

МІНІСТЕРСТВО ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ
НАУКОВО-ДОСЛІДНА УСТАНОВА «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ»

РОМАНОВА КАТЕРИНА ОЛЕКСАНДРІВНА



УДК 504.064:621.438+621.18

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ІДЕНТИФІКАЦІЄЮ
ФАКТИЧНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ**

Спеціальність 21.06.01 - екологічна безпека

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Харків – 2019

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Робота виконана в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» на кафедрі теоретичної і промислової теплотехніки Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Варламов Геннадій Борисович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри теоретичної і промислової теплотехніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
Подустов Михайло Олексійович,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри автоматизації технологічних систем та екологічного моніторингу, м. Харків;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,
Варламов Євгеній Миколайович,
науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» Міністерства енергетики та захисту довкілля України, завідувач сектору засобів і методів моніторингу навколишнього природного середовища лабораторії екологічно безпечного природокористування, засобів та методів моніторингу довкілля, м. Харків.

Захист відбудеться «16» січня 2020 р. о 10 годині 00 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.812.01 у науково-дослідній установі «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» за адресою: 61166, м. Харків, вул. Бакуліна, 6.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці науково-дослідної установи «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» (61166, м. Харків, вул. Бакуліна, 6) та на сайті: <http://www.niiep.kharkov.ua/specializovani-vcheni-radi.html>

Автореферат розісланий " ____ " _____ 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Н.С.Цапко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Збільшення об'ємів енерговиробництва є стійкою тенденцією діяльності людства. Намагання країн, потужних підприємств, транснаціональних компаній, міжнародних виробничих корпорацій та бажання приватних підприємств, організацій та людей створити для себе найбільш зручні умови роботи, життя та відпочинку призводять до зростання використання енергії та одночасного надмірного техногенного впливу на навколишнє середовище.

В останні десятиліття, значною мірою, саме екологія і енергетика визначають загальне передкризове відчуття загострення викликів перспективному розвитку світового паливно-енергетичного комплексу (ПЕК): неминуче виснаження традиційних природних енергетичних ресурсів Землі і все більше порушення екологічної рівноваги на фоні принципової необхідності безперервного зростання виробництва і споживання енергії для розвитку цивілізації з урахуванням необхідності забезпечення екологічної чистоти довкілля для майбутніх поколінь.

Рішення проблеми енергозбереження і підвищення екологічної безпеки може забезпечуватися лише системним підходом, який повинен базуватися на аналізі ефективності й екологічності енерговиробництва. Забезпечення функціонування даного підходу щодо підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та рентабельного виробництва вимагають оперативного реагування на будь-які зміни у реальному стані обладнання, підвищення надійності та подовження робочого ресурсу його експлуатації.

У зв'язку з цим, актуальною задачею є вдосконалення методології та механізму проведення комплексного енерго-екологічного аналізу (ЕЕА) експлуатації енергооб'єктів ПЕК постійним комплексним і систематизованим моніторингом характеристик реального (фактичного) стану устаткування.

Впровадження на кожному об'єкті, діяльність якого пов'язана з процесами енергоперетворення, енерго-екологічного аналізу із застосуванням ідентифікації фактичних значень параметрів та показників експлуатації устаткування дає можливість створити умови об'єктивного аналізу та постійного якісного моніторингу за станом роботи та рівнем екологічної безпеки, розробляти та впроваджувати відповідні заходи підвищення рівня екобезпеки та енергоефективності, що є необхідною та актуальною задачею для паливно-енергетичного комплексу країни.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі теоретичної і промислової теплотехніки Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Основні положення дисертаційної роботи виконано відповідно до закону України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019р. № 2697, «Програми забезпечення діагностики і моніторингу газотранспортної системи України на 2002-2030 роки», «Програми підвищення енергоефективності Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України» на 2015-2020 роки», затвердженої Міністерством палива та енергетики України, закону України «Про енергозбереження» зі змінами від 08.06.2017 року, в рамках реалізації плану заходів

«Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»».

Тематика дисертаційної роботи виконана в рамках державної НДР МОН України «Розробка високоефективної та екологічно безпечної пальникової системи котлів комунальної енергетики» (ДР № 0113U000997) та НДР «Розробка технічних рішень щодо раціоналізації газо-мазутних пальників і перевірки аеродинаміки та сумішоутворювальних характеристик нових пальникових пристроїв мікрофакельного типу котлоагрегату ПТВМ-180 №2 ТЕЦ-5» СВП «КИЇВСЬКІ ТЕЦ» ПАТ «КИЇВЕНЕРГО» (договір № 37/ТЕЦ5-23-15).

Мета і задачі дослідження. Мета роботи полягає у підвищенні екологічної безпеки експлуатації енергетичного обладнання з покращенням показників енергетичної ефективності за рахунок створення та впровадження методології комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик (КПФХ), реалізація якої дозволить удосконалити проведення енерго-екологічного аналізу стану енергетичних об'єктів.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі задачі:

- здійснити аналіз існуючих методик визначення екологічних та технічних характеристик стану експлуатації обладнання;
- провести вибір та аналіз основних та допоміжних показників якості експлуатації енергетичних об'єктів;
- науково обґрунтувати та розробити принципи створення методологічної бази ідентифікації фактичних експлуатаційних характеристик обладнання;
- розробити алгоритм та методологію здійснення комплексного енерго-екологічного аналізу обладнання та енергетичних об'єктів;
- теоретично обґрунтувати та розробити методологію комплексної ідентифікації фактичних екологічних та експлуатаційних характеристик агрегатів;
- виконати апробацію методології КПФХ для вдосконалення енерго-екологічного аналізу енергетичних об'єктів.

Об'єкт дослідження – екологічні, експлуатаційні та технічні характеристики енергетичних об'єктів в процесі їх роботи.

Предмет дослідження – підвищення енерго-екологічної ефективності шляхом вдосконалення методів визначення фактичних показників і умов надійної та ефективної енерго-екологічної експлуатації енергетичних агрегатів.

Методи дослідження – експериментальні (натурні випробування агрегатів), методи математичного моделювання, аналітичні методи системної обробки даних моніторингу параметрів з визначенням фактичних величин, інформаційне комп'ютерне моделювання та дослідження, діагностичне обстеження.

Наукова та технічна новизна отриманих результатів.

Вперше:

- створено методологію та алгоритм здійснення комплексного енерго-екологічного аналізу стану і умов експлуатації енергетичного обладнання і об'єктів;
- створено методологію комплексної параметричної ідентифікації енерго-екологічних характеристик експлуатації енергетичних об'єктів для визначення фактичного стану у реальному часі;

- запропоновано застосування комплексного коефіцієнту енерго-екологічної ефективності (КЕЕЕ) для проведення якісного комплексного аналізу енерго-екологічного стану та умов експлуатації енергетичних об'єктів;

Удосконалено:

- аналітичну методологію і програмне забезпечення моніторингу екологічних та технологічних параметрів і показників експлуатації обладнання, які реалізовані у програмно-аналітичних комплексах (ПАК) з можливістю фіксувати, аналізувати і ідентифікувати в реальному часі відхилення значень параметрів від заданих чи номінальних з наданням рекомендацій оперативному персоналу щодо забезпечення екологічно безпечної, ефективної, надійної і економічної роботи обладнання і об'єкту в цілому;

- енерго-екологічний аналіз об'єкту застосуванням процедури ідентифікації фактичних значень показників експлуатації та КЕЕЕ.

Набуло подальший розвиток:

- система контролю та моніторингу фактичних показників експлуатації енергообладнання на реальних енергооб'єктах на основі КППФХ.

Практичне значення одержаних результатів.

Методологію комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик енергетичного об'єкта (ЕО) реалізовано на прикладі реальних енергетичних установок - газоперекачувального та котельного агрегатів з отриманням позитивного економічного ефекту. Результати роботи пройшли апробацію та рекомендовані до впровадження на підприємствах: компресорна станція КС «Бердичів», агрегат ГПА-10-4 (акт впровадження 2013р.); СП «Київські ТЕЦ» КП «Київтеплоенерго», котельний агрегат ПТВМ-180 (акт впровадження 2018р.), СП «Київські теплові мережі» КП «Київтеплоенерго», водогрійний котел типу КВГМ-20 (акт впровадження 2019р.), що дозволило персоналу оперативно реагувати на режими експлуатації та запобігати неконтрольованим ситуаціям. Також, КППФХ ЕО була використана під час енерго-екологічного аудиту Центром ресурсоефективного та чистого виробництва України «Богуславської суконної фабрики» (м. Богуслав).

Матеріали роботи використані при виконанні НДР «Розроблення методологічної основи ідентифікації фактичних характеристик газоперекачувальних агрегатів» (договір №14/983/10.С-582/19/2) відповідно до тематичного плану виконання НДР за темою «Аналіз та розроблення методик визначення фактичних характеристик газоперекачувальних агрегатів компресорних станцій» Відділенням транспорту нафти і газу ДП «Науканафтогаз» НАК «Нафтогаз України». Створено, апробовано та проведено запуск в експлуатацію ПАК КППФХ ГПА компресорної станції (КС «Бердичів») та котельних агрегатів. Розроблено та впроваджено у складі ПАК рекомендації щодо оптимізації завантаження технологічного обладнання на об'єктах газотранспортної системи та котелень комунальної енергетики з метою підвищення рівня екологічної безпеки і енергозбереження.

Розроблену методологію КППФХ запатентовано та рекомендовано Національною акціонерною компанією «Нафтогаз України» для впровадження на КС.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційне дослідження є самостійно підготовленою науковою працею, у якій проведено системний аналіз, досліджено

існуючі методи ІФХ і визначено пріоритетні напрямки досліджень, передумови, необхідність і вимоги до методологічних основ визначення реальних енерго-екологічних характеристик експлуатації енергетичного об'єкту [1,3-5,23-24,27,29,30]; визначений алгоритм, блок-схеми і засади ідентифікації фактичних експлуатаційних характеристик обладнання, розроблена методологія параметричної ІФХ експлуатації установок для підвищення їх енерго-екологічної ефективності [11,13-14,18-19,21,31]; розроблено ПАКІФХ та виконано апробацію методології комплексної ідентифікації фактичних екологічних та експлуатаційних характеристик на реальних об'єктах [2,6-9,12,19]; розроблено алгоритм проведення енерго-екологічного аналізу об'єкту застосуванням методології ІФХ реального стану обладнання [10,22, 25-26,28,32] та запропоновані методи для покращення енерго-екологічних показників роботи енергетичних агрегатів [15-17,20].

Деталізований внесок дисертантки в наукові публікації поданий у списку опублікованих праць.

Апробація результатів роботи. Результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на: XXXIX Міжнар. наук.-практ. конф. «Тиждень науки СРБДПУ» (6-11 грудня 2010 р., м.Санкт-Петербург, Росія); IX та XIII Міжнар. наук.-практ. конф. аспірантів, магістрів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (18-22 квітня 2011р., 21-24 квітня 2015 р. м.Київ, Україна); XIV Міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених «Екологія. Людина. Суспільство» (18-22 травня 2011р., м.Київ, Україна); Міжнародній весняній школі OSF ReSET “Governance of Global Environmental Change” (21-27 квітня 2012 р., м. Київ, Україна); VIII, X, XIII та XV Міжнар. наук.-практ. конф. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення», 10-14 вересня 2012 р., АР Крим, вер. 2015 р., 11-15 вересня 2017 р., 9-13 вересня 2019 р., м.Харків, Україна; Міжнар. наук.-практ. конф. «Стан і перспективи розвитку професійної перепідготовки і підвищення кваліфікації спеціалістів в державах-учасниках СНД за новими напрямками розвитку техніки і технології», 6-7 грудня 2012 р, м.Москва, Росія; Міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми розробки низькоемісійних камер згоряння ГТУ», 4-6 грудня 2012 р., м.Москва, Росія; VI Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні підходи до управління підприємством», 23 квітня 2015р. м.Київ, Україна; XIII Konferencija Problemy Badawcze Energetyki Cieplnej, 28.11.2017, Warszawa.

Публікації. Результати дисертації опубліковано у 32 наукових працях, у тому числі 12 статей у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у виданні іноземної держави, 7 статей у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз, у тому числі 1 стаття включена до бази «SCOPUS»), 5 патентів, з яких 2 видані ЄАПО, 12 тез доповідей в збірниках матеріалів конференцій, 2 російсько-англійських навчальних посібника та 1 зарубіжна колективна монографія.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 138 найменувань на 17 сторінках , 8 додатків на 63 сторінках. Повний обсяг – 256 сторінок, з них основний текст 162 сторінки. Робота містить 37 рисунків та 14 таблиць на 14 окремих сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У **вступі** дисертації обґрунтовано актуальність роботи, показано зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та основні задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність наукових результатів, рівень результатів роботи, кількість публікацій за темою дисертації та особистий внесок автора.

У **першому розділі** дисертації наведено аналіз існуючих методик визначення характеристик експлуатації енергетичного обладнання, здійснено систематизацію загальних характеристик та параметрів експлуатації і існуючих систем та методів контролю і діагностування робочого стану агрегатів енергетичного об'єкту (ЕО).

Детально розглянуто особливості застосування різних методів підвищення ефективності функціонування енергетичного обладнання та на прикладі газотранспортної системи (ГТС) запропоновано стратегію декомпозиції обладнання з поетапною оптимізацією параметрів експлуатації основного обладнання та головних складових елементів системи з використанням сучасних підходів і розробкою моделей та методів оптимізації їх роботи (рис. 1).

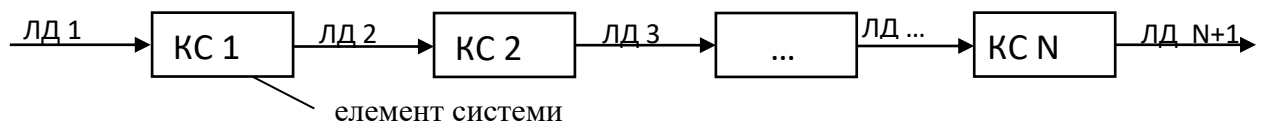


Рисунок 1 – Схема декомпозиції магістрального газопроводу на окремі об'єкти: ЛД – лінійні ділянки, КС – компресорна станція

Розглянуто базові методи визначення основних показників роботи та оцінки технічного стану енергетичних агрегатів з визначенням переваг та недоліків кожного, на підставі якого виконано аналіз та доведена актуальність і необхідність розроблення нової методології КПФХ з метою удосконалення системного моніторингу і прогнозування реального стану агрегатів і установок для підвищення якості комплексного енерго-екологічного аналізу експлуатації ЕО.

На основі результатів роботи у даному розділі обґрунтовано актуальність теми, сформульовані мета та задачі дослідження.

У **другому розділі** визначено основні показники, що характеризують рівень енерго-екологічного стану експлуатації ЕО, які покладено в основу методології КПФХ. На прикладі конкретного енергетичного обладнання, а саме ГПА, розроблено алгоритми визначення базових показників ефективної роботи агрегату за аналітичними виразами та залежностями з використанням ієрархічної декомпозиції загальної схеми установки на складові та елементарні вузли. Реалізацію алгоритму здійснено у вигляді принципової блок-схеми визначення експлуатаційних характеристик ГПА типу ГТК-10-4, яку оптимізовано для аналітичних розрахунків основних параметрів роботи і які покладені в основу методології КПФХ об'єкту у реальному часі. Аналогічно за ідентично розробленим алгоритмом проведено комплексний аналіз аналітичних взаємозв'язків показників експлуатації водогрійного котла. Аналітичне визначення основних техніко-економічних показників роботи котлоагрегата виконано за математичними виразами та

залежностями з урахуванням зменшення похибки їх визначення та розробкою оптимізованою за точністю розрахунків блок-схемою.

У **третьому розділі** розроблено методологічну основу комплексної ідентифікації показників експлуатації енергетичного об'єкту і на прикладі потужного котлоагрегату типу ПТВМ-180 реалізовано механізм КПФХ, розроблено загальні вимоги та принципи реалізації і функціонування програмно-аналітичних комплексів (ПАК). Для підтвердження об'єктивності та універсальності створеного в роботі алгоритму КПФХ розроблено алгоритм ідентифікації реальних параметрів найбільш поширених енергетичних агрегатів: ГПА та водогрійного котла. Загальна блок-схема методології КПФХ ГПА зображена на рис. 2.

Розроблений алгоритм передбачає визначення аналітичних залежностей основних величин, які характеризують технічний стан та енерго-екологічну ефективність роботи енергетичних агрегатів, і які поєднують основні та допоміжні параметри.

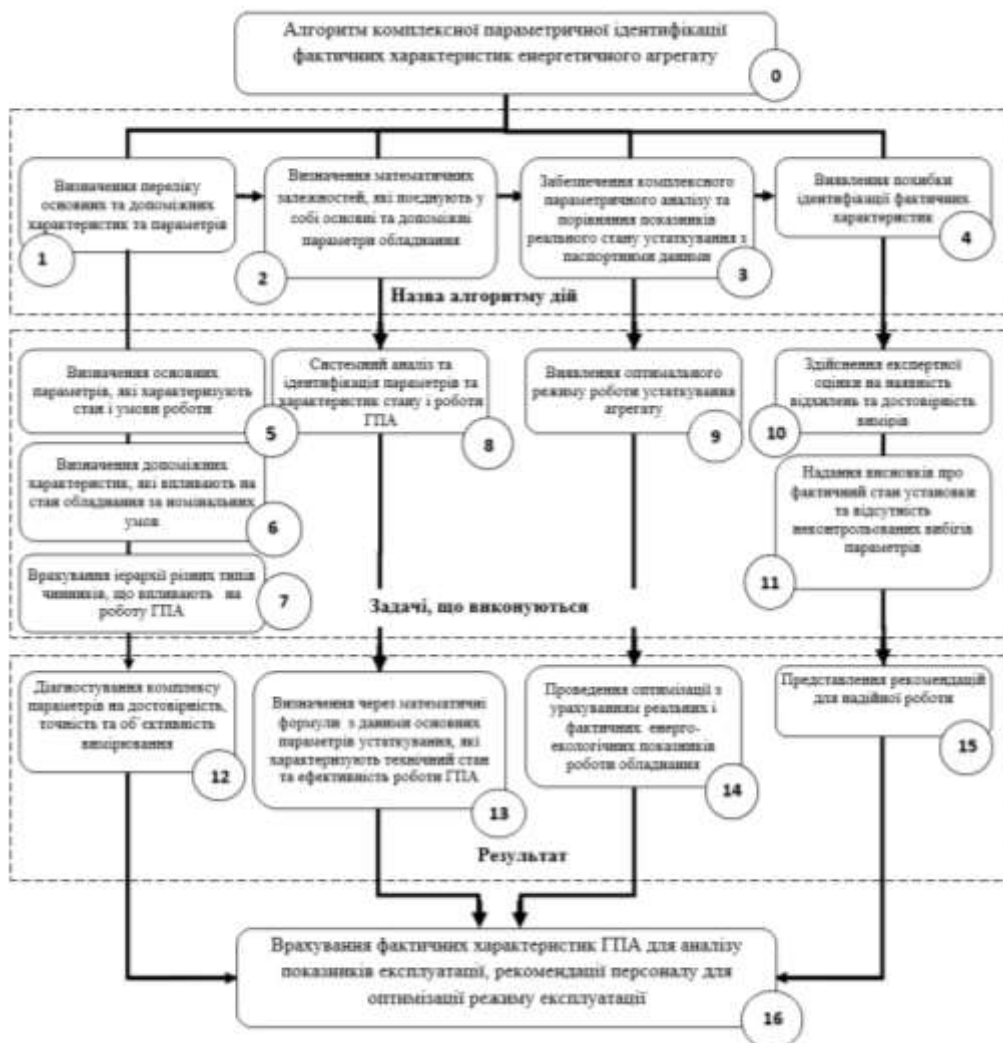


Рисунок 2 – Загальна схема алгоритму проведення параметричної КПФХ ГПА

Після здійснення тестування розробленого алгоритму КПФХ на прикладі ГПА з'ясувалося, що контрольовані приладами і датчиком параметри не у повній мірі дають можливість досягти результату з високою точністю. Тому було вирішено здійснити більш поглиблений аналіз параметрів з реалізацією зворотного зв'язку та перевірки на достовірність параметрів та показників роботи обладнання.

Вперше було запропоновано вирішувати задачу ідентифікації фактичних характеристик ГПА шляхом додаткової комплексної перевірки за аналітичними зв'язками усіх вхідних даних, які вимірюються усіма приладами ГПА і можуть впливати безпосередньо чи опосередковано на достовірність визначення основних параметрів і здатні характеризувати ефективну роботу енергетичного агрегату чи об'єкту. З цією метою КПФХ роботи обладнання запропоновано здійснювати шляхом перевірки вхідних величин на достовірність з врахуванням класу точності вимірювального приладу та додатково математичним шляхом з обрахунком їх значень послідовно один за одним на підставі формул та рівнянь, що реалізовано з використанням ПАК (рис. 3).

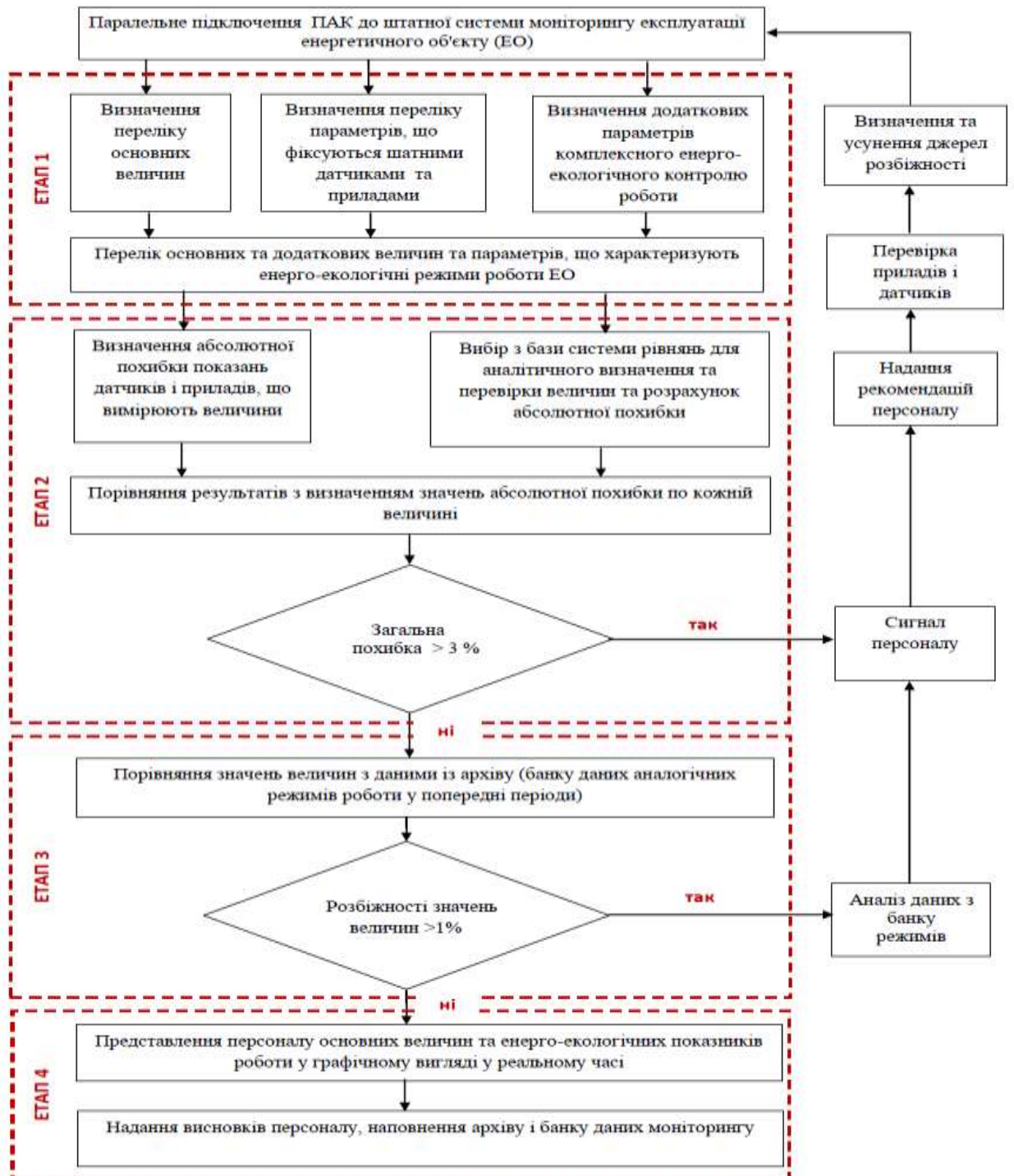


Рисунок 3 – Алгоритм комплексної параметричної ідентифікації фактичного стану експлуатації енергетичного об'єкту

Реалізація такої методології ідентифікації фактичних значень параметрів та величин роботи устаткування дозволяє підвищити рівень точності показників на 12...15% у порівнянні із даними штатної системи контролю параметрів устаткування, що доведено експериментальними випробуваннями на реальних об'єктах. Перевірка вхідних даних, що вимірюються приладами, відбувається за визначенням абсолютної похибки за допомогою аналітичних залежностей.

Таким чином, КПФХ ЕО удосконалює існуючі методи вимірювання, аналізу і розрахунку основних показників й характеристик екологічної безпеки і енергетичної ефективності роботи енергетичного об'єкту та дозволяє виявляти на ранньому етапі відхилення в роботі агрегату чи вимірювального приладу.

Такий підхід дозволяє удосконалити процедуру виконання планових ремонтів вузлів та агрегатів за об'єктивними даними фактичного стану, підвищити екологічну безпеку експлуатації та вчасно запобігати неконтрольованих режимів роботи та аварійних ситуацій енергетичних агрегатів та об'єктів. За розробленою методологією КПФХ створено універсальний алгоритм її застосування з використанням ПАК на водогрійних котлах типу КВГМ-20 та ПТВМ-180 за послідовними етапами, що працюють на природному газі. Алгоритм передбачає визначення повного переліку параметрів, які фіксуються приладами та датчиками і пов'язані з основними характеристиками та величинами, що характеризують екологічну безпеку і ефективність роботи котла, яких для котлів налічується декілька десятків, а для ГПА – декілька сотень. У подальшому для конкретного типу обладнання визначаються основні величини, що характеризують технічний стан, екологічні показники та ефективність його роботи, які вносяться до ПАК.

Таким чином, на підставі розробленої універсальної методології використання розробленого алгоритму роботи КПФХ створено єдиний підхід реалізації ПАК на енергетичних агрегатах та конкретних енергетичних об'єктах. Застосування методології КПФХ для різних енергетичних об'єктів реалізується на базі нових ПАК, які підключаються до існуючих систем моніторингу параметрів.

У **четвертому розділі** наведено опис методології та алгоритму здійснення енерго-екологічного аналізу (ЕЕА) енергетичних об'єктів з впровадженням КПФХ, наведено результати проведених натурних випробувань і впровадження відповідного ПАК у дослідну експлуатацію з автоматичним збором, обробкою параметрів і показників режиму роботи, аналізом і оптимізацією експлуатаційних параметрів для покращення енерго-екологічних показників експлуатації ЕО.

Перевірка адекватності та верифікація ПАК на основі застосування методології КПФХ була успішно здійснена на ГПА типу ГТК-10 на КС «Бердичів» УМГ «Київтрансгаз», про що свідчать позитивні результати пускових випробувань ПАК та прийняттям його у дослідно-промислову експлуатацію (*акт впровадження*).

За даними дослідно-промислових випробувань ПАК з використанням методології КПФХ системно проаналізовані значення показників та побудовані відповідні залежності основних характеристик експлуатації, що наведені на рисунках 4-9. Значення параметрів, що вимірювалися штатними датчиками та приладами, та величини, що розраховувалися за діючими в організації методиками та оброблені методом найменших квадратів, представлені у вигляді лінії 1.

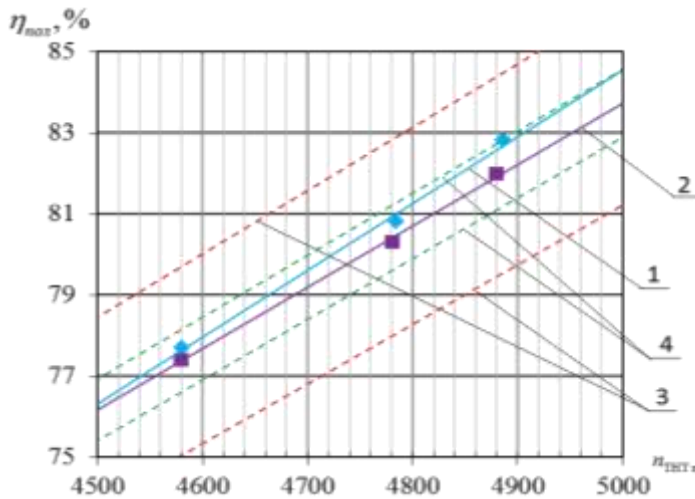


Рисунок 4 – Залежність політропного ККД ВЦН від приведеної кількості обертів турбіни низького тиску $n_{\text{ТНТ}}$

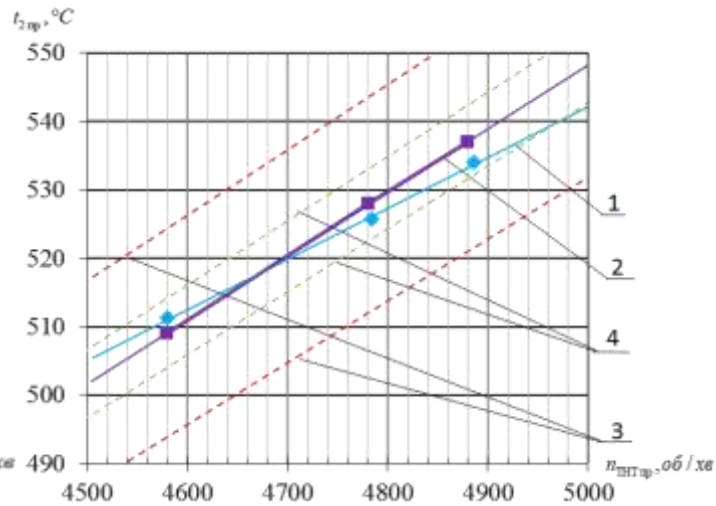


Рисунок 5 – Залежність приведеної температури за ТНТ $t_{2\text{ТНТ}}$ від обертів ТНТ $n_{\text{ТНТ}}$

1 – лінія тренду даних теплотехнічних обстежень штатними датчиками, приладами з використанням існуючої штатної методики обробки величин; 2 – лінія тренду даних дослідних випробувань з використанням методології КППФХ ГПА; \blacklozenge – дані теплотехнічних обстежень агрегату типу ГТК-10-4 штатними приладами за існуючими методиками; \blacksquare – дані дослідних випробувань ГПА з використанням методології КППФХ; 3 – пунктирна лінія, що відповідає похибці $\pm 5\%$; 4 – пунктирна лінія, що відповідає похибці $\pm 1\%$.

Дані, що фіксувалися ПАК з врахуванням методології КППФХ, оброблені аналогічним методом та нанесені на графіки у вигляді лінії 2. Враховуючи, що штатна система вимірювань має дозволу похибку визначення значень параметрів та величин у розмірі до 5%, на графіки нанесені пунктирні лінії 3 паралельно лінії 2 на відстані $+5\%$ та -5% . Ці пунктирні лінії 3 показують можливі відхилення значень параметрів чи розрахованих величин у дозволених секторах похибки.

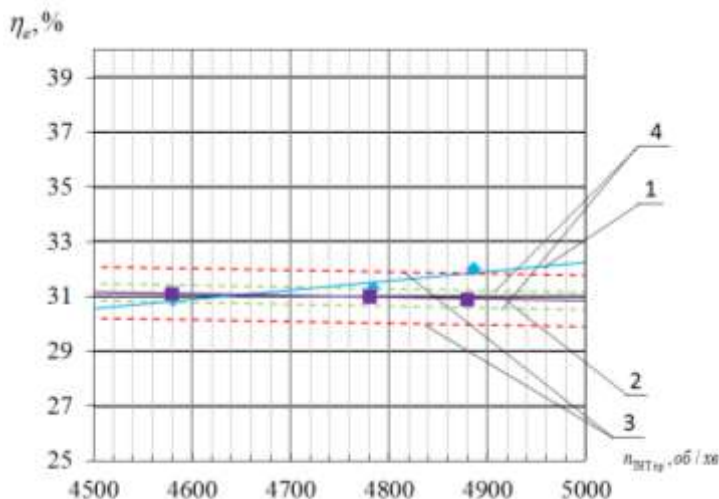


Рисунок 6 – Залежність ефективного ККД ГТУ від приведених обертів турбіни низького тиску (ТНТ)

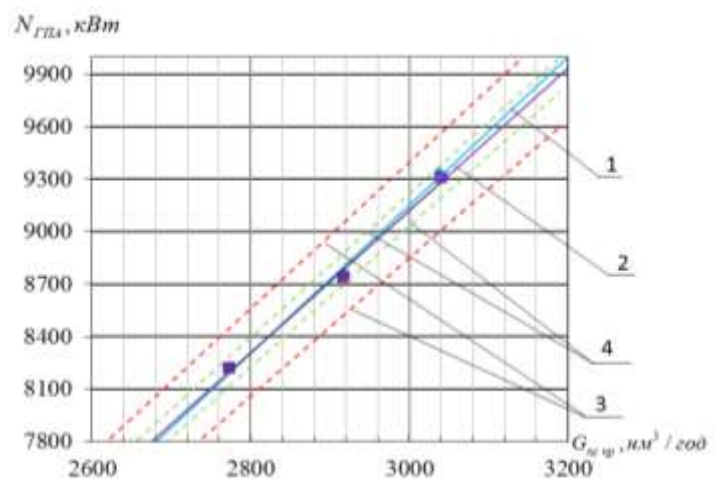


Рисунок 7 – Залежність ефективної потужності ГПА від приведеної витрати паливного газу

За даними дослідно-промислових випробувань ПАК за методологією КППФХ похибка вимірювань величин не перевищує 1% для усіх параметрів та величин. Пунктирні лінії 4, що відповідають змінам параметрів та величин у межах 1%, нанесені паралельно лініям отриманих даних за методологією КППФХ.

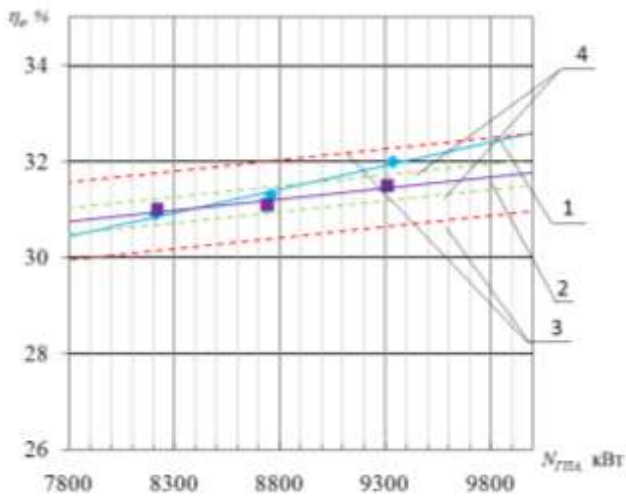


Рисунок 8 – Залежність ефективного ККД ГТУ від ефективної потужності ГПА

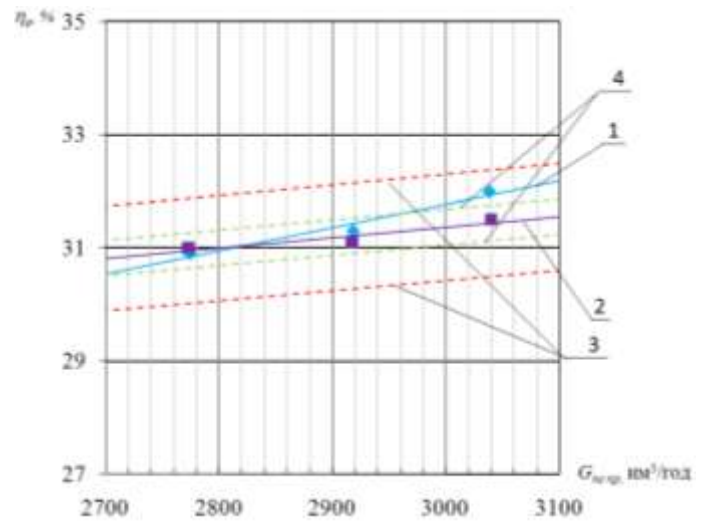


Рисунок 9 – Залежність ефективного ККД ГТУ від приведеної витрати паливного газу

На графіках нанесені паралельні пунктирні лінії 3 дозволяють здійснювати оцінку за штатними формами контролю від діючої системи моніторингу параметрів з величиною похибки у 5%.

ПАК за методологією КППФХ дозволяє ідентифікувати значення параметрів та величин з більшою точністю (похибка не перевищує 1% - область можливих відхилень значень позначена пунктирними лініями 4 на рис. 4-9).

Загальний аналіз приведених залежностей свідчить, що отримані дані під час дослідних випробувань ГПА типу ГТК-10 відповідають встановленим аналітичними залежностям з похибкою, яка не перевищує 1% за виключенням даних залежності ефективного ККД ГТУ від приведених обертів ТНТ (рис.6), для якої похибка на максимальних обертах (5000 об/хв) становить 1,3%. Це свідчить, що отримані дані теплотехнічних обстежень з використанням методології КППФХ дозволяють підвищити точність визначення фактичних значень параметрів і величин на 10-12% у порівнянні із показаннями штатної системи контролю.

Враховуючи, що ГПА здатен працювати і при більш високих дозволених значеннях числа обертів ТНТ (понад 5200 об/хв) стає очевидною ймовірність визначення штатною системою моніторингу значень важливих параметрів і величин із суттєвою похибкою, яка буде перевищувати $\pm 5\%$. А це означає, що штатна система контролю та управління не в змозі буде своєчасно ідентифікувати виникнення позаштатних ситуацій у зв'язку із наявною неточністю визначення фактичних важливих параметрів стану експлуатації агрегату чи його окремих вузлів. Це може призвести до збільшення рівня екологічної небезпеки та зниження надійності експлуатації агрегату, до виникнення неконтрольованого перебігу подій та навіть аварійних ситуацій.

Разом з цим, очевидними на графіках є розбіжності у тенденціях зміни (нахилу ліній трендів до вісі абсцис) параметрів та величин, що актуалізує питання більш прискіпливого здійснення аналізу стану експлуатації ГПА.

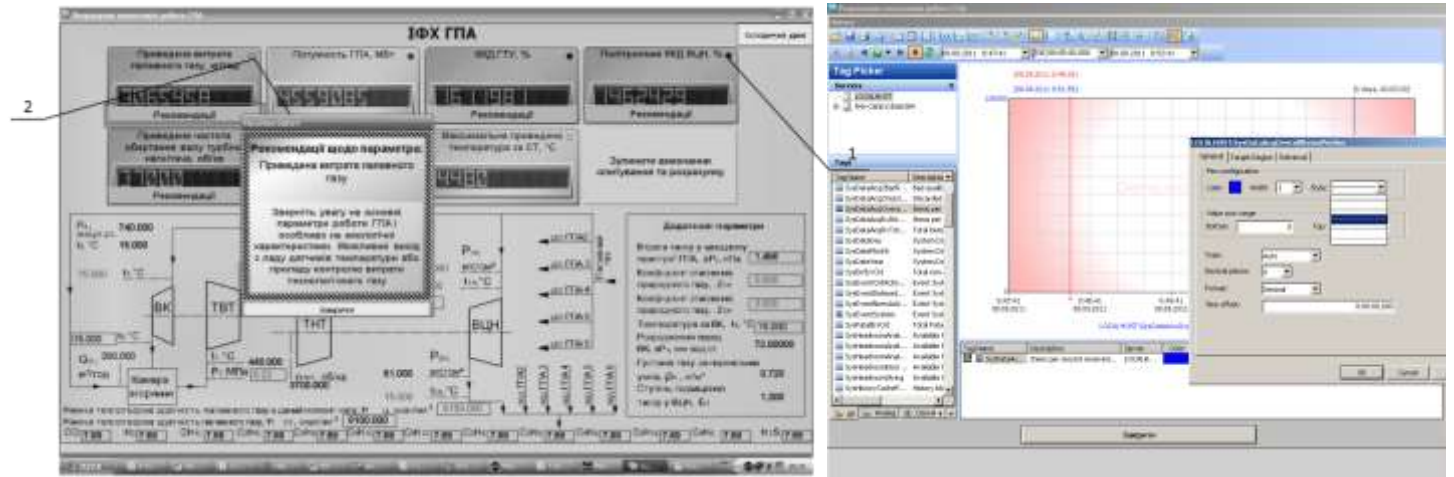
Лінії тренду даних теплотехнічних обстежень штатними датчиками, приладами з використанням штатної методики обробки результатів мають вигляд сталих характеристик, що відповідає паспортним (штатним) залежностям. Це підтверджує хибність діючих методик для застосування під час промислової експлуатації та обробки результатів теплотехнічних випробувань агрегатів після ремонтів, що знаходяться у довготерміновому режимі роботи. Штатна (прийнята у організації) методика не враховує якісних змін у стані вузлів та деталей агрегату й розраховує техніко-економічні величини й характеристики із допущенням, що вони є сталими з моменту пуску агрегату у роботу.

Таким чином вважається, що після капітальних та планових ремонтів вузлів, складних частин, деталей й самого агрегату його властивості та характеристики відновлюються до паспортних (початкових чи ідеальних) значень, що не відповідає об'єктивній реальності. Такий підхід з часом експлуатації унеможливує виявлення на ранньому етапі відхилень від реальних показників і умов роботи агрегату й може призвести до раптових відмов вузлів, окремих складових частин агрегату та аварійної зупинки, що може вплинути негативно на енерго-екологічну ефективність і термін робочого ресурсу ГПА в цілому. Теза, що характеристики ГПА під час тривалої та довготермінової експлуатації є сталими, з часом не змінюються, є хибною, що об'єктивно підтверджується дослідно-промисловими випробуваннями ГПА з використанням розробленої методології КППФХ.

Лінії тренду отриманих значень параметрів та характеристик дослідних випробувань з використанням методології КППФХ ГПА мають меншу похибку значень величин та параметрів, більш реальний характер й реалістичну оцінку тенденції у змінах контрольованих енерго-екологічних показників експлуатації.

Таким чином, методологія КППФХ дозволяє здійснити більш точну параметричну ідентифікацію величин та параметрів за допомогою зворотних зв'язків і використовує фактичні характеристики агрегату, який експлуатується вже протягом тривалого часу (понад 100 тис. годин) у навантаженому режимі. Це означає, що методологія КППФХ здійснює реалістичну оцінку основних характеристик агрегату. Окрім того, накопичення даних за два-три роки експлуатації ГПА (понад 10 тис. годин) дозволяють при застосуванні методології КППФХ не тільки більш точно визначати фактичні характеристики експлуатації агрегату, а й прогнозувати стан ГПА на перспективу, оптимізувати терміни проведення планових й капітальних ремонтів, визначати якість проведення таких ремонтів.

Інтерфейс ПАК КППФХ ГПА та режими його роботи наведені на рис. 10. Забір даних та виконання розрахунку основних параметрів відбувається у автоматичному режимі з регулюванням «опитування» датчиків із змінною періодичністю у діапазоні один раз у 2 - 45 секунд. При цьому, перевіряється відповідність вхідних даних (величин, які вимірюються вимірювальними приладами) встановленим межам, паспортним даним та відбувається порівняння даного режиму із аналогічним режимом у попередній історії навантаження, яка накопичується відповідним розробленим алгоритмом у ПАК.



1 - індикатор сповіщення (світиться зеленим вогником) про успішне зчитування необхідних для розрахунку даної величини комплексу параметрів та фактичне її значення у межах встановленої похибки; 2 - індикатор сповіщає (світиться червоним вогником) про наявність помилок, ушкоджень чи приладів

Рисунок 10 – Головне вікно. Виконання розрахунків

ПАК дозволяє також проаналізувати хронологію у вигляді графіків в системі моніторингу ГПА, історію і результати значень, змін та похибки вимірювальних величин та основних параметрів (рис.10), дозволяє накопичувати та архівувати масиви даних.

За результатами дослідно-промислових випробувань було отримано дозвіл від Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України» на впровадження в експлуатацію ПАК КПФХГПА на компресорних станціях, про що **складено акт**.

Аналогічні програмно-аналітичні комплекси на базі методології КПФХ були розроблені для котлоагрегатів водогрійного типу КВГМ-20 та ПТВМ-180, які реалізовані на реальних об'єктах, **про що складено відповідні акти**.

В роботі також розроблено методологію комплексного енерго-екологічного аналізу стану енергетичних об'єктів із застосуванням ідентифікації фактичного стану експлуатації обладнання та запропоновано застосування коефіцієнту ε енерго-екологічної ефективності (КЕЕЕ).

КЕЕЕ агрегату (об'єкту) показує енерго-екологічну ефективність роботи енергоустановки (енергетичного об'єкту) та характеризує рівень ефективності роботи агрегатів (ККД) з одночасним визначенням рівня екологічної безпеки

$$\varepsilon = \frac{\eta_{\text{ор}}}{A}, \quad (1)$$

де A – загальна агресивність димових газів:

$$A = \prod_{i=1}^n a_i, \quad (2)$$

де Π – добуток питомих величин агресивності шкідливих компонентів викиду, який враховує загальний рівень небезпеки викидів шкідливих речовин в димових газах;

a_i – питома величина агресивності шкідливого викиду, яка враховує клас небезпеки і гранично допустимі концентрації компонента у повітрі робочої зони, а також шкідливого викиду.

Чим більше значення величини a_i , тим більш небезпечним є даний компонент у складі димових газів. Величина a_i визначається за формулою:

$$a_i = \frac{C_{i_{\alpha=1}}}{j_i} + 1, \quad (3)$$

де $C_{i_{\alpha=1}}$ - масова концентрація шкідливого компонента у відхідних газах при коефіцієнті надлишку повітря рівному одиниці ($\alpha_n=1$);

j_i – дозволена концентрація шкідливого викиду, яка визначається за формулою:

$$j_i = k \cdot \text{ГДК} \quad (4)$$

де k_i – клас небезпеки компонента; ГДК-гранично-допустима концентрація.

З метою оцінки реального стану об'єктів, що експлуатуються, та порівняння їх з паспортними значеннями основних енерго-екологічних характеристик доцільно розраховувати нормований КЕЕЕ агрегатів та установок за формулою:

$$\varepsilon^n = \frac{\eta_{\text{бр}}}{A^n}. \quad (5)$$

КЕЕЕ дозволяє в реальному часі експлуатації об'єкту здійснювати моніторинг основних характеристик експлуатації та порівнювати різні типи агрегатів на предмет їх ефективності і екологічної чистоти роботи у порівнянні із допустимими нормами. Чим більше значення КЕЕЕ, тим вищий рівень енерго-екологічної ефективності експлуатації обладнання чи об'єкту. Крім того, КЕЕЕ опосередковано характеризує рентабельність та економічну доцільність експлуатації обладнання чи енергетичного об'єкту з конкретними показниками роботи. В роботі визначені реальні значення нормованого показника КЕЕЕ для цілої низки енергетичного устаткування.

Розроблену в роботі методологію енерго-екологічного аналізу (ЕЕА) експлуатації енергетичного обладнання із застосуванням процедури ідентифікації фактичних значень показників дозволяє більш точно здійснювати моніторинг стану його роботи. Розроблений алгоритм поетапного здійснення ЕЕА пройшов апробацію і дозволяє ще на 3-5% підвищити точність визначення реального стану роботи за рахунок вираховування виду і розмірів похибок окремих параметрів і величин за певним механізмом (рис.11).

Застосування ЕЕА (рис.11) для оцінки якості експлуатації реального енергоустаткування проведено для енергетичних котлів КВГМ-100, КВГМ-10, ПТВМ-180 та ГПА типу ГТК-750-6 і ГТК-10. Для оцінки та порівняльного аналізу енерго-екологічної ефективності роботи різних установок на різних режимах експлуатації використано порівняння їх КЕЕЕ із нормованими значеннями.

Реальні значення КЕЕЕ можуть перевищувати нормовані значення, що означає роботу агрегатів (чи об'єктів) у режимах з показниками концентрації викидів компонентів у димових газах меншими за гранично-допустимі екологічні норми з максимальним наближенням ефективності до паспортних даних.



Рисунок 11 – Загальний вигляд алгоритму проведення енерго-екологічного аналізу енергетичного об'єкту (агрегату) з ідентифікацією фактичних показників експлуатації

На прикладі проведення ЕЕА до та після модернізації котла типу КВГМ-10 за рахунок заміни штатного пальника типу РГМГ-10 на мікрофакельний пальник типу ГПТТ-10, при якому КЕЕЕ котла збільшився від значення 1,67 до значення 3,02 (ККД котельного агрегату збільшився на 5,5% (з 92,5% до 98%), концентрація шкідливих оксидів азоту NO_x знизилася від $149,7 \text{ мг/м}^3$ до 75 мг/м^3) доведена доцільність застосування даної методології здійснення ЕЕА. Збільшення КЕЕЕ відбулося і для інших типів котлів та ГПА, на яких проведена аналогічна модернізація пальникових систем.

Впровадження на ЕО розробленої методології і алгоритму ЕЕА із процедурою ідентифікації фактичних реальних значень параметрів та характеристик обладнання значно підвищує рівень екологічної безпеки і енергетичної ефективності експлуатації ЕО за рахунок підвищення достовірності оцінки його фактичного енерго-екологічного стану.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею, яка присвячена вирішенню важливої та актуальної науково-технічної проблеми, що пов'язана із забезпеченням оптимальної за енерго-екологічними показниками експлуатації енергетичних агрегатів і об'єктів в цілому. Отримані в ході досліджень закономірності і отримані результати експериментальних натурних випробувань дозволяють стверджувати, що поставлені завдання виконані.

Впровадження методології КППФХ на ЕО дозволяє удосконалити проведення енерго-екологічного аналізу і підвищити надійність і рентабельність роботи як окремих агрегатів, так і енергетичного об'єкту в цілому.

В роботі отримані наступні наукові і практичні результати:

1. Науково-обґрунтована та розроблена методологія комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик енергетичного об'єкту, яка дозволяє у реальному часі ідентифікувати фактичні характеристики експлуатації агрегатів з високим рівнем точності та можливістю прогнозувати їх робочі експлуатаційні та технологічні характеристики на найближчу перспективу.

2. Доведена універсальність застосування методології КППФХ та рекомендована до впровадження для різних типів енергетичних об'єктів на прикладах ГПА та на водогрійних котлах з розробленням та реалізацією алгоритмів, блок-схем та програмно-апаратних комплексів моніторингу реального енерго-екологічного стану їх експлуатації.

3. Експериментально підтверджена та доведена на реальних об'єктах дієздатність та переваги ПАК КППФХ щодо удосконалення існуючих систем моніторингу параметрів і управління теплотехнічними процесами, впровадження якого дозволяє забезпечити ефективну, надійну, економічну та екологічну роботу обладнання і об'єкту в цілому.

4. Удосконалена методологія проведення комплексного ЕЕА експлуатації ЕО із застосуванням процедури ідентифікації фактичних значень показників дозволяє підвищити рівень енерго-екологічної ефективності експлуатації енергообладнання, якість і надійність системних обстежень, умов його роботи за рахунок підвищення точності вимірювань параметрів та величин на 10-12 % та зниженню шкідливих викидів оксидів азоту NO_x та CO на 10-30%.

5. Розроблення та застосування коефіцієнту енерго-екологічної ефективності (КЕЕЕ) дозволяє вдосконалити ЕЕА і розкриває конкретні важелі та методи впливу на показники енерго-екологічної ефективності стану енергетичного обладнання за рахунок впровадження маловитратних модернізацій, які здатні підвищити значення КЕЕЕ на 45-85 %.

Результати дисертаційної роботи закладають підґрунтя для переходу на новий рівень енерго-екологічного менеджменту на енергетичних об'єктах. Такий підхід створює умови для підвищення рівня екологічної безпеки, покращення якості експлуатації обладнання, об'єктивного моніторингу комплексу параметрів та техніко-екологічних показників з оптимізацією навантаження і міжремонтних термінів з подовженням робочого моторесурсу енергетичних об'єктів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України та за кордоном:

1. Варламов Г.Б., Приймак К.О. Алгоритм параметричної ідентифікації фактичних характеристик газоперекачувального агрегату компресорної станції // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит–2011–№12(94). – С. 10-14. (фахове видання). Здобувачем визначено пріоритетні напрямки досліджень для розробки ефективної методології визначення фактичних характеристик експлуатації обладнання з оцінкою надійності та енергоефективності роботи устаткування.
2. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Чередніченко О. Ю., Підзирайло Л. М. Загальні особливості методології параметричного визначення фактичних характеристик газоперекачувального агрегату //Збірник проблеми нафтогазової промисловості: Зб. наук. пр. / Випуск 10– Київ, 2012– С. 307-311 (фахове видання). Здобувачем розроблено ПАКІФХ конкретного газоперекачувального агрегату типу ГТК-10-4, визначено доцільність впровадження методології.
3. Варламов Г.Б., Приймак Е.А. Системный анализ базовых методик идентификации фактических характеристик газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций// Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2013– №2. –С.66-72. (фахове видання, ВІНІТІ РАН (Москва, «Джерело»)). Здобувачем проведено системний аналіз існуючих методів ідентифікації фактичних характеристик експлуатації енергетичного об'єкту.
4. Приймак К. О. Аналіз основних підходів щодо діагностування фактичних показників експлуатації газоперекачувальних агрегатів // Энергетика та електрифікація – 2013– №5. – С. 7-11. (фахове видання). Здобувачем досліджено основні існуючі методи ідентифікації параметрів експлуатації ГПА та відокремлено базові.
5. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Шварцзова Х. Загальні підходи до створення методологічних основ енерго-екологічного аналізу експлуатації об'єктів ПЕК // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит – 2013 – №10 (116). – С. 2-9. (фахове видання). Здобувачем доведені передумови та необхідність розробки методологічних основ енерго-екологічного аналізу та менеджменту експлуатації об'єктів паливно-енергетичного комплексу.
6. Варламов Г. Б., Приймак Е.А. Фактические характеристики оборудования компрессорных станций и оптимизация загрузки магистрального газопровода// Восточно - Европейский журнал передовых технологий – 2013 – №5/8(65). – С. 9-13. (фахове видання, Index Copernicus, PИИЦ, BASE, Electronic Journals Library, DOAJ, EBSCO). Здобувачем розроблено алгоритми і блок-схеми реалізації методологій ІФХ , створено ПАК, обґрунтовано переваги реалізації та доведена можливість реалізації універсальних підходів до визначення фактичних характеристик роботи енергооб'єктів різних типів.
7. G. Varlamov, K. Pryimak Technology of comprehensive parametric diagnostics of power facility operating condition // Innovations and Technologies News – 2014 – №1. – С.3-9. (іноземне видання). Здобувачем розроблено методологію комплексної параметричної ІФХ ЕО, яка реалізована на водогрійному котлі.
8. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Дащенко О.П. Дослідне випробування методології комплексної параметричної ідентифікації фактичних

характеристик енергетичного об'єкту // Енергетика: економіка, технології, екологія – 2015 – №1 (39). – С. 47-56. (фахове видання, РІНЦ, «Наукова періодика України», Google Scholar). Здобувачем здійснено аналіз проведених режимних випробувань ПАК з КППФХ для ГПА на реальному об'єкті.

9. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Дашченко О.П. The increase of energy and environmental efficiency and reliability of power equipment by comprehensive monitoring of its actual state// Електромеханічні і енергозберігаючі системи – 2015 – №2/2015(39). – С. 138-146. (фахове видання, «Ulrich's Periodicals Directory», «Index Copernicus», «Scientific Indexing Services», РІНЦ). Здобувачем визначено алгоритм реалізації ПАК на основі КППФХ з інтерфейсом та функціями.
10. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Очеретянко М.Д. Features of integrated energy assessment of the actual environmental performance of energy facilities // Електромеханічні і енергозберігаючі системи – 2015 – №4/2015(32). – С. 75-81. (фахове видання, «Ulrich's Periodicals Directory», «Index Copernicus», «Scientific Indexing Services», РІНЦ). Здобувачем досліджено особливості оцінки реальних показників експлуатації енергетичного обладнання.
11. Varlamov G., Romanova K., Nazarova I., Dashchenko O., Kapustiansky A. Improvement of energy efficiency and environmental safety of thermal energy through the implementation of contact energy exchange processes // Archives of Thermodynamics, Vol. 38 (2017), №4, 2017, 127-137pp. (фахове видання, «SCOPUS», «Google Scholar», «Ulrich's Periodicals Directory», «Index Copernicus»). Здобувачем розглянуто підвищення енерго-екологічної ефективності енергетичного об'єкту.
12. Варламов Г.Б., Романова К.О., Мухін М.С., Аеродинамічні та теплові переваги роботи камер згорання газових турбін при застосуванні мікрофакельної технології газоспалювання // Енергетика: економіка, технології, екологія – 2018 – №4 (54). – С. 67-75. (фахове видання, РІНЦ, «Наукова періодика України», Google Scholar). Автором обґрунтовано завдання покращення якості роботи теплоенергетичного обладнання із забезпеченням високих показників енергетичної ефективності і екологічної чистоти під час його експлуатації для промислового сектору України.

Патенти:

13. Патент України №67093, МПК F04D 27/00. Спосіб параметричної ідентифікації фактичних характеристик газоперекачувального агрегату компресорної станції / Варламов Г.Б., Приймак К.О., Косинський І.С., Мельник Л.П., Шапошник Є.М. // Оpubл.25.01.2012. Бюл. № 2. Автору належить блок-схема алгоритму параметричної ідентифікації фактичних характеристик ГПА.
14. Патент України №71955, МПК F 04 D 27/00. Спосіб комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик газоперекачувального агрегату / Варламов Г.Б., Приймак К.О., Шапошник Є.М. // Оpubл.25.07.2012. Бюл. № 14. Автору належить алгоритм комплексної перевірки вхідних даних, які вимірюються приладами, значення яких використовуються для визначення основних показників роботи ГПА.
15. Євразійський патент № 21650 Многокамерная газовая горелка трубчатого типа / Варламов Г.Б., Родинков С.Ф., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Варламов Д.Г. // вид. 31.08.2015г. 3 стор. Здобувачем розроблено схему багатоканального пальника для покращення екологічних характеристик.

16. Євразійський патент № 21651 Газовая горелка трубчатого типа с газовыми инжекторами / Варламов Г.Б., Родінков С.Ф., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Варламов Д.Г. // вид. 31.08.2015 року. 4 стор. Автором розглянуто описано принцип роботи пальника трубчатого типу з газовими інжекторами для подальшого використання в газотурбінних установках.
 17. Варламов Г.Б., Варламов Д.Г., Романова К.О., Касянчук С.Л., Очеретянко М.Д. Спосіб мікрофакельного спалювання водневого палива. Патент України на корисну модель № 116540, 25.05.2017 р., бюл. № 10. Здобувачем досліджені недоліки існуючих методів спалювання палива пальників з метою розроблення нового способу мікрофакельного спалювання водневого палива для використання в енергетичних об'єктах- контактних теплогенераторах для покращення енерго-екологічних показників.
- Тези доповідей на наукових конференціях:*
18. Приймак К.О. Методологія ідентифікації фактичних характеристик енергетичних об'єктів газотранспортної системи // XIV Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Людина. Суспільство», Київ, 18-22 травня 2011 р.– С.236. Здобувачем визначено суть методологічної бази ідентифікації фактичних характеристик газоперекачувальних агрегатів.
 19. Варламов Г. Б., Приймак К.О. Основні методологічні засади визначення фактичних характеристик агрегатів газотранспортної системи // IX Міжнародна науково – практична конференція аспірантів, магістрів, студентів “Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики”, Київ, 18-22 квітня 2011р.– С.193. Здобувачем розглянуто актуальність вирішення питання визначення фактичних характеристик газотранспортної системи та наведено його зв'язок пріоритетними напрямками та принципами розвитку ГТС.
 20. Варламов Г. Б., Приймак Е.А. Комплексная параметрическая идентификация фактических характеристик эксплуатации энергообъектов // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: міжнародна науково-практична конференція : зб.наук.ст. У 2-х т. Т.2 / УкрНДІЕП. – Ч.: Райдер, 2012. – С. 222 – 223. Здобувачем визначено перелік питань, пов'язаних з енергозбереженням, які будуть вирішені при використанні розробленої КППФХ.
 21. Варламов Г.Б., Приймак Е.А. Фактические характеристики эксплуатации ГТУ: идентификация и мониторинг // Проблеми розробки низькоємісійних камер згоряння ГТУ: міжнародна науково-технічна конференція, Москва, 4 - 6 грудня 2012 р.–С.6-9. Здобувачем сформульовано послідовність та алгоритм визначення фактичних характеристик ГПА.
 22. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Піддубна А.С., Дідик І.С. Сучасні підходи в управлінні енергопідприємством на основі енерго-екологічних показників діяльності // VI Всеукраїнська науково-практична конференція «Сучасні підходи до управління підприємством», Київ, 23 квітня 2015 р. – С.319-327. Здобувачем викладені загальні особливості визначення фактичних енерго-екологічних показників роботи енергетичної системи на прикладі водогрійного котельного агрегату.
 23. Варламов Г.Б., Приймак Е. А. К вопросу о повышении уровня профессиональной подготовки кадров для энергетической отрасли// Міжнародна науково-практична

конференція «Стан і перспективи розвитку професійної перепідготовки і підвищення кваліфікації спеціалістів в державах-учасниках СНД за новими напрямками розвитку техніки і технології»: зб.ст. (м. Москва 6-7 грудня 2012 року) / Московський державний технічний університет ім. Баумана. – М.: МГТУ ім. Баумана, 2012. – С.188-193. Здобувачем запропоновано для підготовки висококваліфікованих спеціалістів для енергетичної галузі при підготовці магістрів досліджувати та здійснювати системний аналіз енерго-екологічного стану об'єктів для підвищення показників їх роботи.

24. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Дащенко О.П. Сучасний стан та виклики в енергетиці // XIII Міжнародна науково – практична конференція аспірантів, магістрантів та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», Київ, 21-24 квітня 2015 р.– С.4-5. Здобувачем розглянуто фактичний стан і глобальні проблеми паливно-енергетичного комплексу.
25. Варламов Г.Б., Приймак К.О., Оліневич Н.В., Дащенко О.П. Фетісенко С.А. Комплексная оценка энерго-экологических показателей эксплуатации энергетического котла// XI Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення», Харків, – 2015. С. 167-170. Автором запропоновано алгоритм проведення енергетично-екологічної оцінки для виявлення ефективної експлуатації енергетичного котлоагрегату.
26. Varlamov G., Romanova K., Dashchenko O., Kapustiansky A. Improvement of energy efficiency and environmental safety of thermal energy through the implementation of contact energy exchange processes / XIII Konferencija Problemy Badawcze Energetyki Ciepłej, Warszawa, 28.11.2017. – С.126. Здобувачем окреслено переваги застосування методики проведення аналізу для підвищення енерго-екологічної ефективності енергооб'єкту.
27. Варламов Г.Б., Романова К.О., Дащенко О.П., Вовченко Д.І., Кодь Д. С. Реалізація нової енерго-екологічної парадигми – основа сучасного сталого розвитку України у гармонії з природою / Збірник наукових статей XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми шляхи вирішення» та прийняті рішення / Харків (УКРНДІЕП), 11-15 вересня 2017 року. – С.41-45. Автором визначена необхідність впровадження енерго-екологічної парадигми для ПЕК України.
28. Романова К.О., Варламов Г.Б., Мухін М.С., У Цзунянь. Вдосконалення методології енерго-екологічного аналізу енергетичних об'єктів ідентифікацією їх фактичних експлуатаційних характеристик / Збірник наукових статей XV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми шляхи вирішення» та прийняті рішення / Харків (УКРНДІЕП), 9-13 вересня 2019 року. – С. 251-255. Автором запропонований новий алгоритм проведення енерго-екологічного аналізу об'єкту застосуванням методології ідентифікації фактичних характеристик реального стану обладнання.
29. Варламов Г.Б., Романова К.О., Мухін М.С., Коваленко Г.Д., Сучасні виклики техногенно-екологічній безпеці теплоенергетики України - нові горизонти / Збірник наукових статей XV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека: проблеми шляхи вирішення» та прийняті рішення / Харків

(УКРНДІЕП), 9-13 вересня 2019 року. – С. 46-50. Здобувачем окреслено систему першопричин екологічних проблем країни для енергетичної галузі України.

Навчальні посібники, монографії:

30. Варламов Г.Б., Александров А.А., Маляренко В.А., Приймак Е.А. Топливно-энергетический комплекс = Fuel and Energy Complex : учеб. пособие . – К.: НТУУ «КПИ», 2015. – 186 с.– Серия «Экологические аспекты энергопроизводства» = Environmental aspects of energy generation. Автором розглянуто сучасні аспекти екологічного виробництва в Україні і світі.
31. Варламов Г.Б., Романова Е.А., Магера Ю.М., Кучинская Т.С. Базовые теплоэнергетические установки = Fundamental thermal and power units: учеб. пособие . – К.: НТУУ «КПИ», 2017. – 287 с.– Серия «Экологические аспекты энергопроизводства» = Environmental aspects of energy generation. Здобувачем розглянуті основні теплоенергетичні установки і їх негативний вплив на навколишнє середовище.
32. G.Varlamov, O. Dashchenko, K. Romanova. Sustainable development of megacities on the basis of the introduction of new ecological-energy paradigm / IV міжнародна науково-практична конференція «Сталий розвиток - XXI століття: управління, технології, моделі». Дискусії 2017: колективна зарубіжна монографія, 11.05.2017, С.355-358. Здобувачем обґрунтована необхідність впровадження нової енерго-екологічної парадигми.
На теперішній час Романова К.О., а на момент деяких публікацій статей, патентів, тезисів була Приймак К.О.

АНОТАЦІЯ

Романова К.О. Підвищення енерго-екологічної ефективності експлуатації енергетичних об'єктів ідентифікацією фактичного стану обладнання. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», Харків, 2019.

Дисертаційна робота присвячена підвищенню енерго-екологічної ефективності та надійності експлуатації екологічно небезпечного енергетичного обладнання і оперативності оцінки реального його стану за рахунок реалізації методології комплексної параметричної ідентифікації фактичних характеристик, яка підвищує точність моніторингу технологічних параметрів і характеристик, дозволяє виявляти на ранньому етапі відхилення параметрів роботи агрегатів чи вимірювальних приладів, відслідковувати неконтрольовані «вибіги» параметрів та здійснювати енерго-екологічну оптимізацію навантаження обладнання і термінів проведення ремонтів агрегатів із запобіганням аварійних ситуацій з одночасним забезпеченням високого рівня екологічної безпеки та ефективної експлуатації обладнання на енергетичному об'єкті (ЕО).

Розроблено та впроваджено комплексний енерго-екологічний аналіз з використанням параметричної ідентифікації фактичних характеристик ЕО; алгоритми, блок-схеми, та методики визначення показників ефективної роботи енергетичного об'єкту на прикладі газоперекачувального агрегату та водогрійного

котла, програмне забезпечення для програмно-аналітичного комплексу фактичних характеристик; проведені реальні випробування методології з отриманням дозволу на впровадження її у промислову експлуатацію на реальних енергетичних об'єктах.

Ключові слова: екологічна безпека, енергетична ефективність, методологія, ідентифікація фактичного стану, програмно-аналітичний комплекс, енергетичний об'єкт, надійність експлуатації.

ANNOTATION

Romanova K.O. Improving energy-ecological efficiency of operation of energy facilities by identifying the actual state of equipment. – The manuscript.

Dissertation for a Candidate Degree in Technical Sciences, speciality 21.06.01 – ecological safety. – Scientific Research Institution "Ukrainian Scientific Research Institute of Ecological Problems", Kharkov, 2019.

The dissertation is devoted to improvement of energy - ecological efficiency and reliability of operation of environmentally dangerous power equipment and efficiency of estimation of its real state through the implementation of methodology of complex parametric identification of actual characteristics, which improves the accuracy of monitoring of technological parameters and characteristics and allows to detect early stages of work gauges, track uncontrolled "runs" of parameters and with to realize energy-ecological optimization of loading of equipment and terms of carrying out repairs of units with prevention of emergencies while ensuring high level of ecological safety and efficient operation of equipment at the energy object (EO).

The comparison with the existing regular monitoring systems made it possible to prove the expediency and necessity of development and implementation of the KPIFC methodology of units capable of fulfilling the assigned functions of increasing the energy and environmental efficiency of EO.

A universal approach has been developed to identify the actual performance of the units opens the opportunity to improve existing methods of analysis and determine the performance of heat engineering processes in thermal power plants and the implementation of automated control of loading equipment in optimal mode. Recommendations for the operation of installations with high energy-environmental performance at different load modes in real time were implemented using practical and reliable research analysis methods.

Complex energy-ecological analysis using parametric identification of actual characteristics of EO has been developed and implemented; algorithms, flowcharts, and methods for determining the performance of an energy object on the example of a gas-pumping unit on a boiler, software for software-analytical complex of actual characteristics; real testing of the methodology with obtaining permission for its introduction into industrial operation on real energy objects.

Key words: ecological safety, energy efficiency, methodology, identification of the actual state, program-analytical complex, energy object, reliability of operation.