

**І. В. Пантелєєва, к. т. н., доц.**

## **РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАДАЧ РОЗРАХУНКІВ ТА АНАЛІЗУ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ**

*У статті розглянуто сучасні проблеми інформаційного забезпечення автоматизованих систем управління електростанціями щодо розрахунків та аналізу техніко-економічних показників. Створення таких систем управління має ґрунтуватися на детальному аналізі досвіду, накопиченого до сьогодні, будівництва систем – на основі сумісного врахування їх функціонального, інформаційного, алгоритмічного та технічного забезпечення для надійної експлуатації електричних станцій. Увагу під час розробки основних інформаційних задач приділено також визначенню енергетичних характеристик обладнання.*

**Ключові слова:** електрична станція, техніко-економічні показники, автоматизована система управління, енергоблок, енергетичні характеристики, похибка, енергообладнання, енергосистема.

### **Вступ**

Серед основної інформації про роботу енергообладнання, необхідної для надійної його експлуатації та розв'язання багатьох завдань оперативно-диспетчерського управління, важливе місце посідають енергетичні характеристики енергоблоків. Визначення енергетичних характеристик необхідне для системи оптимізації режиму електростанції та енергосистеми, а також для визначення впливу різних порушень нормального режиму роботи енергообладнання на його характеристики.

Споживання енергії, яку виробляють, під впливом різноманітних чинників безперервно змінюється. Це визначає необхідність постійних змін режиму роботи електростанцій, який в об'єднаних енергосистемах підкоряється інтересам цієї енергосистеми та встановлюється з обліком характеристик обладнання, його економічності, наявності резерву потужності тощо [1 – 3]. Зростання добової й тижневої нерівномірностей режиму роботи для підтримання диспетчерських графіків, регулювання в широких межах електричних навантажень енергосистеми усе частіше застосовують потужні енергоблоки теплових електростанцій (ТЕС). В окремих енергосистемах із найбільш нерівномірним графіком сумарне навантаження від нічного провалу до ранкового максимуму зростає в 1,5÷1,6 рази, а в неробочі дні доводиться зупиняти до 50 % блочних енергоустановок [5].

Сучасний потужний енергоблок ТЕС – це взаємопов'язаний комплекс таких агрегатів, як: парогенератор, турбіна, синхронний генератор, велика кількість допоміжного обладнання. Цей комплекс є складним об'єктом управління. Енергоблок ТЕС – це також об'єкт із розподіленими параметрами, статичні та динамічні характеристики його окремих частин залежать від навантаження, виду палива, структури теплової схеми та інших режимних чинників. Ще одна характерна особливість – надзвичайно великий обсяг інформації, який необхідно отримати, переробити та реалізувати під час управління енергообладнанням для забезпечення його надійної та економічної роботи в різних режимах.

Техніко-економічні показники (ТЕП) характеризують економічність, безвідмовність і довговічність енергообладнання в процесі його експлуатації [4]. Залежно від призначення всі показники розділяють на оперативні, звітні та показники, які фіксують протягом робочої зміни. Оперативні показники розраховують за короткі інтервали часу (5÷15 хв.) і використовують для оперативного управління технологічним процесом. Показники за робочу зміну розраховують за 8 годин, вони необхідні для оцінки якості роботи персоналу станції, а також оцінки стану обладнання. Звітні показники розраховують за період від доби

до календарного місяця [4]. Тому умови оптимальної роботи ЕС визначають у процесі аналізу її техніко-економічних показників, що є найважливішим завданням автоматизованих систем управління (АСУ) [6].

Через складність сучасного енергообладнання, особливості його експлуатації, великий обсяг експериментальних даних, а також складність їх математичної обробки перед науковцями постає проблема необхідності реєстрації великого обсягу первинної інформації та виконання значної кількості достатньо трудомістких розрахунків для отримання кінцевих результатів експерименту. Багато з цих робіт виконують вручну, що призводить до значного збільшення термінів отримання результатів експериментів, не забезпечує їхньої точності і значно знижує продуктивність праці робітників, які проводять експеримент [7, 9].

Необхідно також зазначити, що для отримання характеристик енергообладнання зазвичай необхідні довготермінові експерименти (4÷24 години, а іноді й більше). Це зумовлено інерційністю теплових процесів і, як результат, втратами часу на перехідний процес із одного режиму на інший, а також великими зовнішніми та внутрішніми збуреннями протягом експлуатації.

Зазначені обставини ускладнюють оперативне використання енергетичних характеристик для якісної експлуатації енергообладнання та визначають прийняту на більшості ЕС практику їхніх розрахунків тільки після капітальних ремонтів обладнання або якихось значних робіт з його реконструкції. Це відповідає періодичному оновленню енергетичних характеристик приблизно кожні 1,5 – 2 роки. Слід зазначити, що подібні енергетичні характеристики не можуть бути ефективно використані для реалізації завдань АСУ ЕС.

Із вищесказаного видно, що проблема розв'язання завдань розрахунків техніко-економічних показників ТЕС для АСУ є актуальною і представляє науковий інтерес.

**Метою роботи** є підвищення точності аналізу техніко-економічних показників енергообладнання на основі вдосконалення алгоритмів вимірювання інформаційних параметрів для програмно-технічних комплексів АСУ ТП електростанції.

### Результати дослідження

Використання засобів обчислювальної техніки в АСУ енергоблоками дозволяє автоматизувати процес експериментального визначення різних характеристик енергообладнання. Під час цього можуть бути оптимізовані плани експериментів та обробка їхніх результатів [9, 10].

Аналіз робіт з проведення експериментів за допомогою обчислювальних систем дозволяє визначити такі функції системи автоматизації експериментів в АСУ ЕС:

- збір і реєстрація даних, які надходять від об'єкта;
- зберігання та експрес-аналіз експериментальних даних;
- реалізація алгоритмів планування експериментів;
- автоматизоване управління процесами експерименту;
- обробка та інтерпретація результатів проведеного експерименту;
- накопичення даних з низки експериментів та їхня статистична обробка;
- забезпечення можливостей безпосереднього оперативного спілкування дослідника з об'єктом дослідження;
- оформлення та видача результатів обробки експериментальних даних у формі, зручній для подальшого використання.

Основні завдання, для яких необхідні енергетичні характеристики енергообладнання:

1. Для оптимізації режимів енергоблоків:

- складання режимних оптимальних карт роботи енергоблоку, тобто залежності керівних

дій від параметрів технологічного процесу, які контролюють;

- визначення термінів профілактичних і капітальних ремонтів;
- оцінка ефекту від проведених організаційно-технічних заходів.

2. Для оптимізації режиму електростанції (енергосистеми):

- розподіл активного та реактивного енергетичного навантаження по блокам із вибором оптимального складу основного обладнання;
- розподіл видів палива по блокам;
- оптимізація підтримання вакууму;
- оптимізація графіка проведення організаційно-технічних заходів, ревізій і капітальних ремонтів тощо.

Необхідно підкреслити, що проведення будь-якого експерименту завжди пов'язано з участю людини-оператора [11, 12]. Крім того, використання неточних витратних характеристик під час розподілу активного навантаження методом рівних питомих приростів може призвести до перепаду палива. Слід також зазначити, що не розв'язані деякі проблеми прийому та обробки вихідної інформації про роботу енергоблоку, тому що є не всі потрібні уніфіковані датчики необхідної точності та відповідної інформації.

На рис. 1 приведено структурну схему загальної задачі визначення енергетичних характеристик відповідно до енергоблоку ТЕС. Стрілками показано шлях проходження інформації та порядок виконання робіт під час зняття характеристик.

Під час розробки планів експериментів задачу ділять на дві частини (рис. 1): планування однофакторних і багатфакторних експериментів. Цей традиційний розподіл пов'язаний із різним математичним апаратом, який використовують на стадії планування та на стадії первинної обробки результатів. Багатфакторний експеримент необхідний для визначення та корекції вхідних даних, приведених до номінальних умов.

У статистичну обробку результатів входять: первинна обробка отриманих даних, відбраковування з метою виявлення явних збоїв та порушень режимів, оцінка основних параметрів апроксимації, визначення точності апроксимації й порівняння отриманих результатів.

Найтриваліший досвід автоматизації розрахунку й аналізу ТЕП накопичено на Зміївській та Запорізькій ТЕС, де ці задачі є основними під час експлуатації АСУ технологічним процесом (ТП) трьох енергоблоків по 800 МВт [8].

Задачі розрахунку розподілені між блочними та груповими підсистемами. У блочних підсистемах реалізується збір і первинна обробка інформації, визначення та аналіз ТЕП на оперативних 15-хвилинних інтервалах, підготовка інформації для задач групової підсистеми. У груповій підсистемі виконують визначення й аналіз ТЕП по кожному блоку та групі загалом за робочу зміну та на звітних інтервалах, а також контроль стану обладнання.

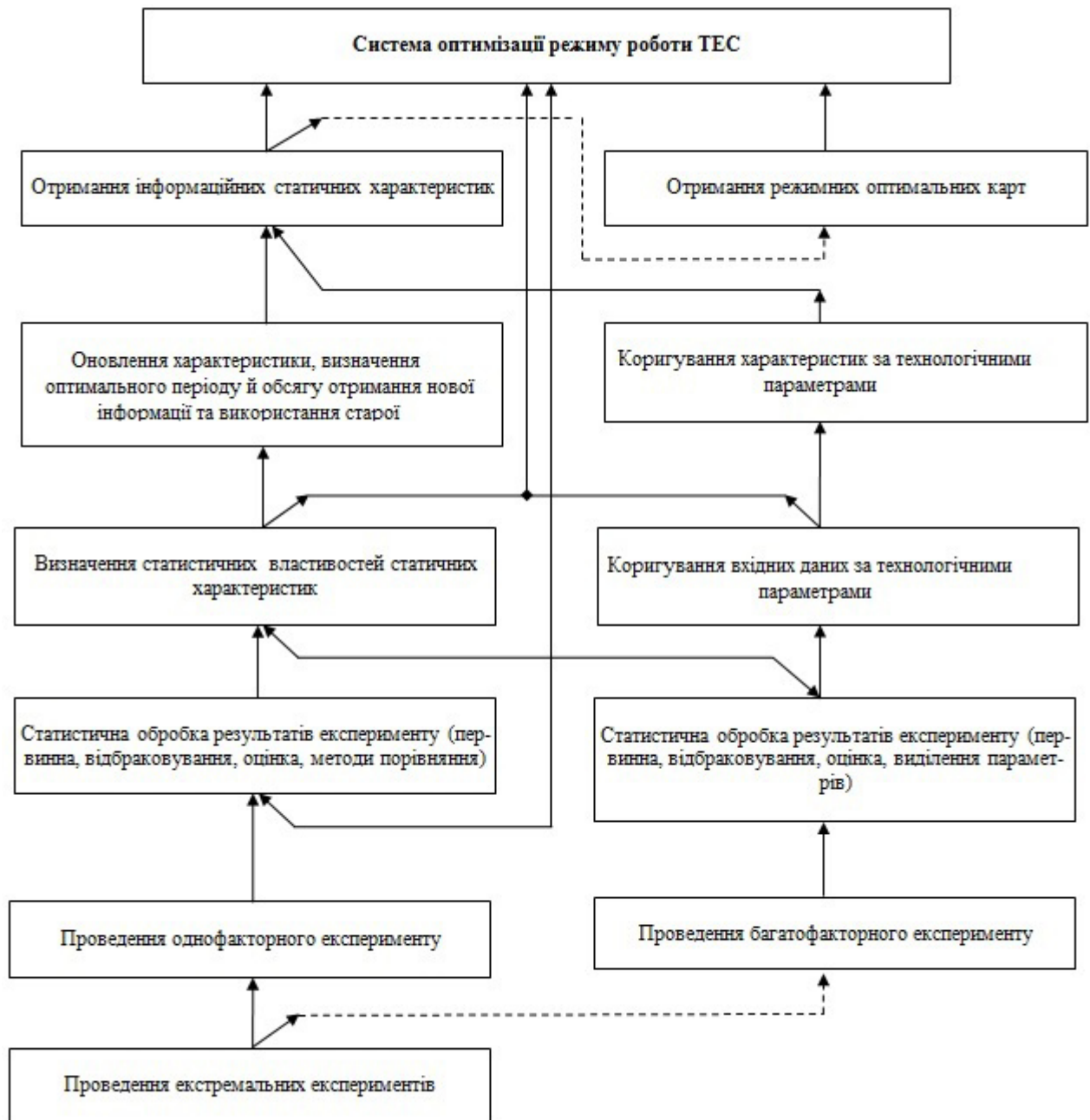


Рис. 1. Схема використання результатів експериментального визначення енергетичних характеристик енергоблоку ТЕС

Для аналізу ТЕП на оперативному інтервалі визначають також нормативні показники та перевитрату палива. Склад показників, які розраховують, на оперативному інтервалі визначається корисністю їхнього використання для оперативного управління. Концентрація в груповій підсистемі інформації на всіх блоках дозволяє, починаючи з 8-годинного інтервалу, виконувати розрахунки ТЕП по кожному блоку та їх групі в повному обсязі. Перед визначенням блочних ТЕП реалізується алгоритм розрахунку й розподілу між блоками загальноблочних витрат тепла та електроенергії на власні потреби.

Методика розрахунку показників на всіх звітних інтервалах (доба, тиждень, місяць) ідентична. Первинні та абсолютні вторинні показники визначають шляхом усереднення відповідних величин, отриманих на 8-годинних інтервалах. Відносні й нормативні показники на кожному інтервалі визначають знову, при цьому нормативні показники

розраховують зворотним методом (за перевитратою палива та за фактичним значенням показника).

Окрім наскрізних розрахунків звітних ТЕП, передбачене також визначення показників по робочим змінам для аналізу діяльності чергового персоналу. Задачі з контролю стану обладнання потрібні для оцінки стану окремих елементів блоку (регенеративних підігрівачів, циліндрів турбіни, поверхонь нагріву парогенератора та ін.). Розв'язання цих задач виконують періодично за даними, які передають після первинної обробки до групової підсистеми.

Первинна обробка містить 150 параметрів по кожному блоку. Зручно використовувати довідкові дані параметрів у виді паспортів, це дозволяє оперативно змінювати алгоритми контролю достовірності та змінювати параметри їхнього налаштування, а також масштабні коефіцієнти під час заміни датчиків. Виведення інформації відбувається на пристроях індикації даних і принтерах, встановлених на блочному щиті управління, групами за запитом оператора. Останнім часом здійснений ввід у групову підсистему інформації із загальноблочних вимірювань (через підсистеми окремих блоків), це створило умови для повного розв'язання задач неоперативної обробки інформації по всій групі блоків 800 МВт Запорізької ТЕС.

### Висновки

1. Аналіз ТЕП повинен ґрунтуватися на порівнянні фактичних і нормативних показників для забезпечення найвигіднішого режиму роботи енергосистеми, за якого споживачі безперервно отримують енергію допустимої якості за найменших затрат на її виробництво, передачу та розподіл.

2. Розроблено схему використання результатів експериментального визначення енергетичних характеристик енергообладнання. Зв'язки між її окремими частинами відображають задачі оптимізації режиму електростанції на сьогодні.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Резервы энергосберегающего управления технологическими процессами на действующих ТЭС и АЭС : монографія / [Канюк Г. И., Мезеря А. Ю., Михайский Д. В. и др.] ; – Х. : Изд. «Точка», 2012. – 183 с.
2. Кузнецов Ю. В. Энергосберегающие технологии и мероприятия в системах энергоснабжения: учебное пособие / Ю. В. Кузнецов, С. В. Федорова. – Екатеринбург : УрО РАН, 2008. – 354 с.
3. Саакян Ю. З. Несогласованность стратегий развития в сфере электроэнергетики / Ю. З. Саакян, Н. В. Порохова, Е. Н. Рудаков // Академия энергетики. – 2008. – № 2 (22). – С. 4 – 8.
4. Шматько Н. М. Організаційне планування структурних змін у процесі розвитку промислового підприємства / Н. М. Шматько // Управління розвитком. – 2016. – Вип. № 4 (186). – С. 138 – 143.
5. Пантелеева И. В. Особенности определения энергетических характеристик энергооборудования для систем управления электростанциями / И. В. Пантелеева, Ю. С. Олейник // Современный научный вестник. – Рускаучка. – 2014. – Вып. № 7 (203). – С. 79 – 83.
6. Пантелеева И. В. Сучасний стан економічного розвитку мікро ГЕС у світі / І. В. Пантелеева, Н. М. Шматько // Вісник НТУ «ХП». – 2016. – Вип. № 47 (1219). – С. 101 – 104.
7. Тверской Ю. С. Технология АСУТП электростанций (особенности, проблемы и перспективы развития) / Ю. С. Тверской, С. А. Таламанов // Вестник ИГЭУ. – 2010. – Вып. № 3. – С. 117 – 123.
8. Елисеев В. В. Информационные и управляющие системы АЭС производства СНПО «Импульс». Состояние, перспективы / В. В. Елисеев // Ядерная та радіаційна безпека. – 2013. – № 4 (60). – С. 61 – 64.
9. Денисенко В. В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В. В. Денисенко. – М. : Научно-техническое изд-во : «Горячая линия – Телеком», 2014. – 608 с.
10. Петроченков А. Б. К вопросу о классификации автоматизированных систем управления / А. Б. Петроченков, Д. А. Даденков, Л. В. Поносова // Вестник Национального Исследовательского университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – Пермь. – 2009. – С. 243 – 255.
11. Михайленко В. С. Интеллектуальная система управления процессом горения твердого топлива в прямоточном парогенераторе энергоблока ТЭС / В. С. Михайленко, Н. А. Князева, М. С. Солодовник // Холодильная техника та технологія. Розділ 4. Автоматика, комп'ютерні та телекомунікаційні технології. – 2015. – № 31 (5). – С. 80 – 87.

12. Полетыкин А. Г. Исследование и разработка методов и программных средств для информационно-управляющих систем верхнего блочного уровня АСУ ТП АЭС : дис. ... докт. техн. наук : 05.13.11 / Алексей Григорьевич Полетыкин. – М., 2008. – 168 с.

Рекомендована кафедрою фізики, електротехніки і електроенергетики Української інженерно-педагогічної академії.

**Пантелєєва Ірина Вікторівна** – к. т. н., доцент, доцент кафедри фізики, електротехніки і електроенергетики, e-mail: irinapanteleeva@ipra@gmail.com.

Українська інженерно-педагогічна академія.