{ прогноз}} \cdot F_j^{\text{прогноз}}(t), \quad (2.22)$$

де  $j = \overline{1, J}$

$$P_{\text{січень}2012}^{\text{прогноз}} = 2907,07 \cdot 0,989 = 2875,09 \text{ кВт,}$$

$$W_{\text{січень}2012}^{\text{прогноз}} = 2875,09 \cdot 19 = 54626,71 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Прогнозовану потужність підприємства та прогнозоване споживання електричної енергії, відповідно від робочого часу(днів) для прогнозованих місяців та років здійснюємо аналогічно, та результати зводимо у таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Прогнозовані ГЕН та прогнозоване електроспоживання підприємством

Місяц	$P_{2021}^{\text{прогноз}}$ , кВт	$W_{2021}^{\text{прогноз}}$ , кВт·год
1	2	3
січень	3004,15	57078,85
лютий	2724,77	54495,40
березень	2748,80	60473,60
квітень	2580,56	51611,20
травень	2778,84	55576,80
червень	2511,47	50229,40
липень	2511,47	52740,87
серпень	2457,39	54062,58
вересень	2640,65	58094,30
жовтень	2655,67	55769,07
листопад	2784,85	58481,85
грудень	2896,00	63712,00
$\Sigma_{2021}$	32294,62	672325,92
січень	2875,09	54626,71
лютий	2907,07	61048,47
березень	2848,93	56978,60
квітень	2581,48	51629,60
травень	2735,55	57446,55
червень	2596,01	51920,20

Продовження таблиці 2.13

1	2	3
липень	2520,43	55449,46
серпень	2534,97	55769,34
вересень	2639,62	52792,40
жовтень	2607,64	59975,72
листопад	2796,60	61525,20
грудень	2892,53	54958,16
$\Sigma_{2022}$	32535,92	674120,40
січень	3096,67	61933,40
лютий	3099,79	61995,80
березень	3121,64	62432,80
квітень	2809,48	58999,08
травень	3034,23	63718,83
червень	2709,58	51482,02
липень	2628,42	60453,66
серпень	2625,30	55131,30
вересень	2903,13	63868,86
жовтень	2637,79	60669,17
листопад	2878,15	63319,30
грудень	2968,68	62342,27
$\Sigma_{2023}$	34512,86	726346,50
січень	3612,37	72247,40
лютий	3511,22	70224,40
березень	3532,90	70658,00
квітень	3153,60	66225,60
травень	3399,24	74783,28

Продовження таблиці 2.13

1	2	3
червень	3034,39	60687,80
липень	2929,63	67381,49
серпень	2933,24	58664,80
вересень	3323,38	73114,36
жовтень	2965,76	68212,48
листопад	3308,93	66178,60
грудень	3341,44	73511,73
$\Sigma_{2024}$	39046,10	821889,90
січень	3676,60	66178,80
лютий	3736,38	74727,60
березень	3631,76	76266,96
квітень	3269,33	68655,93
травень	3430,00	65170,00
червень	3265,60	68577,60
липень	3127,35	68801,70
серпень	3213,29	61052,51
вересень	3452,42	75953,24
жовтень	3295,49	72500,78
листопад	3571,98	75011,58
грудень	3684,07	77365,47
$\Sigma_{2025}$	41354,27	850262,20
січень	3801,32	72225,08
лютий	3824,27	80309,67
березень	3671,30	80768,60
квітень	3319,47	60708,87
травень	3457,14	76057,08

Продовження таблиці 2.13

1	2	3
червень	3342,41	70190,61
липень	3193,27	67058,67
серпень	3304,17	69387,57
вересень	3518,33	77403,26
жовтень	3399,78	67995,60
листопад	3678,95	80936,90
грудень	3797,50	79747,50
$\Sigma_{2016}$	42307,91	882789,40
січень	4113,54	82270,80
лютий	4248,06	84961,20
березень	3992,05	83833,05
квітень	3601,52	72030,40
травень	3657,93	65842,74
червень	3740,37	78547,77
липень	3549,45	70989,00
серпень	3749,05	78730,05
вересень	3827,16	80370,36
жовтень	3896,58	85724,76
листопад	4169,95	91738,90
грудень	4339,18	83399,04
$\Sigma_{2017}$	46884,84	958438,07
січень	4649,40	92988,00
лютий	4828,80	96576,00
березень	4484,95	94183,95
квітень	4081,31	81626,20
травень	4086,29	77639,50

Продовження таблиці 2.13

1	2	3
червень	4146,10	82922,00
липень	4066,36	89459,92
серпень	4360,37	91567,77
вересень	4156,10	83122,00
жовтень	4778,97	105137,34
листопад	4719,17	103821,74
грудень	4983,28	99665,60
$\Sigma_{2018}$	53341,1	1098710,02
січень	4853,36	101920,56
лютий	5051,46	101029,20
березень	4676,12	93522,40
квітень	4201,72	88236,12
травень	4227,79	93011,38
червень	4436,31	84289,89
липень	4206,94	92552,68
серпень	4488,44	94257,24
вересень	4509,30	94695,30
жовтень	4702,18	108150,14
листопад	4983,69	104657,49
грудень	5213,06	109474,26
$\Sigma_{2019}$	55550,37	1165796,66
січень	5139,11	107921,31
лютий	5354,63	107092,60
березень	4945,71	103859,91
квітень	4453,90	93531,90
травень	4453,90	84624,10

Продовження таблиці 2.13

1	2	3
червень	4697,04	98637,84
липень	4453,90	97985,80
серпень	4757,83	95156,60
вересень	4774,40	105036,80
жовтень	4989,91	109778,02
листопад	5282,79	110938,59
грудень	5525,93	121570,46
$\Sigma_{2020}$	58829,05	1236133,93

#### 9. Коригування прогнозованої ГЕН шляхом урахування тарифного фактору.

У прогнозованій потужності підприємства не враховано тарифний фактор, а саме – деформація ГЕН під дією багатозонних тарифів. Для врахування цього фактору необхідно виконати корекцію ГЕН, отриманих за залежністю (2.22). Згідно з Постановою Національної комісії регулювання електроенергетики України №1358 від 06.12.2002 відповідно до Закону України «Про електроенергетику», з метою врегулювання проблеми збитковості енергопостачальних компаній від здійснення постачання електроенергії споживачам, що використовують тарифи, диференційовані за періодами часу. Існують три види тарифів сплати за використану електричну енергію: одноставковий(однотарифний), двохтарифний та трьохтарифний. При одноставковому тарифі споживач платить за використану електроенергію, обчислену лічильником за деякою вартістю для ОЕС (об'єднана енергетична система) України. Для визначення вартості електричної енергії, спожитої у диференційованих періодах часу, для кожного періоду (нічний, напівпіковий, піковий ) встановлюють такі тарифні коефіцієнти та тривалість періодів, які зведені до таблиці 2.14

Таблиця 2.14 - Корируючі коефіцієнти до тарифу електричної енергії промислового підприємства

Період часу (тривалість)	Сезон А (січень, лютий, листопад, грудень )	Сезон В (березень, квітень, вересень, жовтень)	Сезон С (травень- серпень)	Коефіцієнт к тарифу
Пік 6 годин	з 8 <sup>00</sup> до 10 <sup>00</sup> з 17 <sup>00</sup> до 21 <sup>00</sup>	з 8 <sup>00</sup> до 10 <sup>00</sup> з 17 <sup>00</sup> до 22 <sup>00</sup>	з 8 <sup>00</sup> до 11 <sup>00</sup> з 20 <sup>00</sup> до 23 <sup>00</sup>	1,8
Напівпіковий 11 годин	з 6 <sup>00</sup> до 8 <sup>00</sup> з 10 <sup>00</sup> до 17 <sup>00</sup> з 21 <sup>00</sup> до 23 <sup>00</sup>	з 6 <sup>00</sup> до 8 <sup>00</sup> з 10 <sup>00</sup> до 18 <sup>00</sup> з 22 <sup>00</sup> до 23 <sup>00</sup>	з 7 <sup>00</sup> до 8 <sup>00</sup> з 11 <sup>00</sup> до 20 <sup>00</sup> з 23 <sup>00</sup> до 24 <sup>00</sup>	1,02
Ніч 7 годин	з 23 <sup>00</sup> до 6 <sup>00</sup>	з 23 <sup>00</sup> до 6 <sup>00</sup>	з 24 <sup>00</sup> до 7 <sup>00</sup>	0,3

Для кожної множини  $P_j^{прогноз}$ , згідно постанови НКРЕУ № 1358 від 06.12.2002 значення величин ГЕН можливо зкорегувати шляхом урахування тарифного фактора через функцію попиту (корекція) формула:

$$P_j^{кор} = P_j^{прогноз} \left[ \varepsilon_j \left( 1 - \frac{s_j}{s_j(t)} \right) \right], \quad (2.23)$$

де  $\xi_j(f)$  - тариф зони,

$\xi_{ij}$  - середньодобовий тариф галузі  $i$  в рік  $j$ ,

$\varepsilon_{ij}$  - коефіцієнт еластичності попиту галузі  $i$  в рік  $j$ .

Для корегування прогнозованого навантаження підприємства використовуємо коефіцієнт еластичності попиту відносно ціни, тобто відносну зміну обсягу попиту при зміні ціни на 1%. У даних розрахунках еластичність попиту ми узяли рівною

одиниці, та як за останній час не відбувалась зміна тарифу на електроенергію, але цей коефіцієнт не є постійною величиною.

Зкоригуємо прогнозовану потужність підприємства згідно формули 3.23, відносно диференційованного тарифу та еластичності попиту.

$$P_{2011(\text{січень})}^{\text{кор}} = 3004,15 \left[ 1 \cdot \left( 1 - \frac{1,02}{0,3 \cdot 7 + 1,02 \cdot 11 + 1,8 \cdot 6} \right) \right] = 2877,11 \text{ кВт.}$$

Остаточні розрахунки проводимо аналогічно та результати зводимо у таблиці 2.15 - 2.16.

Таблиця 2.15 – Зкоригована потужність підприємства 2021 - 2025 рр.

Місяц	Зкоригована потужність підприємства, кВт				
	2021р.	2022р.	2023р.	2024р.	2025р.
січень	2877,11	2760,09	2972,80	3467,88	3529,54
лютий	2615,78	2790,79	2975,80	3370,77	3586,92
березень	2638,85	2734,97	2996,77	3391,58	3486,49
квітень	2477,34	2478,22	2697,10	3027,46	3138,56
травень	2667,69	2626,13	2912,86	3263,27	3292,80
червень	2411,01	2492,17	2601,20	2913,01	3134,98
липень	2411,01	2419,61	2523,28	2812,44	3002,26
серпень	2359,09	2433,57	2520,29	2815,91	3084,76
вересень	2535,02	2534,04	2787,00	3190,44	3314,32
жовтень	2549,44	2503,33	2532,28	2847,13	3163,67
листопад	2673,46	2684,74	2763,02	3176,57	3429,10
грудень	2780,16	2776,83	2849,93	3207,78	3536,71
Σ	30995,96	32535,92	34512,86	39046,10	41354,27

Таблиця 2.16 – Зкоригована потужність підприємства 2026 - 2030 рр.

Місяць	Зкоригована потужність підприємства, кВт				
	2016р.	2017р.	2018р.	2019р.	2020р.
1	2	3	4	5	6
січень	3649,27	3949,00	4463,42	4659,23	4933,55
лютий	3671,30	4078,14	4635,65	4849,40	5140,44
березень	3524,45	3832,37	4305,55	4489,08	4747,88
квітень	3186,69	3457,46	3918,06	4033,65	4275,74
травень	3318,85	3511,61	3922,84	4058,68	4275,74
червень	3208,71	3590,76	3980,26	4258,86	4509,16
липень	3065,54	3407,47	3903,71	4038,66	4275,74
серпень	3172,00	3599,09	4185,96	4308,90	4567,52
вересень	3377,60	3674,07	3989,86	4328,93	4583,42
жовтень	3263,79	3740,72	4587,81	4514,09	4790,31
листопад	3531,79	4003,15	4530,40	4784,34	5071,48
грудень	3955,73	4165,61	4783,95	5004,54	5304,89
Σ	42307,91	46884,84	53341,10	55550,37	58829,05

Проведений аналіз методу формових відображень, на прикладі промислового підприємства ПАТ «Запоріжполімертара», для завдань прогнозування обсягів вжитку електроенергії показав, що даний метод личить для вирішення таких завдань в рамках як крупних, так і середніх споживачів електричної енергії. Та дає не тільки достеменний прогноз вжитку електричної енергії з урахування імовірної похибки на довгострокову перспективу, але й економію грошових вкладів. Для наочності данні навантаження, та капітальні витрати на купівлю електричної енергії зводимо у таблицю 3.17, а порівняльний графік відображаємо у додатку Д.

Таблиця 2.17 – Прогнозовані та скореговані ГЕН та електроспоживання підприємством

Рік	$W_{\text{Бізнесплан}},$ кВт·год	$P_{\text{прогноз}},$ кВт	$W_{\text{прогноз}},$ кВт·год	$P_{\text{кориг.}},$ кВт	$W_{\text{кориг.}},$ кВт·год
1	2	3	4	5	6
2021	672930	32294,62	672325,92	31971,67	665602,56
2022	686210	32535,92	674120,40	32210,56	667379,16
2023	727383	34512,86	726346,50	34167,73	719082,97
2024	823450	39046,10	821889,90	38655,64	813671,00
2025	850900	41354,27	850262,20	40940,73	841759,62
2016	892073	42307,91	882789,40	41884,83	873961,44
2017	960694	46884,84	958438,07	46415,99	948853,63
2018	1097936	53341,10	1098710,02	52807,69	1087722,80
2019	1166557	55550,37	1165796,66	54994,87	1154138,60
2020	1235178	58829,05	1234133,93	58240,76	1223772,50

### 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕН

#### 3.1 Визначення вартості електроенергії у перспективному періоді

Обсяги споживання електроенергії у перспективному періоді визначено, але вартість її може бути різною в залежності від обраного тарифу.

Оплата електричної енергії за різними тарифами - шлях до раціонального електроспоживання.

Вартість спожитої електроенергії за простим одноставковим тарифом при тарифі  $C_0$  становить:

$$C_d = C_0 \cdot W_d, \quad (3.1)$$

де  $C_0$  – тариф на електроенергію, грн./кВт.год.

Вартість спожитої електроенергії за гнучким диференційованим тарифом (по зонах А, В, С) визначається рівнянням:

$$C = \sum C_i \cdot W_i, \quad (3.2)$$

де  $C_i$ ,  $W_i$  - відповідно, тариф та кількість спожитої електричної енергії у відповідній зоні.

Але згідно з методом формових відображень ми зкоригували обсяг електричної енергії відповідно до деферейційного тарифу, формула 2.23 тому у наших подальших розрахунках тариф електроенергії дорівнює 2,02 грн.

Економія вартості спожитої електроенергії від переходу на гнучкий тариф з коректованим графіком навантаження складе:

$$\Delta C = C_d - C, \quad (3.3)$$

Враховуючи, що вартість спожитої електричної енергії, на сьогоднішній день, складає 2,02 грн, для промислових підприємств, то відповідно до прогнозованих обсягів споживання електричної енергії розрахунки витрат на її придбання за рік, відповідно складуть до формул 3.1 – 3.3, а розрахункові данні внесені до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Витрати на придбання електричної енергії

Роки	$W_{\text{прогноз}}$ Бізнесплан , кВт·год	Витрати на електро- енергію, грн	$W_{\text{прогноз}}$ МФВ , , кВт·год	Витрати на електро- енергію, грн	$W_{\text{прогноз}}$ кориг , кВт·год	Витратина електро- енергію, грн
2021	672930	686388,6	672325,92	685772,44	665602,56	678914,61
2022	686210	699934,2	674120,40	687602,81	667379,16	680726,74
2023	727383	741930,7	726346,50	740873,43	719082,97	733464,62
2024	823450	839919,0	821889,90	838327,70	813671,00	829944,42
2025	850900	867918,0	850262,20	867267,44	841759,62	858594,81
2026	892073	909914,46	882789,40	900445,19	873961,44	891440,66
2027	960694	979907,88	958438,07	977606,83	948853,63	967830,70
2028	1097936	1120684,2	1098710,0	1119894,7	1087722,8	1109477,2
2029	1166557	1189888,1	1165796,6	1189112,6	1154138,6	1177221,3
2030	1235178	1259881,6	1234133,9	1258856,6	1223772,5	1248247,9
$\Sigma$	9113311	9296367	9084813	9265760	8995944	9175863

Для того, щоб визначити найбільш прийнятний тариф сплати за використану електроенергію в перспективному періоді, нами були зпрогнозовані річні графіки споживання електричної енергії промисловим підприємством. Це дозволило

оцінити вартість електроенергії при використуванні різних підходів до прогнозування електроспоживання, а також тарифів оплати за спожиту електричну енергію.

Відповідно до розрахунків прогнозованих обсягів електричної енергії та її вартості, зможемо розрахувати економічний ефект впровадження прогнозування відповідно до формули 3.3.

Проаналізуємо розглянутий та спрогнозований 2022 рік. Згідно з Бізнес планом розвитку підприємства у 2022 році планується витратити 686210 кВт·год, що буде коштувати підприємству, відносно сьогоденному тарифу на електричну енергію, 699934,2грн, а відповідно до прогнозованого ГЕН методом формових відображень, планується спожити 674120,40 кВт·год при цьому сплативши 687602,81грн. Розрахуємо економічний ефект впровадження прогнозування відповідно до формули 3.3:

$$\Delta C_1 = 699934,2 - 687602,81 = 12331,39 \text{ грн.},$$

а враховуючи зкорегований обсяг споживання електричної енергії шляхом урахування тарифного фактора через функцію попиту складе 647155,72 кВт·г який буде коштувати підприємству 660098,83 грн, тобто економічний ефект, відповідно до прогнозованного обсягу згідно з Бізнес планом складе, за формулою 3.3:

$$\Delta C_2 = 699934,2 - 687602,81 = 12331,39 \text{ грн.},$$

а відповідно до прогнозованного обсягу згідно метода формових відображень економічний ефект складе, за формулою 3.3:

$$\Delta C_3 = 687602,81 - 680726,74 = 6876,07 \text{ грн.}$$

Наступні розрахунки для прогнозованих років перспективного періоду виконуємо аналогічно, а відповідні результати вносимо до таблиці 3.2, та відображаємо на порівняльному графіку (додатка Е).

Таблиця 3.2 - Економічний ефект впровадження прогнозування

Рік	Економічний ефект (Бізнес план та прогнозовані по МФВ)	Економічний ефект (Бізнес план та кореговані по дифтарифу показники)
2021	616,16	7473,99
2022	12331,39	19207,46
2023	1057,27	8466,08
2024	1591,3	9974,58
2025	650,56	9323,19
2026	9469,27	18473,80
2027	2301,05	12077,18
2028	789,50	11207,00
2029	775,55	12666,80
2030	975,05	11633,60
$\Sigma$	30557,1	120503,7

Незалежно від того, що перехід з простого одноставкового тарифу на гнучкий диференційований тариф (двохзонний чи трьохзонний) є економічнішим, необхідні також витрати на придбання устаткування (лічильник), його монтаж і наладку, а також запуск системи для його роботи.

Для обліку електроенергії при гнучких диференційованих тарифних ставках необхідні багатотарифні лічильники та пристрої для їх переключення.

На Україні, в промисловому секторі проводиться робота щодо заміни індукційних лічильників на електронні, але можна відразу встановити

багатотарифний лічильник. Час, за який економія коштів від переходу на диференційований тариф «покриє» витрати на придбання лічильника, називається терміном окупності. Його можна визначити за формулою:

$$T = \Delta K / \Delta C, \quad (3.4)$$

де  $T$  – термін окупності,

$\Delta K$  - різниця вартості лічильників,

$\Delta C$  – економія вартості електроенергії за рік.

Різниця вартості лічильників розраховується за формулою:

$$\Delta K = K_2 - K_1, \quad (3.5)$$

де  $K_2$  – вартість нового устаткування,

$K_1$  – вартість початкового устаткування.

Вартість багатотарифного лічильника НІК 2303 АРП1 3х220/380В, 2060 грн, а вартість електронного лічильника НІК 2301 АП2, 585грн. Згідно формули 3.2, різниця вартості лічильників складе :

$$\Delta K = 2860 - 585 = 2275 \text{ грн.}$$

Таким чином, окупність лічильника при трьохфазному тарифі можливо згідно формули 4.4, економію вартості електроенергії ми обчислемо для 2022року, згідно попередніх розрахунків внесених до таблиці 3.1:

$$T = 2275 / (19207,46 - 12331,39) = 2275 / 6876,07 = 0,33.$$

При трьохзонному тарифі, враховуючи перенесення часів роботи деяких електроспоживачів, вартість лічильника можливо окупити за 3 місяці.

У зв'язку з цим пропонується перевести енергоємне обладнання: предвспінюючу машину, насосну станцію подачі води та гофрокартону лінію, яка працює періодично, тільки в часи пікового періоду, в нічний період з 23<sup>00</sup> до 6<sup>00</sup>. Це дасть можливість проводити планові ремонти обладнання в піковий період, збільшуючи строк служби обладнання та економію коштів на оплату електроенергії за рахунок нічного тарифу. Враховуючи технологічний процес цеху з виробництва вологопоглинаючої серветки роботу цеху рекомендовано перенести у робочий діапазон з 8<sup>00</sup>-17<sup>00</sup> на 7<sup>00</sup>-16<sup>00</sup>. Це дозволить перевести роботу цеху у полупіковий період з тарифним коефіцієнтом 1,02, а час роботи цеху у піковий період складе 2 години.

Аналізуючи розрахунки згідно таблиці 3.2, можна зробити висновок, що найекономічніше вигідним для підприємства є трьохзонний тариф, бо термін окупності нового устаткування при такому тарифі, по розрахункам складає менше 3 місяців.

А економічний ефект від переходу на трьохзонний тариф, з урахуванням перенесення часу роботи декількох електроспоживачів (гофрокартону лінії, вспінюючої машини та насосів подачі ісходної води для технологічних потреб), є найвигіднішим. Очікувана економічна ефективність полягає у зменшенні витрат на оплату за використану електроенергію 12,2%.

При регулюванні навантаження підприємства, ми зкоригуємо коефіцієнт навантаження трансформаторної підстанції, минаючи максимальних навантажень, та зменшуючи питомі витрати в трансформаторі, згідно формули 3.6:

$$\sum P = P_{0iii} + \beta^2 P_{eiii} \quad (3.6)$$

де  $P_{0iii}$  -магнітні постійні витрати для трансформатора типа ТМЗ 400/10/0,4-70У( значення каталогу), яка дорівнює 0,95кВт,

$P_{éiii}$  - витрати при максимальному режимі ( значення каталогу), яка дорівнює 5,5кВт,

$\beta$  - коефіцієнт навантаження трансформатора.

Тому сума витрат в трансформаторі, до регулювання режиму роботи обладнання складе , згідно формули 3.6:

$$\sum P_1 = 0,95 + (0,8^2 + 0,8^2 + 0,9^2) \cdot 5,5 \cdot 24 = 92,91 \text{ кВт.}$$

а після зкоригованої роботи обладнання сума витрат в трансформаторі складе, згідно формули 4.6, та диференційного періоду часу:

$$\sum P_2 = 0,95 + (0,7^2 \cdot 6 + 0,7^2 \cdot 11 + 0,8^2 \cdot 7) \cdot 5,5 = 71,41 \text{ кВт}$$

тому снизили питомні втрати в трансформаторі, згідно формули:

$$\Delta P = P_1 - P_2 \quad (3.7)$$

$\Delta P = 92,91 - 71,41 = 21,5$  кВт, що дорівнює 5,38% відповідно від номінально допустимого навантаження 400кВт.

Економічний ефект від впровадження коригування процесу організації режиму роботи обладнання підприємства складе 17,58%.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

### 4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів виробничого середовища

Промислове підприємство ПАТ «Запоріжполімертара» згідно класифікатору видів економічної діяльності (КВЕД) 25.22.0 відноситься до підприємств хімічної промисловості. Діяльність підприємства орієнтовано на виробництво та продаж пакувальної продукцію з полімерних матеріалів для харчової промисловості. Завдяки постійній роботі над вдосконаленням технології виробництва, модернізацією устаткування, розширенням асортименту, вдалося досягти щорічного зростання обсягів виробництва, створення додаткових робочих місць, відкриття нових промислових ліній. З 2002 року почали випуск лотків та стаканів зі вспененого полістиролу; 2017 рік - декоративного стельового багету; 2018 рік – новий напрямок діяльності – виробництво паперової амортизуючої багатошарової серветки для кондитерських виробів. До складу підприємства входять чотири промислових цеха: цех з виробництва полімерних виробів, який є основою підприємства, цех з виробництва паперової амортизуючої багатошарової серветки для кондитерських виробів, цех з виробництва картону, цех з виробництва вологиопоглинаючої серветки для продуктових виробів. Підприємству належить електрообладнання напругою понад 1000В, а саме: комплектна трансформаторна підстанція КТП 400 10/0,4кВ з трансформатором ТМЗ 400/10/0,4-70У; вантажопідіймальні крани- кран підвісний електричний однобалковий в/п 1т.

До складу підприємства також входить котельний цех з паровими та водогрійними котлами з теплопродуктивністю понад 0,01МВт, а саме: котел паровий Е 0,4-,09ГН, котел паровий Е 1,0-,09ГН-3, котел водогрійний АОГВ-100Е.

Цех з виробництва полімерних виробів складається з головного обладнання, а саме з машин для вспінювання полістиролу (предвспінювач), піноформуючих машин, та допоміжного обладнання, яке потрібне для виробничого процесу:

компресори, насоси, вакумні насоси, вентилятори, градирні, економайзери, водопровіди горячої води (конденсату), холодної води, та насиченої пари, біни для зберігання матеріалу, та серовини.

Технологічний процес з виробництва полімерних виробів починається з підготовчого процесу, а саме з вспінювання полістеролу у предвспінювателі. Гранули полістеролу, за допомогою вакумного насосу, подаються з біну з серовиною до предвспінювателя. Де за допомогою пара тиском 3 атмосфери вспінюється, та перетворюється у піну. Яка за допомогою воздуха, який нагнічується компресорами, тиском до 2 атмосфер охолоджується, та подається до бінів( для зберігання матеріалу).

Піна з бідонів, за допомогою вакумних насосів, потрапляє до піноформуєчих машин. Під тиском насиченої пари 7 атмосфер та холодної води, яка подається за допомогою насосів з градирень, відбувається формування виробів у залежності від піноформуючої машини, тобто лотків, багетів, або стаканів.

У процесі трудової діяльності людина постійно взаємодіє з навколишнім його виробничим середовищем, що визначається особливостями технологічного процесу, ступенем автоматизації, механізації операцій герметичністю устаткування. Нормальне атмосферне повітря має наступний склад (у % обсягу): азот -78,8; кисень -20,95; інертні гази - 0,93; вуглекислий газ - 0,03; інші гази -0,01. Однак у виробничих умовах головного цеху склад повітря відрізняється від приведенного вище, унаслідок виділення шкідливої речовини – парів полістеролу.

Шкідливим чинником виробничого середовища і трудового процесу є пари полістеролу.

Пари полістеролу проникають в організм людини через органи дихання. Вплив токсичної речовини залежить від метеорологічних умов і виробничих факторів. Висока і низька температура, підвищена (або знижена) вологість повітря, зміни барометричного тиску, шум і вібрації випромінювання збільшують небезпеку отруєння. Обумовлюється це зміною функціонального стану організму, а також

випадків токсичними властивостями шкідливих речовин. Дія шкідливих речовин на організм людини обумовлено їхніми фізикохімічними властивостями. Відповідно до ГОСТ 12.0.003.74 випари полістеролу по характеру впливу на організм людини відносяться до 4 класу I ступеня.

Нормативне значення перевищення чинника допустиме до 4 разів, але не повинно складати більше 10 мг/м<sup>3</sup>. Фактичне значення гранично допустимої концентрації (ГДК) складає 0,25мг/м<sup>3</sup>, це не перевищує нормативне значення.

Цех з виробництва паперової амортизуючої багатошарової серветки для кондитерських виробів, орієнтовано на виробництво серветки. Обладнання цеху розподіляється на головне та допоміжне. До головного обладнання цеху з виробництва паперової амортизуючої багатошарової серветки входить паперова лінія (СЛ1), італійського виробництва, а до та допоміжного обладнання, яке потрібне для виробничого процесу: компресори, вентилятори, електродвигуни, водопроводи горячої води(конденсату), та паропроводи.

Технологічний процес складається з подачі бумаги(рулони) на вали, що обертаються, за допомогою електродвигунів. Бумага подається на ділянку пропарювання, а потім на клеєву станцію. За допомогою прогрітих паром валів та вентиляторів склеєна бумага висихає. Використаний пар конденсує, та за допомогою водопровіда потрапляє у конденсатний бак. Склеєне та сухе полотно потрапляє на ділянку порізки, де розрізається за необхідним розміром. Наступним етапом технологічного процесу є упаковка. В залежності від кількості шарів склеєної бумаги, готовий виріб, тобто паперова амортизуюча багатошарова серветка, поділяється на трьох, п'ятишарову амортизуючу серветку.

Небезпечний виробничий фактор цього цеху є обертаючі та рухомі механізми.

До складу підприємства також входить котельний цех з паровими та водогрійними котлами з теплопродуктивністю понад 0,01МВт, а саме : котел паровий Е 0,4-,09ГН, котел паровий Е 1,0-,09ГН-3, котел водогрійний АОГВ-100Е.

Допоміжним обладнанням є насоси, вентилятори, димососи, обладнання хімічної підготовки води.

Шкідливим фактором цеху є шум та вібрація. Тривалий вплив шуму на організм людини приводить до професійних захворювань органів слуху, зв'язаних з частковою чи повною втратою слуху; різними захворюваннями центральної нервової системи і серцево-судинних розладів. Виробничі інтенсивні шуми пригнічують психіку і викликають швидке стомлення. Основна небезпека шуму полягає в тому, що він діє руйнівню на організм людини постійно, і часто потерпілі усвідомлюють це тільки після закінчення визначеного часу. Виробничі шуми є причиною різкого зниження зору, ослаблення, зниженої реакції на попереджувальні сигнали і різне забарвлення зон. Також порушуються функції кишково-шлункового тракту, підвищення внутрічерепного тиску, відбуваються порушення в обмінних процесах організму. У результаті несприятливого впливу шуму на працюючу особу відбувається зниження продуктивності праці, та створюються передумови до виникнення нещасних випадків.

Нормативне значення чинника повинно складати до 10 дБА. Фактичне значення гранично допустимої концентрації (ГДК) складає 8дБ, це не перевищує нормативне значення, та відповідає I ступеню небезпечності умов та характеру праці.

Шум, як правило, є наслідком вібрації і тому на практиці працюючі випробують спільну дію шуму і вібрації.

Основними параметрами, що характеризують вібрацію є : амплітуда зсуву (найбільший зсув коливної точки від положення рівноваги), коливальна швидкість (максимальне зі значень швидкості коливної, м/с); коливальне прискорення (максимальне зі значень прискорені точки  $W$ , м/с<sup>2</sup>): частота  $f$ , Гц.

Вібрація у котельному цехі є технологічна вібрація (ГДР=92 дБ), що впливає на операторів котельні, яка передається на робочі місця. Ступінь і характер впливу вібрації на організм людини залежать від виду вібрації, її параметрів і напрямків впливу. Дуже небезпечними є коливання робочих місць, що мають частоту,

резонансну з коливаннями окремих органів чи частин тіла людини. Тривалий вплив вібрації приводить до різних порушень здоров'я людини до вібраційної хвороби. Вібрація є могутнім фізіологічним подразником практично для всього організму і при тривалому впливі може привести до виражених порушень. Під впливом вібраційних струсів відбувається зрушення в нервовій системі, дії на кровоносні судини.

Нормативне значення чинника повинно складати до 3 дБ. Фактичне значення гранично допустимої концентрації (ГДК) складає 2дБ, це не перевищує нормативне значення, та відповідає I ступеню небезпечності умов та характеру праці.

Мікроклімат в приміщенні котельні та цехів: температура повітря, не повинно перевищувати гранично допустимих значень в теплий період або нижче мінімально допустимих значень в холодний період: 4,1-8 °С, та відповідає II ступеню небезпечності умов та характеру праці.

Фактичне значення температура повітря в приміщенні котельні та цехів:, не перевищує гранично допустимих значень в теплий період або нижче мінімально допустимих значень в холодний період, та складає 4-5 °С.

#### 4.2 Заходи щодо захисту від впливу шкідливих факторів виробничого середовища

Захист від випарів полістеролу.

Постійна робота в промислових приміщеннях цеху з виробництва полімерних виробів може привести до професійних захворювань, якщо не уживати заходи безпеки.

Велика роль для у вирішенні цього питання приділяється вентиляції. В приміщеннях цеху існує природна вентиляція – інфільтрація, яка відноситься до

неорганізованого повітрообміну, що відбувається від нещільності в притворах вікон, дверей і через пори матеріалів конструктивних елементів будинків. У виробничих приміщеннях установлені витяжні труби, зовнішня частина яких розташована над дахом. З метою підвищення ефективності повітрообміну на витяжних трубах установлені дефлектори.

#### 4.3 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії

Дефлектори, забезпечують видалення повітря з приміщення за рахунок теплового напору, додатково збільшують ефект витяжки повітря з приміщення за рахунок дії сили вітру. В цеху встановлені дефлектори типу ЦАГИ.

Розроблено механічну вентиляцію повітрообмін досягається за рахунок різниці тисків, створюваної вентилятором. Вентиляція виконана у виді витяжної, витяжні зонди розташовані над піноформувальними машинами та предвспінювачами для забезпечення відтоку парів полістеролу з виробничих приміщень.

Рекомендовано створити кондиціонування повітря.

Кондиціонування повітря — це створення й автоматичне підтримання в виробничих приміщеннях незалежно від зовнішніх умов постійних чи, що змінюються по визначеній програмі температури, вологості, чистоти і швидкості руху повітря, найбільш сприятливих для людей.

Рекомендовано встановити кондиціонери повного кондиціонування повітря. Установки повного кондиціонування повітря забезпечує постійність параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості, рухливості) і чистоти повітря. Метою кондиціонування є створення в приміщеннях повітряного середовища, найбільш сприятливого для роботи і відпочинку людей, що сприяє підвищенню продуктивності праці і зниженню захворюваності.

В цілях економічного ефекту рекомендовано встановити місцеві промислові кондиціонери, у яких підготовка і роздача повітря здійснюється на робочому місці.

Засоби і методи захисту від шуму.

Розробка заходів щодо боротьби з виробничим шумом була розроблена на стадії проектування технологічних процесів. Були використані для зменшення шуму архітектурно-планувальні заходи.

Рекомендовано удосконалити технологічні процеси і машини. У кожній машині (електродвигун, вентилятор) у результаті коливань (зіткнень) як усієї машини, так і складових її деталей (зубчастих передач, шестірень, підшипників, валів) виникають шуми механічного, аеродинамічного й електромагнітного походження. Рекомендовано знизити шум зубчастих передач підвищенням точності їхньої обробки і зборки, заміною шестірень пластмасовими, чим удається знизити шум на 5...10дБ. Навіть заміна сталі в контактуючих деталях на чавун може знизити шум на 3...4 дБ. Має значення і форма зубців. Менш гучними є конічні, косі передачі. До зниження шуму підшипників приводить старанність виготовлення, щільна посадка на цапфи вала й у гнізда щитів без перекосів і защемлень. Менший шум створюють підшипники ковзання. Для зниження аеродинамічного шуму використані спеціальні шумопоглинальні елементи з криволінійними каналами. Знизити аеродинамічний шум можливо, поліпшивши аеродинамічні характеристики машин, а також застосувавши звукоізоляцію і глушители, шум вентиляційного устаткування, систем вентиляції.

#### 4.4 Захисні заходи з електробезпеки

Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмовідних частин;
- недоступність струмовідних частин;
- блоківки безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємнісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

Ізоляція струмовідних частин. Забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність потраплянь людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок.

При розробці електроустановок опір ізоляції приймається в межах 1 кОм/В, якщо технічними умовами не передбачені більш жорсткі вимоги відповідно до чинних актів. З метою забезпечення працездатності електроустановок і безпечної їх експлуатації проводиться контроль стану ізоляції, який характеризується електричною міцністю ізоляції, її електричним опором і діелектричними втратами.

Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмовідних частин електроустановок, які можуть опинитись під напругою.

При пошкодженні в установці ізоляції фазного проводу корпус установки може опинитись під напругою. Якщо людина доторкнеться у цьому випадку до корпусу установки, то це буде майже рівноцінно доторканню до неізольованого проводу. В результаті цього виникне мережа струму.

За наявності заземлення паралельно людині буде мати місце додатковий струмопровід, і струм замикання на землю буде розподілятися між цим струмопроводом і людиною обернено пропорційно їх опорам, що забезпечує захист людини від ураження електричним струмом.

Занулення - це навмисне електричне з'єднання з нульовим захисним провідником металевих неструмовідних частин, які можуть опинитись під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

Занулення в електроустановках — це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо-заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму, з глухозаземленим вводом джерела однофазного струму, з глухозаземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму.

Електрозахисні засоби - це технічні вироби, що не є конструктивними елементами електроустановок і використовуються при виконанні робіт в електроустановках з метою запобігання електротравм.

Електрозахисні засоби поділяються на ізолювальні (ізолюючі штанги, кліщі, накладки, діелектричні рукавиці тощо), огорожу-вальні (огородження, щитки, ширми, плакати) та запобіжні (окуляри, каски, запобіжні пояси, рукавиці для захисту рук). Вимоги до термінів випробування електрозахисних засобів, методики і параметрів цих випробувань регламентуються Правилами залежно від типу електрозахисних засобів.

Електричні випробування електрозахисних засобів проводяться спеціально підготовленими працівниками, які мають ліцензію на цей вид робіт. Підприємство не має дозвілу на проведення робіт, тому електричні випробування проводяться у спеціалізованій лабораторії.

#### 4.5 Пожежна безпека

Для запобігання пожежам розробляють організаційні, експлуатаційні, технічні, пожежоевакуаційні, будивельноконструктивні заходи. На підприємстві

розроблені інструкції з пожежної безпеки , проводиться протипожежний інструктаж, та пожежно-технічний мінімум.

Категорія приміщень ПАТ «Запоріжполімертара» згідно до вибухопожежної та пожежної небезпеки по ОНТП 24-86 відносяться до категорії В.

В комплекс протипожежних заходів входять попередження виникнення пожеж, обмеження розповсюдження вогню при виникненні пожежі, створення умов для успішної евакуації людей з будівлі, що горить, і забезпечення умов для швидкої локалізації і гасіння пожеж. На підприємстві розроблено План локалізації та ліквідації аварійних ситуацій. З метою попередження пожеж і обмеження розповсюдження вогню передбачено розподіл протипожежними перешкодами: протипожежні стіни 1, мінімальна межа вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, 2,5 год, протипожежні двері і вікна 3, мінімальна межа вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, 0,25 год., розроблені проектні рішення по блискавкозахисту. Необхідний ступінь вогнестійкості виробничих будівель згідно СНіП 2.09.02-85 залежно від категорії вибухопожежної небезпеки, площі і поверховості будівлі відноситься до I категорії .

Група займистості будівельних матеріалів і межі вогнестійкості будівельних конструкцій відноситься до ступеню ШБ. Розв'язане питання безпеки евакуації людей з будівлі і приміщення: при цьому розроблено план евакуації, кількість евакуаційних виходів з будівель складає 5.

Рекомендовано до організації об'єктів первинними засобами пожежогасіння

1. На підприємстві повинні бути організовані пожежні стенди до складу яких повинен входити пожежний інвентар (покривала з негорючого полотна теплоізоляції «кошма», грубошерстні тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інструмент (багри, ломи, сокири).

2. Повинні бути розташовані вогнегасники відповідно до категорії приміщення «В», та класу пожежі «В» вогнегасники повітряно-пінні вогнегасники

місткістю 100л, допускається за відсутності тих, що рекомендуються і при відповідному обґрунтуванні, комбіновані вогнегасники місткістю (піна порошок) 100л ,та порошкові вогнегасники місткістю 50(100) л.

3. Покривала з негорючого полотна теплоізоляції повинні мати розміри не менше 1 м х 1 м. Вони призначені для гасіння невеликих вогнищ пожеж при запалюванні речовин, горіння яких не може відбуватися без повітря.

4. Два рази у рік перевіряти стан внутрішнього протипожежного водопроводу.

5. Встановити пожежні загородки (стенди) на території виробництва з розрахунку одна загородка (стенд) на площу до 5000 м<sup>2</sup>.

В комплект засобів пожежогасіння, слід включати: вогнегасники - 3 шт., ящик з піском - 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу теплоізоляції або з повсті розміром до 2 м х 2 м - 1 шт., лопи - 2 шт., багри - 3 шт., сокири - 2 шт., лопати - 2 шт., для кожного цеху, складського приміщення, адміністративного корпусу.

6. Ящики для піску повинні мати місткість 0.5; 1.0 або 3.0 м<sup>3</sup> і бути укомплектовані совковою лопатою.

Місткості для піску, що входять в конструкцію пожежного стенду, повинні бути місткістю не менше 0.1 м<sup>3</sup>; конструкція ящика (місткість) повинна забезпечувати зручність витягання піску і виключати попадання опадів.

7. Назначити відповідного за стан пожежних гідрантів та пожежних стендів.

Системи засобів і заходів щодо електробезпеки

Виділяють три системи засобів і заходів забезпечення електробезпеки:

- система технічних засобів і заходів;
- система електрозахисних засобів;
- система організаційно-технічних заходів і засобів.

#### 4.6 Засоби індивідуального захисту

Рекомендовано використовувати засоби індивідуального захисту навушники, що закривають вушну раковину зовні, або «Беруші».

«Беруші» - комерційна назва вітчизняних протишумових однократного користування з органічного перхлорвінілового філі шумопоглинального матеріалу.

Конструкцію віброгасійної основи було виконано у виді залізобетонної плити, по периметру якої влаштований акустичний шов, заповнюваний пружними матеріалами і призначений для усунення безпосередньої передачі коливань від фундаменту до будівельних конструкцій. Фундаменти, під віброактивними машинами задовольняє умовам міцності і стійкості, а інтенсивність вібрації робочих місць, розміщених, на них, не перевищує нормативних значень, установлених ГООТ 12.1.012-90. Значним джерелом вібрації є різні насоси. Для зниження вібрації, переданої на основі, рекомендовано насос установити на залізобетонній плиті товщиною 150...300 мм, що спирається на основу за допомогою віброізоляторів. Збільшення маси установки приводить до зниження частоти власних коливань і підвищенню ефективності віброізоляції. Ослаблення вібрацій досягається також пружною підвіскою і амортизацією. Рекомендовано виконати у виді прокладок. Застосувати комбіновані гумометалеві віброізолятори.

#### 4.7 Розробка заходів захисту від тепловиділень

На підприємстві у технологічному процесі використовується пара  $t=150^{\circ}\text{C}$ , та конденсат  $t=80^{\circ}\text{C}$ , тому є потреба у теплозахисті, який досягається герметизацією трубопроводів. Теплозахисні засоби повинні забезпечувати теплове опромінення на

місцях не вище  $45^{\circ}\text{C}$  при температурі усередині джерела теплоти вище  $100^{\circ}\text{C}$ . Теплоізоляційний матеріал обрано ізовєр.

## ВИСНОВКИ

Проведений аналіз методу формових відображень, на прикладі промислового підприємства ПАТ «Запоріжполімертара», для завдань прогнозування обсягів вжитку електроенергії показав, що даний метод личить для вирішення таких завдань в рамках як крупних, так і середніх споживачів електричної енергії. Та дає достеменний прогноз вжитку електричної енергії з урахування імовірної похибки на довгострокову перспективу.

У роботі метод формових відображень, розроблений інститутом загальної енергетики НАН України, отримав подальший розвиток, були розглянуті всі можливі нерівності відповідно до коефіцієнтів пропорційності, тобто індексів річного електроспоживання, відносно до всіх років ретроспективного періоду, значення параметру рівняння визначається кількістю періодів у минулому часі, тому що характерні як стабільні, так і стрибкоподібні зміни електроспоживання підприємством, що істотним чином впливає на результати прогнозу. Для визначення форми прогнозованого графіка електронавантаження треба обрати тільки одну квазиформу, в роботі вперше використовується метод з теорії вірогідності метод вірогідності складних подій. Складні події розглянуті як серія дослідів та комбінацій усіх можливих результатів.

В роботі вперше розрахована імовірність похибки результату за методом математичної статистики: розподілу Стюдента, який надає більш вірогідний результат з імовірною похибкою результату прогнозованого графіка навантаження підприємства.

Прогнозування ГЕН та перехід на трьохзонний тариф, з урахуванням перенесення часу роботи декількох електроспоживачів (гофрокартонної лінії та вспінюючої машини), у зону нічного провалу є найвигіднішим. Очікувана

економічна ефективність полягає у зменшенні витрат на оплату за використану електроенергію, та складає 120503,7грн.

Вірне визначення очікуваних навантажень сприяє вирішенню загального завдання оптимізації побудови внутрізаводського електропостачання раціональним вибором числа і потужності трансформаторів, а також схем електропостачання та їх параметрів, що веде до зниження втрат електроенергії, підвищенню надійності і сприяє вирішенню загального завдання оптимізації побудови системи електропостачання, вирішення по вибору січень проводів і жил кабелів, способів компенсації реактивної потужності, автоматизації, диспетчеризації .

Оптимізація виробничих процесів в сукупності з оптимізацією систем промислового електропостачання може і повинні дати додаткові ресурси за рахунок скорочення непродуктивних витрат.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кулик М.М., Дубовський С.В., Кобрін С.В.: Проблеми загальної енергетики №10/2004
2. Закон України «Про Електроенергетику» від 27.04.2017 із змінами і доповненнями, внесеними Законами України.
3. Кальченко В.М. Оптовий ринок електричної енергії України: функціонування, проблеми, досвід та перспективи // Енергетика и электрификация.- спецвыпуск- 2001.-август.
4. Продан Ю.В. Державне регулювання електроенергетики та формування тарифної і цінової політики України //Енергетика и электрификация.- спецвыпуск- 2001.-август.
5. Дерзский В.Г. Расчет тарифных коэффициентов по зонам суток к розничным тарифам для промышленных потребителей //Энергетическая политика Украины.-2004.-№ 6.
6. ГНД 34.104-2003 Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38-154 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних витрат електроенергії. Затверджено наказом № 757 Мінпаливенерго України від 17.12.03.
- 7.Волков Э.П., Баринов В.А., Маневич А.С. Проблемы и перспективы развития электроэнергетики России. — М.: Энергоатомиздат, 2001. 432 с.
8. Гительман Л.Д., Ратников Б.Е. Энергетический бизнес: Учебное пособие. 2-е изд. испр., М.: Дело, 2002
9. Дьяков А.Ф. Электротехническая энциклопедия, том 1-й // Изд-во МЭИ. 2005.
- 10.Красник В.В. Коммерческая электроэнергетика. Словарь-справочник // Издательство: НЦ ЭНАС. 2016.

11. Кузовкин А.И. Реформирование электроэнергетики и энергетическая безопасность // Издательство: Институт микроэкономики. 2016.
12. Новые технологии в энергетике. М., РАО «ЕЭС России»; 2002
13. Основы современной энергетике: Учебник для вузов. В двух частях. / Под общей редакцией чл.-корр. РАН Аметистова Е.В. — 4-е издание, перераб. и доп. М.: Издательство МЭИ, 2018. Часть 1, 2.
14. Фомина В.Н. Экономика электроэнергетики // ИУЭ ГУУ, ВИПКэнерго, ИПКгосслужбы. 2005.
15. Хлебников В.В. Рынок электроэнергии в России. М.: Издательство «Владос», 2005.
16. Экология энергетике. Учебное пособие. М. МЭИ, 2003 г.
17. Экономика и управление энергетическими предприятиями / Под ред. Н.Н. Кожевникова, М.: Издательский центр «Академия», 2004.
18. Экономика и управление энергетическими предприятиями / Под ред. Н.Н. Кожевникова, М.: Издательский центр «Академия», 2004.
19. Жакупов А.А., Ермеков В.С., Доронин А.В. Методический подход к оценке деятельности районов электрических сетей (РЭС). – Энергетика и топливные ресурсы Казахстана, 2001, № 3, с. 71 – 75.
20. Нечитайлов В.Ю., Вилесов И.А. Количественная оценка качества сбытовой деятельности подразделений энергосистемы. – Промышленная энергетика, 1998, № 6, с. 6 – 9.
21. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 215 с.
22. Кобевник В.Ф. Охрана труда Дулицкий Г.А., Комаревцев А.П. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В: Справочник. — М.: Воениздат, 1988. — 128с: ил.
23. Джигерей В. Безпека життєдіяльності. – К., 2000.

24. Желібо Є.П, Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. – К., 2002.
25. Пістун І.П. Безпека життєдіяльності. – Суми, 2000.
26. Бедрій Я. І., Геврик Є. О., Кіт І. Я., Мурін О. С., Єнкало В. М. Охорона праці. — Л., 2000.
27. Панасейко С.П., Павлова О.П.. Охорона праці, Методичні рекомендації до виконання розділу дипломних проектів (робіт) для студентів ЗДІА.- Запоріжжя, 2018р.
28. Панасейко С.П.Гігієна праці і виробнича санітарія.- Запоріжжя, 2004р.