

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА АКАДЕМІЯ ДРУКАРСТВА

ЛИСА НАТАЛІЯ КОРНЕЛІЇВНА



УДК 004.9+621.317+543

**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ СИСТЕМ
ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННОГО СЕРЕДОВИЩА
З ВИКОРИСТАННЯМ РОЗРОБЛЕНИХ ЛАЗЕРНИХ СЕНСОРІВ**

05.13.06 – Інформаційні технології

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Львів – 2018

Дисертацією є рукопис
Робота виконана в Українській академії друкарства Міністерства освіти і науки України та науково-дослідному виробничому центрі «Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем»

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор
Сікора Любомир Степанович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
професор кафедри автоматизованих систем управління

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Машков Олег Альбертович,
Державна академія післядипломної освіти та управління Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, м. Київ,
проректор з питань науки

доктор технічних наук, професор
Русин Богдан Павлович,
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка
Національної академії наук України,
завідувач відділом методів та систем
дистанційного зондування

доктор технічних наук, доцент
Кунченко - Харченко Валентина Іванівна,
Черкаський державний технічний університет,
завідувач кафедри інформатики, інформаційної безпеки та документознавства

Захист відбудеться «14» грудня 2018 р. о 12⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.101.01 в Українській академії друкарства за адресою: 79020, м. Львів, вул. Під Голоском, 19, ауд. 101.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Української академії друкарства за адресою: 79006, м. Львів, вул. Підвальна, 17.

Автореферат розіслано «7» листопада 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



В. Ц. Жидецький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний етап розвитку виробництва електроенергії, хімічної, машинобудівної, поліграфічної продукції характеризується тим, що використовується широка гама ресурсних компонентів: вугілля, нафта, газ, фарби, полімери, які є екологічно небезпечними. Напружені виробничі режими, що диктуються ринком, призводять до різкого зростання споживання ресурсів для енергоактивних виробничих процесів, зумовлюючи, в свою чергу, збільшення концентрації викидів пилу, шкідливих газів та рідин в атмосферу й водне середовище. Це спричиняє підвищення рівня екологічного забруднення довкілля, стан якого не завжди можна оперативно оцінити в реальному часі, у зв'язку зі складністю відбору даних стандартними методами вимірювання.

Розв'язання науково-прикладної проблеми розроблення інформаційної технології створення систем екологічного моніторингу технологічного середовища, які забезпечили б високу продуктивність і мінімізували шкідливі викиди, ґрунтується на сучасних системних та інформаційних технологіях, розроблення нових типів сенсорів для інформаційно-вимірювальних систем. Опрацювання технологічних даних, що є основою формування й прийняття рішень, та відбір додаткових, які мають доповнюватися даними із залученням експертних знань у процесі управління. Отже, за умови дії збурювальних факторів для розв'язання задач контролю потрібні нові підходи до розроблення сенсорів для інформаційно-вимірювальних систем реального часу, способів відображення потоків даних, трактування їхнього інформаційного змісту.

У хімічній та енергетичній галузях проблемними задачами ефективного управління виробництва займалися: Кафаров В.В., Бусленко Н.П. (моделювання агрегатних систем); Скурухін В.І., Робертс Ф.С., Бунь Р.А. (моделі екологічної динаміки процесів у складних екосистемах). Теорії інтелектуальних систем для підтримки прийняття рішень присвячені роботи Гаврилової Т.А., Нейлора К., Сявакко М.С., Герасімова Б.І., Машкова О.А., які заклали основи теорії прийняття рішень в умовах невизначеності та неповноти даних про стан системи, а в поліграфії – Дурняка Б.В., Сеньківського В.М., Луцківа М.М.

Глобальну теорію аналізу екосистем висвітлено в працях Бертокса П., Буня Р.А., Вернадського В.І., Голубця М.А. У дослідженнях Бротистейна Д.А., Погребеника В., Варжапетяга А.Г. подано розробку систем та засобів екомоніторингу. Методи лазерного дистанційного зондування для задач розпізнавання образів моніторингу екосередовища висвітлено в роботах Русина Б.П., Сікори Л.С., Афанасьєва В.А., Мура К. та інших вчених.

Науково-прикладна проблема розроблення інформаційних технологій створення систем екологічного моніторингу на підставі використання лазерних інформаційно-вимірювальних систем та сенсорів для дистанційного контролю концентрації шкідливих викидів у середовище техногенними виробничими структурами повною мірою не розв'язані, а тому розроблення наукових засад створення лазерних сенсорів для екомоніторингу з відповідним інформаційним

забезпеченням відбору різномірних даних про стан об'єкта, опрацювання і трактування оперативним персоналом, їх здатності оцінювати ситуаційні ризики під час формування і прийняття ефективних управлінських та цілеорієнтованих координуючих рішень є актуальною науково-прикладною проблемою.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наведені у дисертаційній роботі експериментальні й виробничі дослідження проводились в УАД та НДВ «Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем» у рамках державних замовлень на Бурштинській ТЕС.

Розроблено та впроваджено:

1. «Лазерна інформаційно-вимірювальна система для контролю потоків вугільного пилу в котлах енергоблока ТЕС» НДР № 01-2012 (від 01.02.2012 по 31.12.2014 рр.);

2. «Розробка інтерфейсу та алгоритмів відбору і опрацювання даних для систем «Марс» – контролю продуктів згорання (CO , SO_2 , CO_2 , NO_2)» НДР № 02-2012 (II етап) (від 01.02.2012 по 31.12.2013 рр.).

Проведені перспективні дослідження на замовлення відділу екологічного контролю Бурштинської ТЕС, завершені розробкою наступних систем згідно з планами НДВ Центру стратегічних досліджень «ЕБТЕС»:

1. «Лазерна інформаційно-вимірювальна система контролю режиму фільтрації продуктів згорання в газових потоках на виході електрофільтрів» НДР № 01/3-2014 (від 01.02.2014 по 31.12.2015 рр.);

2. «Лазерна інформаційно-вимірювальна система контролю концентрації забруднення води у водосховищах викидами продуктів згорання» НДР № 02/4-2012 (від 01.02.2012 по 31.12.2016 рр.);

3. «Лазерна інформаційно-вимірювальна система для контролю надлишків кисню в продуктах згорання (вугільного пилу) на вході електрофільтрів ТЕС» НДР № 02-2012 (від 01.02.2012 по 31.12.2014 рр.);

4. «Лазерні сенсори 3D комплексного контролю рівня забруднення атмосферного повітря викидами продуктів згорання та технологічними відходами екологічного середовища ТЕС»;

5. «Оптогальванічні сенсори для водного середовища Бурштинської ТЕС» НДР № 03/5-2012 (від 01.02.2013 по 31.08.2016 рр.).

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розроблення інформаційних технологій створення систем екологічного моніторингу техногенного середовища енергоактивних об'єктів зі шкідливими викидами продуктів з використанням лазерних сенсорів, що забезпечило би ефективний контроль стану екосистеми та зменшило ризики надзвичайних станів у регіонах.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан проблеми екомоніторингу, відомі засоби, методи контролю концентрації шкідливих викидів техногенними системами різних фірм та обґрунтувати необхідність створення лазерних сенсорів для відбору даних;

- розробити інформаційну технологію для розв'язання проблеми створення систем екологічного моніторингу та відбору й опрацювання різно-рідних даних про рівень забруднення, які забезпечили би неперервний контроль концентрації шкідливих викидів техногенними виробничими структурами в атмосферу і води у водосховищах;

- розробити моделі енергоактивних об'єктів техногенних систем із підвищеним ризиком їх функціонування на підставі системного аналізу й теорії категорних алгебр для ідентифікації структури і динаміки, що є підставою виявлення несправності агрегатів із високим рівнем шкідливих викидів в еко-середовище;

- розробити теоретичні засади створення лазерних систем для екологічного моніторингу та круглодобового контролю повітря і водосховищ навколо технологічних енергоактивних об'єктів та обґрунтувати методи відбору даних із використанням інформаційних технологій для інтерпретації екологічної ситуації і її відображення в мультимедійній системі оперативного управління;

- розробити інформаційну технологію аналізу і оцінювання даних, отриманих у процесі лазерного зондування середовища, необхідних для оцінювання ризиків при прийнятті рішень у граничних і аварійних режимах функціонування енергоактивних об'єктів з високою концентрацією шкідливих викидів у реальному часі;

- розробити структурні та принципові схеми лазерних сенсорів і 3D- систем для проєкційного зондування техногенного середовища, що є підставою для вимірювання концентрації шкідливих речовин у воді та повітрі, які забруднені викидами продуктів згорання ТЕС.

Розв'язання наведених задач дасть можливість досягти мети дисертаційної роботи, а саме розробити інформаційну технологію створення систем екологічного моніторингу техногенного середовища з використанням лазерних сенсорів.

Об'єкт дослідження – процеси відбору даних від лазерних сенсорів, їх опрацювання й оцінювання, інтерпретація, класифікація необхідних для прийняття рішень в інформаційних системах екомоніторингу.

Предмет дослідження – методи, моделі, інформаційні технології відбору й опрацювання потоків даних, отриманих лазерним зондуванням, для оцінки екологічної ситуації рівня забруднення довкілля техногенними системами.

Методи дослідження. З урахуванням специфіки енергоактивності об'єктів з агрегованою ієрархічною структурою і труднощами при відборі, оцінці й інтерпретації даних про їх стан методами дослідження є:

- методи системного аналізу, логіки, експертного оцінювання ситуацій та екологічного стану ТЕС для аналізу й обробки даних для прийняття рішень;

- методи теорії ієрархічних систем і категорний аналіз технічних об'єктів, оцінки і виявлення структури моделей об'єктів з ієрархією;

- метод лазерного зондування середовища для відбору й опрацювання нестандартних даних про рівень концентрації шкідливих викидів в екосистемі, що необхідно для побудови структури й засобів сенсорів відбору потоків даних для моніторингу;

- методи теорії дистанційного лазерного зондування об'єкта для побудови фотометрів та інформаційно-вимірювальних систем із лазерними сенсорами, що є підставою відбору даних про концентрацію пилу в атмосфері та домішок у технологічних і водних розчинах як основи оцінки рівня забруднення екологічного середовища навколо ТЕС;

- для побудови ефективних стратегій ситуаційного й координаційного управління в ієрархії при зміні режиму і дії факторів збурення використано теорію прийняття рішень, логічні правила і процедури, теорію експертних систем для оцінки і класифікацій ситуації при неповноті інформаційності потоків даних для об'єкта та з рівнів в ієрархії системи як підстави діалогу технологічних та моніторингових систем контролю екології та узгодження рівня концентрації шкідливих викидів;

- для розроблення інформаційних технологій, опрацювання та обробки даних та їх інтерпретація для прийняття рішень використано методи оцінки образів ситуацій, класифікації і представлені в цільовому просторі системи управління, що забезпечує ефективне і достовірне представлення стану об'єктів на оперативному пульті та мультимедійному щиті екрану;

- для побудови практичних рішень – методи, засоби, технології інформаційної теорії вимірювальних систем, когнітивної теорії сприйняття вимірювальних даних в полі уваги оператора.

Наукова новизна отриманих результатів. На основі теоретичних і практичних досліджень отримано такі нові результати:

вперше:

- розроблено і обґрунтовано концепцію створення інформаційної технології для побудови системи екологічного моніторингу техногенного середовища ТЕС з використанням створених лазерних сенсорів для відбору даних про рівень концентрації шкідливих викидів в атмосферу і водосховища;

- розроблено інформаційну технологію опрацювання даних, отриманих від розроблених лазерних систем та сенсорів, про стан атмосфери і водосховищ ТЕС, що забезпечує неперервний контроль концентрації шкідливих викидів у реальному часі;

- розроблено на підставі теорії обробки сигналів на фоні електромагнітних і оптичних завад основи створення лазерних систем для екологічного моніторингу та контролю повітря і водосховищ навколо технологічних енергоактивних об'єктів, обґрунтовано методи відбору даних із використанням інформаційних технологій для інтерпретації екологічної ситуації та її відображення

в мультимедійній системі оперативного управління, що обумовлює ефективну візуалізацію динамічного стану екосередовища техногенних систем;

- розроблено метод виявлення причинно-наслідкових зв'язків активних факторів впливу на інформаційну й технологічну структури виробничої системи, які призводять до зміни режиму функціонування енергоактивних об'єктів і зростання рівня концентрації шкідливих викидів в екосистему, що є підставою для розроблення структури системи моніторингу та оцінювання ризиків техногенних аварій;

- розроблено метод аналізу, опрацювання потоків даних, отриманих від лазерних сенсорів і систем, виділення інформації про ситуацію, необхідної для прийняття рішень у граничних і аварійних режимах функціонування енергоактивних об'єктів із використанням системи підтримки прийняття рішень і експертної підтримки для оцінки ризиків забруднення екосередовища;

отримали подальший розвиток:

- методи категорної алгебри для побудови моделей представлення структури об'єктів та систем відбору і опрацювання потоків даних для створення систем діагностики виробничих режимів агрегатів з високою концентрацією шкідливих викидів в екосередовище;

- інформаційна технологія оцінювання ситуаційних даних виявлення граничних режимів енергоактивних об'єктів та рівня ризиків за рахунок врахування впливу активних факторів і когнітивних та логічних збоїв, при прийнятті оператором управлінських рішень, що призводить до зростання концентрації шкідливих викидів продуктів згорання палива;

- метод інформаційної інтеграції з використанням діаграм Ісікави і причинно-наслідкових зв'язків між факторами збурення, що покладено в основу створення діагностичних процедур виявлення несправності агрегатів і режимів;

удосконалено:

- метод дистанційного 3D-проекційного зондування для побудови фотометрів та інформаційно-вимірювальних систем з лазерними сенсорами – підстави відбору даних про концентрацію пилу в атмосфері та домішок у технологічних і водних розчинах.

Практичне значення отриманих результатів. Запропоновані методи, моделі та засоби відбору потоків даних і на їх підставі розроблені лазерні і оптогальванічні сенсори для відбору даних про рівень шкідливого впливу техногенних систем.

На підставі інформаційних технологій обґрунтовано теоретичні, прикладні та експериментальні основи розробки структури системи екомоніторингу й алгоритми обробки даних про рівень концентрації шкідливих речовин:

- розроблено лазерні 3D-системи й сенсори для водного та повітряного середовища, що підвищує ефективність неперервного контролю екологічного стану техногенного середовища системою моніторингу в реальному часі;

- створено гальванічні сенсори з лазерною активацією для інформаційно-вимірювальних систем, необхідних для проведення наукових досліджень у галузі нових мікроелектронних структур.

Особистий внесок здобувача. Усі теоретичні та практичні результати, що виносяться на захист, автор отримав самостійно. Пошук та аналіз літературних джерел за тематикою дисертаційного дослідження, розроблення інформаційних технологій, моделей та методів вирішення завдань відбору та опрацювання потоків даних, класифікації ситуацій для прийняття рішень, автор виконав особисто.

У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору дисертаційної роботи належать: у монографії розділи 1, 2, 3, 4; [1,3,9-11] – сформульовано вимоги до когнітивних здібностей оператора, метод обробки когнітивної інтерпретації даних; [7,24,26] – модель екстремальної ситуації в просторі станів об'єкта; [17,20,23,32,38] – метод оцінки рішень для зниження ризику; [4,6,13,15,18,19] – метод відбору даних лазерного зондування технологічного середовища; [12,21,24,29,42,43] – логічна концепція переходу від даних до знань у процедурах структуризації; [2,14,15,25,30] – метод оцінки концентрації викидів вугільного пилу в пилопроводах енергоблока; [13,39,40] – метод побудови інформаційної структури лазерних концентратомірів; [5,8,33,35,36] – метод оцінки й інформаційної діяльності особи при формуванні рішень; [44,45] – спосіб лазерної активації електрохімічних перетворень в оптогальванічних сенсорах; [34,41,42] – когнітивні моделі сприйняття і структуризації знань; [19,20,38,44-49] – обґрунтування, використання інформаційних технологій для відбору оцінки й інтерпретації даних лазерного зондування; [19,27,28] – інтерпретація неповних даних у цільовому просторі системи управління; [8,11,31,32,38] – процедури побудови логічних правил у стратегіях; [26, 27,33,35] – спосіб координації рішень в ієрархії системи управління; [11,22,33] – спосіб активізації процесів навчання операторів, який враховує характеристики когнітивної системи; [33,34,37] – когнітивні аспекти оцінки інформаційного змісту образу ситуацій; [2,6,13,18,19] – спосіб створення інформаційно-вимірювальних систем на підставі лазерного зондування; [13,30,39,40] – метод лазерної активації технологічного процесу; [7,41-43] – спосіб ідентифікації логічних та інформаційних факторів у причинно-наслідкових зв'язках для оцінки ситуацій; [27,35,38,50,52] – метод оцінки стану об'єкта операторами на різних рівнях ієрархії; [28,53,65] – структурна схема проєкційної лазерної діагностики та обґрунтування методів відбору і опрацювання експериментальних даних; [50,51,67] – модель стресової ситуації при прийнятті рішень в експериментальних умовах; [54,55,63] – модель відбору даних; [56,61,62,66] – фізико-хімічні моделі процесів у лазерних сенсорах; [19,23,26,28,57,60] – когнітивні моделі відображення ситуації з потоків даних; [56-67] – методи опрацювання лазерних сигналів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень подано і обговорено на 18 міжнародних наукових конференціях та на-

укових семінарах, серед них: XIX міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика-2012», (Київ, 2012); XX міжнародна конференція з автоматичного управління присвячена 100-річчю з дня народження академіка НАНУ О.Г. Івахненка «Автоматика-2013» (Миколаїв, 2013); XXIV міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика-2017» (Київ, 2017); у працях VI міжнародної науково-практичної конференції ПКТ 2017 (Чернівці, 2017); IV науково-технічна конференція «Обчислювальні методи і системи перетворення інформації», (Львів, 2016); VI науково-практична конференція «Обробка сигналів і негаусівських процесів» (Черкаси, 2017); XII і XIII міжнародні конференції «Досвід проектування і застосування Сад систем в мікроелектроніці» CADMS 2013», «CADMS 2015»; VIII і IX міжнародні конференції «MEMSTECH 2012» (Поляна, 2012), «MEMSTECH 2013» (Поляна, 2013); «CSIT-2014» (Львів, 2014); «CSIT-2015» (Львів, 2015); «CSIT-2017» (Львів, 2017); перша міжнародна конференція DSMP (Львів, 2016).

Публікації. За темою дисертації з викладенням основних її результатів опубліковано 67 наукових праць, з них: 1 наукова монографія, 7 статей у періодичних наукових виданнях, що входять до Міжнародної наукометричної бази даних *Index Copernicus International*, 41 стаття у наукових фахових виданнях України, 5 статей у матеріалах зарубіжних та українських конференцій, що індексуються у наукометричній базі *Scopus*, 13 статей та тез доповідей у збірниках праць конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із анотації, вступу, восьми розділів, висновків, списку використаних джерел із 397 найменувань та 5 додатків. Загальний обсяг роботи становить 458 сторінок, з яких основна частина становить 244 сторінки. У дисертації наведено 139 рисунків та 7 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено об'єкт та предмет, сформульовано мету та задачі дослідження, представлено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів. Вказано на зв'язок роботи з науковими програмами та темами за місцем виконання. Надамо інформацію щодо опублікованих праць, апробації результатів дослідження та структури й обсягу дисертації.

У **першому розділі «Аналіз проблеми відбору та інтелектуалізації даних з різномірною структурою для моніторингу екологічного середовища»** виконано системний аналіз проблеми створення інформаційних технологій для вирішень завдань розробки комплексної системи моніторингу екологічного середовища енергоактивних технологічних структур (грунтів, води, повітря).

Проведено аналіз сучасного стану досліджень у галузі відомих методів системного аналізу, структурного аналізу енергоактивних об'єктів з агрегованою організацією технологічного процесу, стратегічного управління системами з ієрархією.

Проведено системологічний аналіз проблеми створення інформаційних технологій для опрацювання та інтерпретації потоків даних від різного типу сенсорів, для інтегрованого моніторингу екосередовища техногенних систем і процесів прийняття рішень, які забезпечать зменшення викидів шкідливих речовин в ході технологічних процесів та ризиків аварій (екологічна безпека) згідно з директивами і урядовими постановами.

Проведено аналіз літературних джерел відповідно до досліджуваної проблеми створення інформаційних технологій для моніторингу екологічного та техногенного середовища. Показано необхідність дослідження процесів вимірювання і обробки потоків даних та їхню інтерпретацію, програмне та наукове забезпечення.

Розроблено основи теорії сенсорів різної фізико-хімічної структури для створення систем екомоніторингу техногенного середовища (рис. 1). Виконано аналіз проблеми створення лазерних інформаційно-вимірювальних систем, їх використання в системах лазерного моніторингу екологічного середовища.

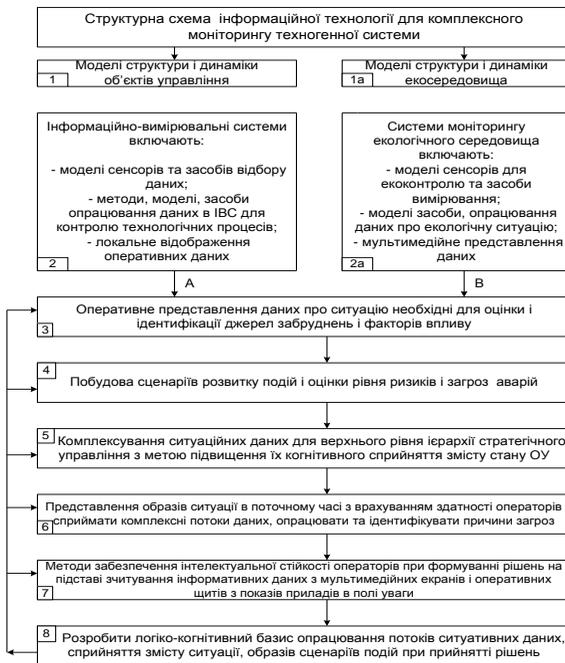


Рис. 1. Структурна схема інформаційної технології для моніторингу техногенних систем

Обґрунтовано концепцію моніторингу екосистем. Використано інформаційні й системні технології для вироблення стратегій захисту екологічного середовища від забруднень техногенних систем згідно з державними норматива-

ми та проведено аналіз літературних джерел. Розглянуто законодавчі акти з екологічного моніторингу навколишнього середовища техногенних систем.

Обґрунтовано актуальність розроблення інформаційних технологій створення сенсорів на нових фізичних принципах. На основі теорії ієрархічних інтегрованих систем розроблено структуру моніторингу екосередовища енергоактивних об'єктів техногенних систем, для яких режими і рівень шкідливих викидів повинні узгоджуватись з державними нормативами та законами про захист екологічного середовища (рис. 2).



Рис. 2. Системне та інформаційне забезпечення комплексного моніторингу екосередовища

У другому розділі «Інформаційна технологія відбору даних від об'єктів з високою концентрацією шкідливих викидів в екосередовище» розглянуто проблемні задачі структуризації технологічних систем та їх функціональне узгодження з екологічним середовищем, що вимагає певного балансу між режимом корисного функціонування та рівнем допустимих забруднень.

Використано системний та категорний підхід для аналізу структури агрегованих енергоактивних об'єктів, вибору способу й методів відбору даних про режим функціонування й термодинамічний стан. Проаналізовано умови забезпечення гарантованого функціонування технологічних структур на підставі

Доведено необхідність розроблення ефективних методів контролю концентрації шкідливих викидів теплоелектростанції (ТЕС) на підставі інформаційних технологій. Відтак розроблено метод створення систем моніторингу екологічного середовища – контролю атмосфери, ґрунтів, води на рівень допустимої концентрації шкідливих викидів (Програма EU 20/10 і програма НАТО).

Визначено напрямки досліджень стосовно створення інформаційних технологій для розробки сенсорів і систем моніторингу, обробки даних, інтерпретації і прийняття рішень згідно з динамічними ситуаціями в об'єкті управління.

Результати досліджень, подані у цьому розділі, опубліковані в роботах [1-5, 12].

координованості стратегій управління, що забезпечило б мінімізацію шкідливих викидів в режимі максимальної потужності енергоблока.

Для виявлення загроз шкідливих викидів середовища ТЕС через збій режимів, інформаційних атак на АСУ-ТП (автоматизована система управління технологічним процесом) та оперативного-стратегічного рівня, потоки ресурсів, обґрунтовано метод побудови ієрархічної структури АСУ. Виділено комунікаційні й інформаційні зв'язки між можливими ділянками конфлікту та рівнями ієрархії управління і точками інформаційних атак, які приводять до дезорієнтації системи управління та аварійної ситуації. Для зменшення рівня загроз викидів великих об'ємів шкідливих речовин ТЕС в технологічне середовище, на підставі методу структуризації об'єкта, проаналізовано методи підвищення ефективності контролю режимів технологічного процесу при дії факторів збурення на всіх рівнях агрегації і ієрархії.

Обґрунтовано використання лазерного відбору даних про рівень концентрації шкідливих реагентів в повітряних, газових та рідинних потоках агрегатів, як підставу створення систем екомоніторингу.

Розглянуто метод інформаційно-ситуаційного аналізу режимних карт і образів ситуацій зміни навантаження на термінальних циклах управління. При цьому стратегії повинні враховувати як граничні ситуації й аварійні режими, так і узгодження швидкості подачі ресурсів з вимогами нарощування потужності за певний часовий інтервал $V_{IRR}(t_K, T_m) \geq V_P(t_K, T_m)$, що забезпечить необхідний режим.

На підставі проведених досліджень обґрунтовано й розроблено метод оцінки образів ситуацій в просторі станів енергоактивного об'єкта, який є джерелом викидів шкідливих речовин високої концентрації в екосистему (повітря, воду, ґрунти). Це є підставою вироблення координуючих стратегій системою державного екомоніторингу для ТЕС, на підставі балансу «вигоди-штрафи» та стратегій поточного управління.

Перевірка гіпотез про ситуацію визначає вибір команд управління (U_{ij}), реалізація яких забезпечує стан об'єкта управління (ОУ) згідно з ціллю C_i (рис. 3).

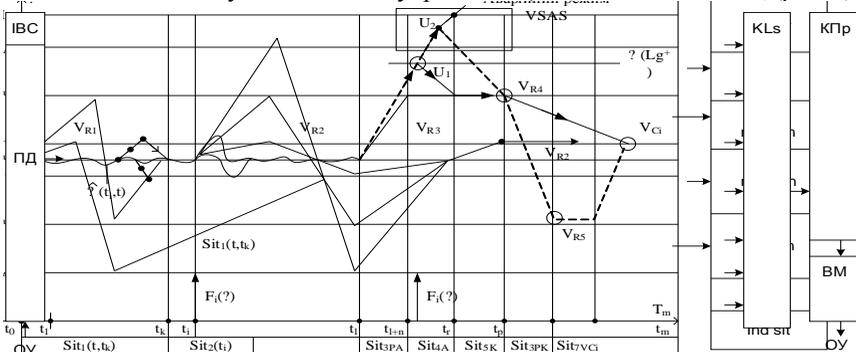


Рис. 3. Ситуації управління в термінальному просторі $[(I_\theta \times T_m) \subset IIS_{ПНО}]$, стану об'єкта управління

$$KL_6[H_{i_1} : [\hat{\theta}^*(t_{e+\tau}) < \theta(Lq^+)]] \Rightarrow KL(U_{2i} | C_i), \quad (1)$$

$$H_{2i} : [\hat{\theta}^*(t_{e+\tau}) > \theta(Lq^+)] \Rightarrow KL(U_{1i} | C_i), \quad \forall t \in T_m. \quad (2)$$

Позначення на схемі (див. рис. 3): $\{H_{ij}\}$ – клас гіпотез, $\{C_i\}$ клас заданих

цільових завдань зі $Strat(U/C_i)$ – з відповідною стратегією управління, $\hat{\theta}(t)$ – оцінка параметра стану, $Sit(t, \tau/\theta(t))$ – ситуація в просторі станів в момент t на інтервалі τ , Δ – відхилення траєкторії режиму навантаження від заданого, (L_A^+, L_g^+) – граничні лінії режиму, R_v – рівень ризику, $Risk(SitA)$ – ризик ситуації A , $\mu(L^+ - \hat{\theta}(t))$ – міра наближення до аварійного стану.

Ситуація оцінюється на підставі обробки потоків даних (ПД), розпізнавання і класифікації образів ситуації (KLs). Результати оцінки ситуації, стосовно ліній граничного навантаження, поступають на командний процесор для виконання управляючих дій, зміни режиму енергоблока щодо рівня викидів.

Згідно з одержаними даними, їхньою обробкою, класифікацією й інтерпретацією, формуються процедури вибору інформаційно-вимірювальних сенсорів, алгоритмів обробки даних та їх інтерпретація, процеси, прийняття управляючих рішень, що є основою для координації управління режимом об'єкта і мінімізації концентрації шкідливих викидів в екосередовище.

Результати досліджень, подані у цьому розділі, опубліковані в роботах [6, 14, 17, 21, 23, 28].

У третьому розділі «Інформаційні технології інтеграції системних та категорних методів ідентифікації структури і динаміки енергоактивних об'єктів з високим рівнем викидів» на підставі категорної алгебри та системного аналізу обґрунтовано метод ідентифікації структури і динаміки енергоактивних об'єктів, які характеризуються високим рівнем викидів шкідливих речовин в екосистему в процесі функціонування.

Запропоновано методи ідентифікації структури побудови діаграми причинно-наслідкових зв'язків на підставі категорних моделей. Опис технологічних процесів динаміки енергоактивних об'єктів ґрунтується на інтеграції різнобічних знань з математики, термодинаміки й фізики енергетичних перетворень ресурсів з використанням як теоретичних, так і експериментальних досліджень, які забезпечують повноту даних та знань для прийняття конструктивних рішень.

У предметно-орієнтованому описі процедури системного аналізу використано: методи відображення функціональної динаміки об'єкта; структуризовані знання про методи прийняття рішень щодо управління режимами та станом об'єкта; моделі термінальних дій при формуванні команд управління на підставі цілеорієнтованих стратегій; методи причинно-наслідкового аналізу факторів дії на режими і стан об'єкта; графові й категорні моделі представлення структури об'єкта.

З метою діагностики стану об'єкта виявлено: системні зв'язки між поняттями й об'єктами в структурі предметно-орієнтованих знань; абстрагування структур на підставі виділених ознак при системному аналізі динаміки об'єкта. Для цього побудована ієрархія системи на основі абстракції понять і знань стосовно структури об'єкта дослідження; виділено класи понять у предметно-орієнтованій базі даних та знань про систему в цілому; декомпозиція структури об'єкта на модулі, що забезпечує вирішення проблемної задачі і ситуації, які виникають при дії факторів загроз на ресурсні і інформаційні потоки в ТЕС.

Для побудови процедури (методу) ідентифікації енергоактивних об'єктів з шкідливими відходами використано методи категорного аналізу, теорії ієрархічних систем і стратегічного управління (рис. 4) та координації режимів для мінімізації дії факторів впливу.



Рис. 4. Інформаційна технологія структуризації знань про структуру і динаміку енергоактивних перетворень в об'єкті

Обґрунтовано процедуру декомпозиції проблемної задачі управління з метою послідовної мінімізації ризиків і конфліктів в процесі функціонування та для виявлення факторів збурень і впливів на структуру, режим та інформаційні потоки даних з використанням інформаційної технології ідентифікації, теорії моделей, категорних і причинно-наслідкових діаграм та моделей, які забезпечують управління об'єктом в режимі зменшення концентрації шкідливих викидів.

Розпізнавання траєкторії динаміки енергоактивного об'єкта в просторі станів і цільовому ґрунтується на інформаційних технологіях та на методах аналізу образів ситуацій технологічного режиму, згідно зі стратегіями ситуаційного управління на підставі процедури перевірки гіпотез опрацьованого потоку даних і їхньої класифікації. Для вибору управляючої дії на підставі оцінки ситуації, виконується перевірка гіпотез

$$\langle\langle U_r : Sit(U, t_i) \rightarrow Sit(U, t_k) \rangle\rangle \exists Strat(U / Ci / t_i \in Tm), \quad (3)$$

і формуються правила прийняття рішень згідно з одержаними оцінками поточних даних про режим об'єкта:

$$\text{«Якщо } U_r = const U_{oi}, \text{ то } \mapsto Z_r = Z_r(U, t)\text{»};$$

$$\text{«Якщо } U_r = U_{oi} - \Delta U(\tau), \text{ то } \mapsto Z_r \rightarrow Z_r^-(\Delta, s)\text{»};$$

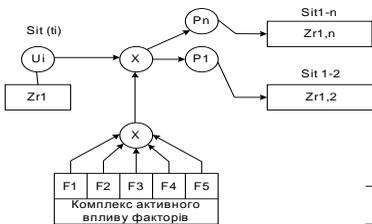
$$\text{«Якщо } U_r = U_{oi} \mapsto Sit(U, / t_{oi}, t_k) \mapsto \{Sit/t; Tm\}\text{»};$$

$$U_r = U_{oi} + \Delta U(\tau) \rightarrow Sit(U, \tau, t_k) \mapsto \{Sit/t; Tm\}\text{»}.$$

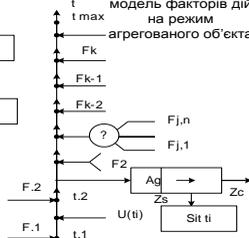
Обґрунтовано використання категорно-функторних M1, M2 моделей факторів на структуризації систем, наведено означення категорії, операцій на категоріях, структури графів, морфізми графів, діаграми структурних зв'язків на категоріях, означено категорії діаграм над графом системної структури, обґрунтовано категорійний опис структури системи, представленій у вигляді графа.

На підставі категорних моделей розроблено метод інтеграції причинно-

1а. Адитивна модель, яка представляє канали передачі впливу на стан і режим об'єкта



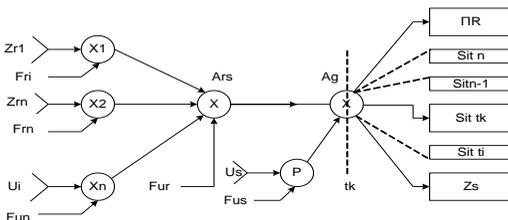
1б. Мультиплікативна модель факторів дій на режим агрегованого об'єкта



наслідкових діаграм з діаграмами Ісікави, що необхідно для оцінювання рівня впливу факторів загроз на інформаційну, ресурсну підструктуру АСУ та режим управління.

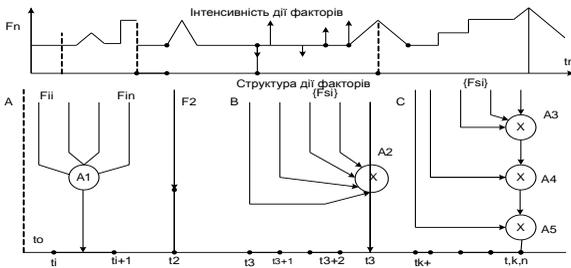
Модель 1. Ситуаційна діаграма.

Отже, процес інтеграції причинно - наслідкових зв'язків, є підставою розробки діаграми дії факторів впливу на функціонування об'єкта, на термінальному інтервалі часу їхньої дії, режими, структуру, згідно моделей діаграм управління та інформаційні канали і процедури прийняття рішень.



Модель 2. Діаграми впливів факторів на агреговану структуру об'єкта управління. Модель відображає канали передачі дії активних факторів на режим агрегованого об'єкта, що приводить до зміни па-

раметрів стану.



Модель 3. Термінальна діаграма факторів впливу на стан і режим об'єкта, пов'язує спосіб дії на інтервалі часу τ факторів з мультиплікативною та адитивною структурою передачі активної дії на об'єкта та його динаміч-

ний режим за рахунок інформаційних і управляючих збоїв.

Інтеграція діаграм Іскави, причинно-наслідкових та категорних, є підставою розроблення процедури діагностики режимів та ідентифікації факторів впливу, правил прийняття рішень щодо управління в умовах ризику згідно зі стратегіями і логікою оцінки ситуацій в цільовому просторі системи управління і відповідно відображається на мультимедійному щиті інформаційної системи екомоніторингу.

Результати досліджень подані у цьому розділі [13-15, 18, 20, 23, 25].

У четвертому розділі «Системні вимоги до інформаційно-вимірних структур та сенсорів відбору даних для моніторингу концентрації технологічних забруднень» на підставі проведених теоретичних, виробничих та експериментальних досліджень обґрунтовано необхідність застосування сенсорів та вимоги до відбору даних лазерним зондуванням, як інформаційної компоненти структури систем моніторингу шкідливих викидів в екосередовище енергоактивними технологічними системами. Концентрація викидів нормується згідно з директивними постановами уряду та режимними картами функціонування об'єктів (неперервність і достовірність даних).

Розглянуто методи створення інформаційних технологій обробки даних відбору, нормування, перетворення, фільтрації, виділення ознак, як підставу розроблення структури систем моніторингу екологічного середовища. Показано, як лазерні системи забезпечують неперервний в часі контроль рівня концентрації шкідливих викидів продуктів згорання з котлів енергоблоків в екологічне середовище та соціальну інфраструктуру регіону.

Розглянуто основні характеристики динаміки підготовки й використання ресурсів, які в процесі спалювання в котлах, формують потоки енергії і шкідливі викиди:

1. Маса ресурсу вугілля, яка поступає на спалювання в котел після обробки в млинах енергоблока за годину:

$$M_{Rg} = m_{Vn}(C, P, t) \times T_i, \text{ [тон/год]} \quad (4)$$

де m_{Vn} – масова швидкість викиду продуктів згорання через димарі, T_i – час концентрації викидів продуктів згорання;

2. Маса осаду шкідливих викидів продуктів згорання, які випадають на дно водосховища і ґрунти. Маса активного ресурсу при згоранні палива:

$$M_{Rg} = M[Rg(C)] + M[\Pi_r], \quad (5)$$

де $M[Rg(C)]$ – маса реагуючого вуглецю у вугільному паливі, $M[\Pi_r]$ – маса породи в твердому паливі.

Маса газоподібних продуктів згорання:

$$M_{ГВ}^C = M[Rg(C)] \times K_{ГВ}^C. \quad (6)$$

Маса пилоподібних продуктів згорання:

$$M_{ПП} = M[\Pi_r] \times K_{ПП}. \quad (7)$$

Маса осадів у водосховищі:

$$M[KO_{ГВ}] = m_{V_0} \times K_V, \quad [(кг/хв) \times м^2]. \quad (8)$$

Маса шлакоподібних відходів

$$M_{ТВ} = M[M_r] \times K_{ТВ}, \quad (9)$$

де $K_{ТВ}$ – коефіцієнт твердих шлакоподібних відходів, $K_{ГВ}^C$, $K_{ПП}$ – коефіцієнти виходу газоподібних і пилоподібних продуктів згорання палива.

3. Баланс концентрації викидів, розчинених у воді водосховища ТЕС, є основою оцінки рівня забруднення екосистеми:

$$\hat{C}(t/T_m) = \iint_{SV} \left(\sum_{i=1}^n S_i \times h_i \times C_{Ki} \right) W(C_K, S_i, h_i/T_m) ds, \quad (10)$$

де $C_K = C_K(x, y, z)$ – поле концентрації шкідливих речовин. Визначає техногенний вплив на навколишнє соціальне середовище і можливі ризики для здоров'я населення.

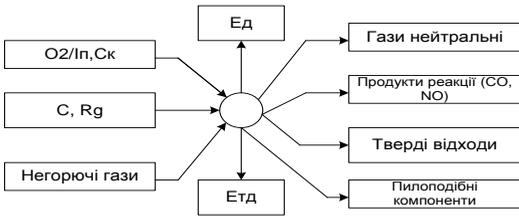
4. Потік повітряного атмосферного ресурсу необхідний для процесу горіння палива

$$\begin{aligned} V(O_2) &= K_3 V_{mp}, \\ V(O_2) &= K_1 V_{AT} \times K_2 V_{mp} = K_1 \dots K_2 V_{AT}, \quad [м^3], \\ V_{AT} &= [V(O_2) + V_{IK} + V_{CK}], \end{aligned} \quad (11)$$

де V_{IK} – об'єм інертних газів; V_{AT} – об'єм атмосферного повітря; $V(O_2)$ – об'єм кисню в атмосферному потоці; V_{CK} – об'єм пилоподібних домішок; V_{mp} – об'єм паливного ресурсу для спалювання якого потрібен кисень; K_1 , K_2 – атмосферні складові; K_3 – степінь насичення O_2 процесу спалення палива.

5. Об'єм спалювання паливного ресурсу для якого, згідно з діаграмою, маса реагуючого вуглецю в паливі

$$M(Rg(C)) = M_R + M_{II} + M_3 V_{mp}. \quad (12)$$



в структурі державного екомоніторингу буде побудовано база даних і знань про організацію виробництва, фізико-хімічні енергетичні перетворення компонент ресурсів. На підставі інформаційної технології відбору, опрацювання, оцінювання даних та їхньої інтерпретації розробляється система підтримки прийняття рішень для управління й координації технологічних режимів для зменшення рівня забруднення середовища.

При екстремальних ситуаціях не завжди лабораторії ТЕС дають конструктивні дані про шкідливі викиди в екосередовище, оскільки у них немає наявних засобів зовнішнього контролю (повітря, води, ґрунтів) для вимірювань в реальному часі рівня концентрації. Проведено аналіз існуючих методів відбору даних про забруднення екосередовища, оцінку засобів вимірювання параметрів стану екосередовища (рис. 5).

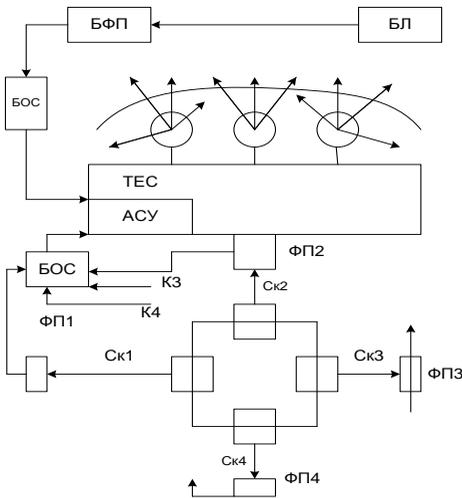


Рис. 5. Схема координаційного зондування в термінальному і неперервному режимах стану забруднення атмосфери

ційну технологію відображення діаграм формування потоків шкідливих викидів продуктів згорання в котлах енергоблоків.

Обґрунтовано вимоги до інформаційної структури системи моніторингу контролю виробничого процесу енергоактивного об'єкта. Доведено, що ефективний моніторинг шкідливих викидів продуктів згорання ТЕС можливий, якщо

Побудована схема інформаційної технології контролю навколишнього середовища з ієрархічною структурою організації в рамках узгодження з системою моніторингу (рис. 6).

На основі аналізу потоків різномірних даних від ІВС–АСУ ТП оператором ІА з використанням бази профорієнтованих знань розроблено сценарій розвитку подій та протиаварійна стратегія ТЕС, згідно з категорною діаграмою, яка відображається на оперативному й мультимедійному щиті.

Відповідно для цілі координації зменшення викидів, на підставі взаємодії систем управління ТЕС та екомоніторингових структур, розроблено інформаційну технологію відображення

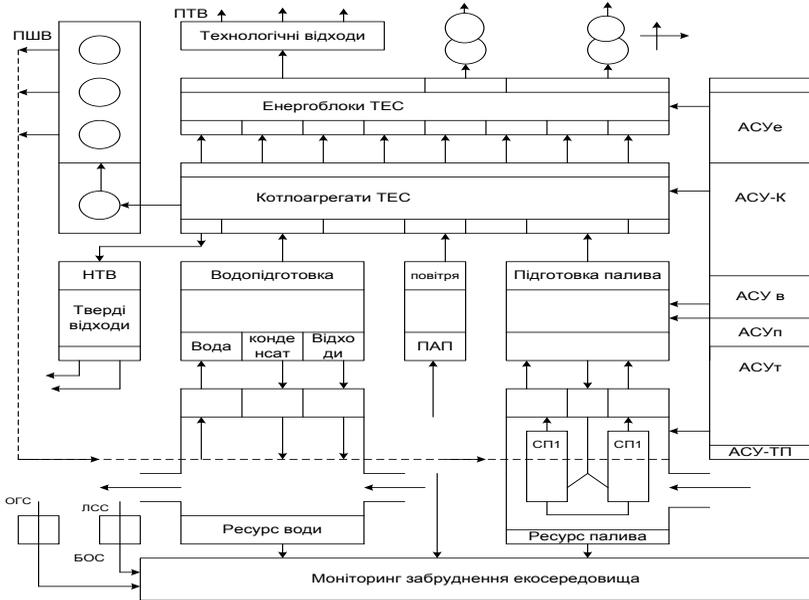


Рис. 6. Модель формування потоків шкідливих викидів у воду, повітря, ґрунти екосистеми ТЭС

Для вимірювання рівня концентрації шкідливих речовин та викидів продуктів технологічного виробництва, обґрунтовано застосування методу (3D) дистанційного просторового і локального оцінювання рівня концентрації шкідливих речовин у воді і повітрі продуктів технологічного виробництва.

На підставі проведених експериментальних досліджень та інформаційних технологій створено структурну схему, обґрунтовано категорну діаграму

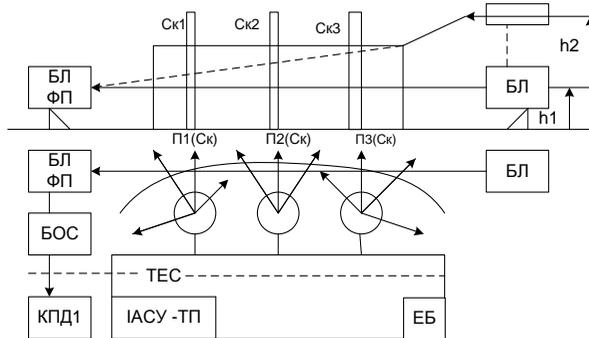
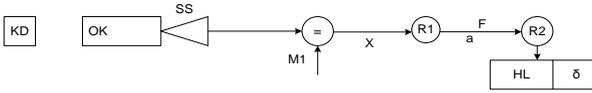


Рис. 7. Схема лазерного зондування атмосферного середовища навколо ТЭС

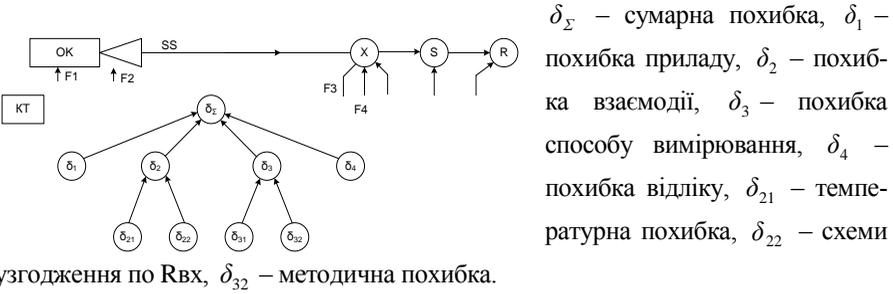
вимірювальних перетворень процесу зондування технологічного й екологічного середовища техногенної системи (рис. 7).

Розроблено категорні діаграми структурної реалізації прямих та відносних методів вимірювання та способи оцінки похибок приладів на підставі моделей.

Модель 1. Діаграми відносних (непрямих) методів. Категорна діаграма непрямих методів на підставі узгодження системно-інформаційних зв'язків, задається у вигляді



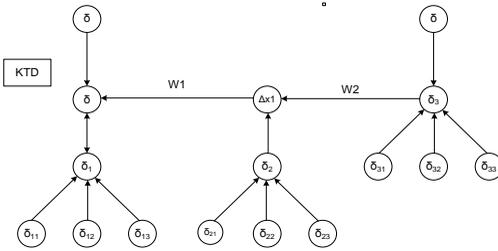
Модель 2. Структурну схему похибок можна виразити у вигляді категорної діаграми, позначивши:



δ_{Σ} – сумарна похибка, δ_1 – похибка приладу, δ_2 – похибка взаємодії, δ_3 – похибка способу вимірювання, δ_4 – похибка відліку, δ_{21} – температурна похибка, δ_{22} – схеми

узгодження по Rvx, δ_{32} – методична похибка.

Модель 3. Побудовано категорну діаграму формування похибки для методу вимірювання й підставі інформаційної технології відбору лазерних даних для кожного типу сенсорів. Позначення на діаграмі:



інформаційної технології відбору лазерних даних для кожного типу сенсорів. Позначення на діаграмі: δ_1 – похибка вимірювання величини X_p ; δ_2 – похибка вимірювання величини X_1 перетворювачем $ВП_2$; δ_3 – похибка вимірювання величини X_2 перетворювачем $ВП_2$.

Розроблено інформаційну технологію оцінки й класифікації даних, які відображають ситуацію в технологічній і екологічній системах (рис. 8).

Виділено інформаційну структуру потоків даних та типи і об'єм знань структурних, параметричних; методи, процеси, засоби відбору даних; методи, способи інтелектуальної обробки та інтерпретації потоків даних для представлення сценаріїв образів розвитку подій; відповідно параметричні, поточкові дані є інформаційною базою для формування і представлення образів ситуацій та сценаріїв подій в АСУ об'єкта.

Результати досліджень, подані у цьому розділі, викладені у роботах [15-19, 21, 26, 27-32].

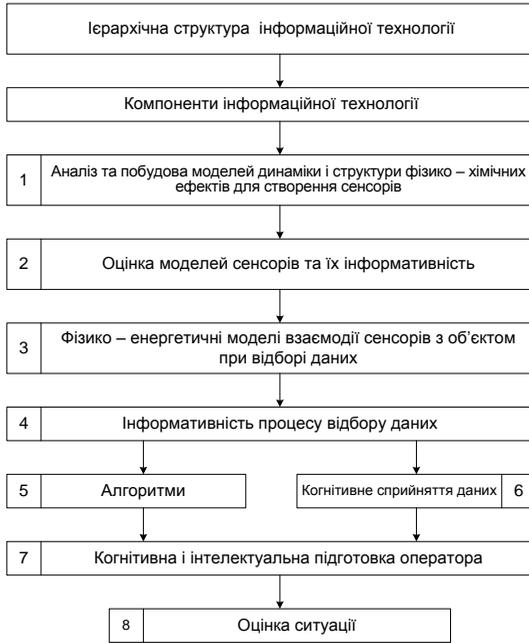


Рис. 8. Метод і модель формування компонент інформаційної технології оцінки і класифікації ситуацій на підставі даних

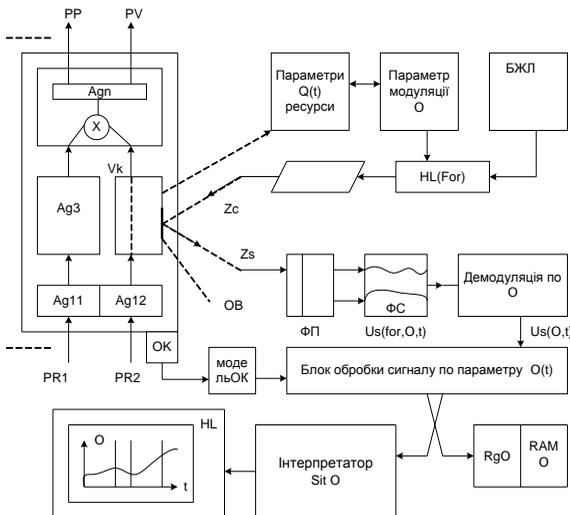


Рис. 9. Метод зондування проби води

У п'ятому розділі «Інформаційна структура процесів відбору даних на підставі методу лазерного зондування середовища об'єктів технологічних систем» обґрунтовано інформаційні характеристики засобів вимірювань, що створене з використанням методу дистанційного зондування технологічного та екологічного середовища (рис. 9).

Для виявлення інформативних ознак параметрів потоків шкідливих викидів, проведено аналіз структури просторово-ене-

рgeticного образу лазерного променя, інтегральних властивостей, як переносника відомостей про просторове розподілення домішок в реагентах, одержаного при проходженні лазерного сигналу через об'єкт контролю.

Відповідно побудовано таблицю узгодження системних та інформаційних компонент (таблиця 1), які є підставою побудови систем моніторингу та технологічного контролю.

Таблиця 1

Схема узгодження системних та інформаційних технологій як підстави створення структури та методів аналізу динаміки і режимів енергоактивних об'єктів	
Системні компоненти	Компоненти інформаційної технології
<ul style="list-style-type: none"> - модель структури об'єкта управління; - модель динаміки енергоактивних ресурсних перетворень; - просторова структура; - параметри режиму та стану; - цільове завдання функціонування системи; - модель динамічної ситуації в просторі станів, режиму цільовому; - управляючі дії та команди; - управлінські фактори впливу; - структура інформаційно-вимірювальної системи; - модель процесу відбору даних 	<ul style="list-style-type: none"> - ознаки класифікації типу об'єкта; - енергоактивність в перетворенні ресурсу; - пасивне змішування компонент; - простори станів режиму, цільового; - знаневі компоненти опису об'єкта (поняття, ознаки параметри, стан); - сценарії подій і їхній розвиток у циклі управління; - інформаційні фактори впливу та трактування ситуації і дезорієнтація ІАо; - адекватність алгоритмів методів обробки даних

Обґрунтовано необхідність побудови моделей структури й динаміки контрольованого об'єкта, як підстави розробки інформаційних технологій відбору даних, їхнього опрацювання та інтерпретації.

Для розв'язання задачі відбору даних в системі екомоніторингу на підставі розробленої інформаційної технології обробки й перетворення зондуючих сигналів лазера розроблено структурну схему методу прямого зондування технологічного середовища та діаграми формування і перетворення лазерного сигналу, його просторової й енергетичної структури, яка відображається через просторовий інформаційно-енергетичний образ лазерного променя на матриці фотоприймача, який переносить фізико-хімічну структуру проби.

На підставі інформаційних технологій обробки фотополя енергетичних образів, проведено аналіз даних, одержаних в процесі лазерного зондування з оцінкою їх енергетичної інтенсивності. Розглянуто методи активного лазерного відбору даних та побудовано структурну схему системи енергоактивних агрегатів ТЕС, пілопроводів, димоходів, електрофільтрів для внутрішнього контролю, а також екосередовища (повітря, водосховища, розчинів ґрунтових проб) для зовнішнього спостереження системою екомоніторингу (рис. 10).

Для розв'язання проблеми моніторингу, створена інформаційна технологія та засоби обробки даних одержаних в процесі вимірювань.

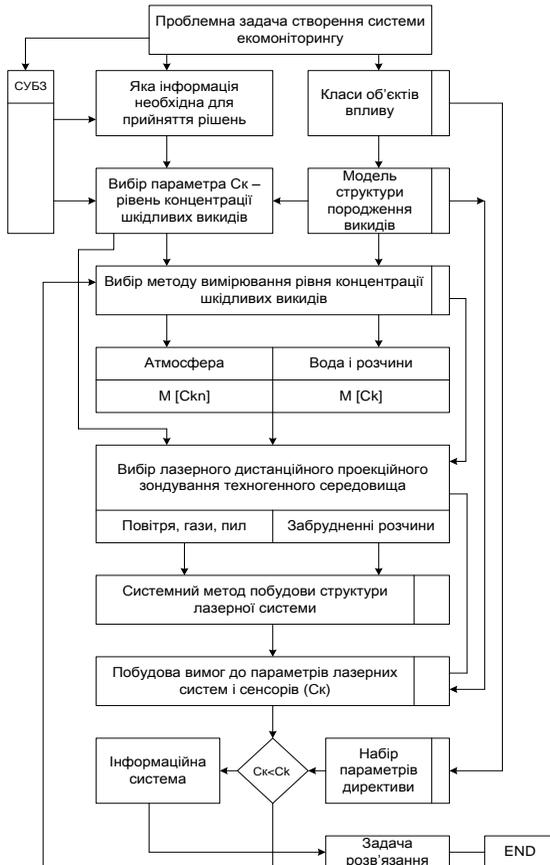


Рис.10. Структурно-функціональна модель інформаційної технології розробки лазерних сенсорів і систем

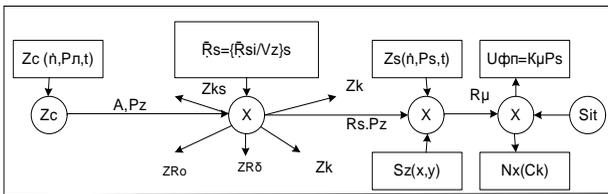
На підставі системної концепції та інформаційної технології відбору та опрацювання різномірних даних, розроблено метод представлення режимів і структури агрегатів об'єктів ТЕС на мультимедійній стіні (оперативному щиті управління) (рис. 11).

Для підвищення ефективності системи моніторингу шкідливих викидів і оцінки рівня концентрації забруднення екосередовища, обґрунтована і розроблена схема узгодження інформаційних потоків між ІАСУ і системою контролю, що необхідно для ідентифікації ситуації в об'єкті, підвищення ефективності контролю ситуації, узгодження стратегій щодо балансу «вигода рівень забруднення».



Рис. 11. Структурна схема інформаційної технології ідентифікації об'єкта

дуючого сигналу як переносника відомостей про параметри середовища об'єкта контролю» розглянуто інформаційно-енергетичну концепцію взаємодії лазерного променя з молекулярними структурами повітряного екологічного середовища та компонентами технологічного забруднення, як підстава розроблення сенсорів для екологічного моніторингу. Побудовано діаграму перетворення сигналів в процесі зондування як атмосферного, так і рідинного середовища.



Позначення на діаграмі перетворень лазерного зондуючого сигналу: \vec{n} – напрямний вектор лазерного променя, P_l –

потужність лазера, \vec{R}_s – об'ємний вектор розсіяння фронту фотонного потоку в області V_s , S_z – переріз поля розсіяння, k_μ – коефіцієнт перетворення (фотон-електричний сигнал) матриці, $P_s = \int_S W_y(x, y/t) ds$ – потужність лазерного сигналу на матриці розміром $[I_x \times I_y] = S_H$.

Проведено дослідження фізико-хімічних ефектів лазерної взаємодії (потуку фотонів) з середовищем контролю, проаналізовано їх енергетично-просторові характеристики. Розроблено структурну схему обробки різнорід-

Для достовірності контролю екосередовища необхідно щоб системна й інформаційна структура виробництва ТЕС була відображена в базі даних і знань системи моніторингу, що стало би підставою ефективної оцінки ситуації і прийняття протиаварійних заходів.

Результати досліджень, викладені у цьому розділі, опубліковано в статтях [3-5, 12-15, 18-21, 24, 26, 28-32, 38-42].

У шостому розділі «Інформаційна структура лазерного променя зон-

них даних та лазерних сигналів в системі моніторингу (рис. 12) та їх відображення на мультимедійному щиті.

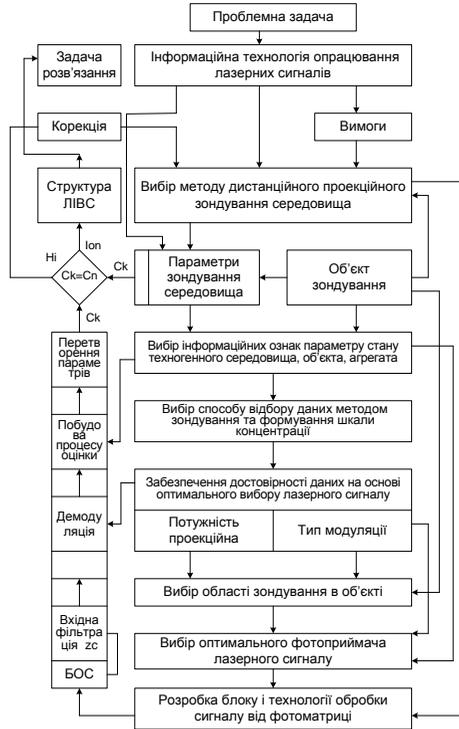


Рис. 12. Структурно-функціональна модель інформаційної технології опрацювання лазерних сигналів

Для виявлення шкідливих компонентів у продуктах згорання розроблено, на підставі аналізу технологічного процесу і структури енергоблока, схему відбору даних (рис. 13) і побудовано таблицю інформаційно-системних компонентів опису і представлення структуризації технологічного процесу.

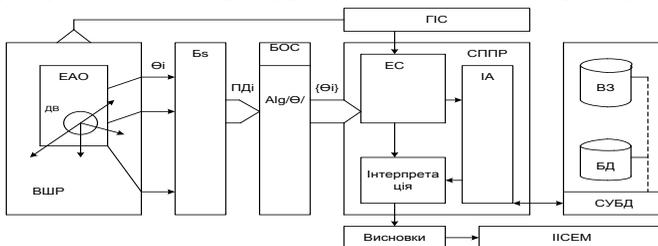


Рис. 13. Модель інформаційної технології обробки даних моніторингу

Зведена таблиця є онтологією для створення інформаційного базису системи мультимедіа для оперативного контролю в структурі ТЕС та системи моніторингу необхідна для прийняття рішень в режимі діалогу (таблиця 2).

Таблиця 2

Інформаційно-системні компоненти структуризації технологічних процесів	
Структура	Інформаційні процеси та динаміка
<ul style="list-style-type: none"> - структурні характеристики компонент; - фізико-хімічні характеристики будови компонент; - структура хімічних зв'язків в атомарних і молекулярних комплексах; - хімічні та термодинамічні процеси перетворення структури реагентів; - активізація структурних перетворень за рахунок лазерної взаємодії фотонів; - електронна структура атомів, молекул, міжатомних і молекулярних комплексів 	<ul style="list-style-type: none"> - динамічні і статистичні характеристики процесів; - електромагнітні спектральні характеристики атомів і молекул реагентів; - фізико-хімічні та термодинамічні енергетичні процеси і структурні перетворення; - інформаційні технології управління процесом хімічних реакцій; - динаміка термодинамічних коливань атомів і молекул; - оцінка параметрів хвильових функцій і орбітальної енергії молекулярних систем
Моделі структурні	Моделі динаміки

Досліджено процеси формування портрету лазерного променя (в перерізі) при проходженні через контрольоване середовище, його просторово-енергетичні й інформаційні характеристики та моделі розсіяння фотонів в досліджуваному середовищі (полі концентрації). Відповідно до кожного типу середовища розроблено категорні діаграми розсіяння потоків фотонів, наведений спосіб оцінки потужності потоку розсіяних фотонів та їх інтенсивність на підставі обробки інформаційно-енергетичних образів на матриці фотоприймача, які переносять структуру поля концентрації.

Для оцінки інтенсивності лазерного променя використані пластинчасті фотоматриці із сонячних батарей, а для дослідження динаміки розчинів в процесі реакції телекамери і цифрові апарати для запису зображень променя в реальному часі.

Проведено аналіз фізичних ефектів, які відбуваються при взаємодії лазерного променя з технологічним середовищем, що використовуються для створення сенсорів як оптогальванічних, так і лазерних (таблиця 3).

Проаналізовано методи контролю, типи технологічних приладів та класи сенсорів, які входять в структуру ІВС-АСУ енергоблока, необхідних для вимірювання режимів енергоблоків, їх переваги й недоліки, показано необхідність створення приладів на підставі нового трактування фізичних ефектів та їх інформативних характеристик для доповнення методів лабораторного контролю стану екосередовища.

Типи активізації технологічного середовища	
Термодинамічні	Лазерний ($E \times H$)
<ul style="list-style-type: none"> - високотемпературний нагрів продуктів палива і відходів згорання; - теплові коливання атомів і молекул; - інфрачервона спектроскопія процесу горіння палива; - енергія молекулярних структур в процесі термодинамічних перетворень; - динаміка атомних і молекулярних структур в неоднорідному середовищі. 	<ul style="list-style-type: none"> - лазерна накачка енергією фотонів технологічного середовища; - фотон-електронна взаємодія в атомно-газовому середовищі; - фотон-електронна взаємодія в молекулярних структурах; - фотон-електронна взаємодія в розчинах атомарних компонент; - фотон-іонна взаємодія з іонами в розчинах; - діаграми розсіяння фотонних потоків.
Параметри середовища	Фізика сенсорів
Інформаційна технологія синтезу сенсорів	

На підставі аналізу фізичних ефектів розроблено компоненти інформаційної технології синтезу оптогальванічних сенсорів з лазерною активацією для інформаційно-вимірювальних систем, які входять в структуру зовнішнього екологічного моніторингу.

Для підвищення достовірності й інформативності контролю шкідливих викидів, проаналізовано просторову структуру фракцій продуктів згорання, що необхідно для побудови моделей розсіяння потоків фотонів у середовищі. Це є підставою оцінки їх інформаційно-просторових характеристик, що необхідно для побудови методу вимірювання концентрації шкідливих компонент викидів у водне й атмосферне середовище. Побудовано моделі мікро- і макрооб'єктів на підставі використання теорії замкнених множин, діаграм та категорних діаграм n -мірних перетворень та поверхневої міри, теорії гранул і теорії просторів з покриттям.

Розглянуто моделі фотоефектів при розсіянні лазерного променя в газоподібному і водному середовищах. Обґрунтовано інформаційну структуру образів лазерного сигналу при проходженні контрольованого середовища на підставі нормативних даних про структуру продуктів згорання в котлах енергоблоків (таблиця 4) та їх вплив на екосистему.

При розробці лазерних систем необхідно враховувати розподіл часток забруднень в атмосфері, воді і розчинах у кюветах з пробамі, як в поперечному так і повздовжньому січені об'єму, що дає підставу для вивчення інформаційно-енергетичних характеристик лазерного променя при зондуванні середовища і просторової структури образів зрізів, які переносяться потоком фотонів на матрицю фотоприймача лазерної ІВС.

При аналізі структури лазерного променя, як переносника параметрів середовища (концентрації шкідливих викидів) необхідно враховувати розпо-

діл часток забруднень в атмосфері, воді і розчинах у кюветах з пробами як в поперечному, так і повздовжньому січені об'єму.

Таблиця 4

Тип	Кількість
Димові гази	$16 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$
CO_2	3098 т/год
NO_x	13760 т/год
CO, SO_2	4000 т/год, $< 1\% \text{ м}^2/\text{м}^3$
Тверді відходи	(20÷40) % від спожитого палива
Недопал O_2	(1÷6) %
Недопал С	(1÷65) %
Споживання H_2O	(20÷50) % водного ресурсу
Бурштинська ТЕС	Загальна потужність (12×200) МВт
Рідкоземельні елементи	(індій, талій і інші) $< 0.01 \text{ кг/год}$

Аналіз образів зрізів дає підставу для вивчення інформаційно-просторових характеристик середовища, які переносяться потоком фотонів на матрицю фотоприймача лазерної ІВС.

Обґрунтовано й розроблено на основі методу дистанційного зондування, структурні схеми лазерних систем для контролю повітряного і рідинного, водного і технологічного середовища та схема ефектів взаємодії потоку фотонів з полем концентрації домішок у вигляді образів інтенсивності, які спроектовані на фотоматрицю (рис. 14).

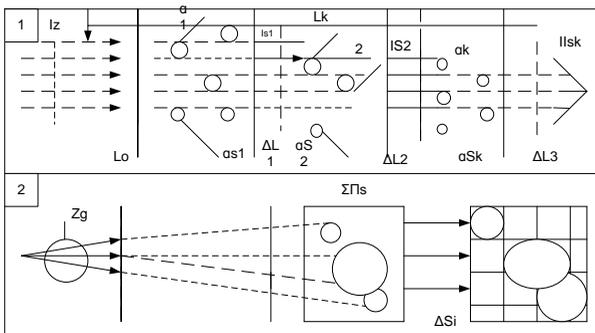


Рис. 14. Схема формування образу поля концентрації на сегментованій матриці фотоприймача

Проведено аналіз просторової структури образу лазерного зондуючого сигналу на виході кювети та її проєкцій на матрицю фотоприймача.

Матриця фотоприймача складається з n -рядків пластинчатих фотоелементів по k -елементів у рядку. Залежно від задачі контролю середовища формується структура

системи й алгоритми опрацювання даних від секторів $\{S_{ij}\}$ і елементів $\{m_{ij} / i = 1, n; j = 1, k\}$. Для оцінки рівня концентрації, в залежності від степеня розсіяних фотонів на компоненти домішок, визначається загальна потужність лазерного зондуючого сигналу на фотоматриці.

$$P_S = R_S(C_K)P_L, \quad P_S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^K P_{ij}(\Delta S), \quad U_{\Phi\Pi} = K_M P_S \quad (13)$$

де $C'_K = F(R_{S,K,t})$ – функція концентрації, $U_{\Phi\Pi} = K_{\Phi\Pi} \sum_{i=1, k=1}^{n,j} I(m_{ik})$ – напруга на виході фотоприймача, $R_{S,K}$ - коефіцієнт забруднення атмосфери., K_M - енергетичний коефіцієнт перетворення сигналу в матриці, P_S - потужність лазерного сигналу на матриці фотоприймача., P_{ij} - елементарна потужність.

Для оцінки неоднорідності поля концентрації відносно секторів $\{S_{ij}\}$ використовується різницевий алгоритм обробки даних одержаних з фотоматриці

$$\Delta U(t, C_K(R_{SK})) = U_1(t, I, S_1(C_K)) - U_2(t, I, S_2(C_K)), \quad (14)$$

де U_i – напруга на виході сектора фотоматриці, яка генерується потоком фотонів від лазера при зондуванні середовища.

Для опису $(R^3 \times T)$ образу проєкції поля концентрації в кюветі використано моделі випадкової множини та поля з ймовірнісною структурою концентрації домішок. Використання ймовірнісних моделей $(R^3 \times T)$ полів є підставою побудови поля розподілу концентрації шкідливих домішок в потоках газів, рідин і повітря та методичною основою аналізу поля концентрації.

Обґрунтовано інтеграцію методів цифрової обробки сигналів і зображень з методами стохастичної геометрії та аналоговим (фотоматриця) і цифровим відбором (відеосистема) даних, які необхідні для розробки інтерфейсу та методів розпізнавання образів поля концентрації, утворення кластерів і згустів шкідливих викидів в атмосферу і воду.

Результати досліджень, викладених у цьому розділі, опубліковано в працях [3-6, 13-15, 18-24, 30, 32, 38-40, 43-49].

У сьомому розділі «Фізико-хімічні та системні концепції побудови лазерних та оптогальванічних сенсорів для вимірювання рівня концентрації забруднень екосередовища» розроблено і обґрунтовано методи оцінки рівня забруднень екосередовища технологічними викидами енергоактивних систем та електростанцій (ТЕС) з використанням лазерного зондування.

Розглянуто метод формування шкал концентрації при лазерному зондуванні нормованих проб та проб, відібраних в процесі контролю еталонних розчинів. На підставі проведених досліджень розроблено лазерний лабораторний фотометр для дослідження динаміки реакцій в розчинах, переносний фотометр та лазерну систему 3D-контролю атмосфери ТЕС (ЛСР-2).

Обґрунтовано концепцію створення лазерних оптогальванічних сенсорів, які використовують ефекти провідності розчинів, електропотенціалу при їхній активізації потоком фотонів.

Розроблено схему лазерного диференціального методу оцінки динаміки рівня концентрації домішок та їх неоднорідності при лабораторних і еталонних вимірюваннях (в кюветах проб) та різниці потенціалів і провідності гальванічним способом (рис. 15). Позначення на схемі: $\{K_i\}$ – кювети, ГТІ – генератор тактових імпульсів струму живлення лазера, (НПЛ_i) – напівпровідникові лазери, (ФП_i) – входні фотоприймачі, (Ф_i) – фільтри сигналів, (Алг С_i) – алгоритми обробки сигналів, БОС – блоки обробки сигналів, ЕЛ_i – електроди, ЦР – цифрові прилади, $U_m = \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ – напруга гальванічної пари в розчині води (дистильованої).

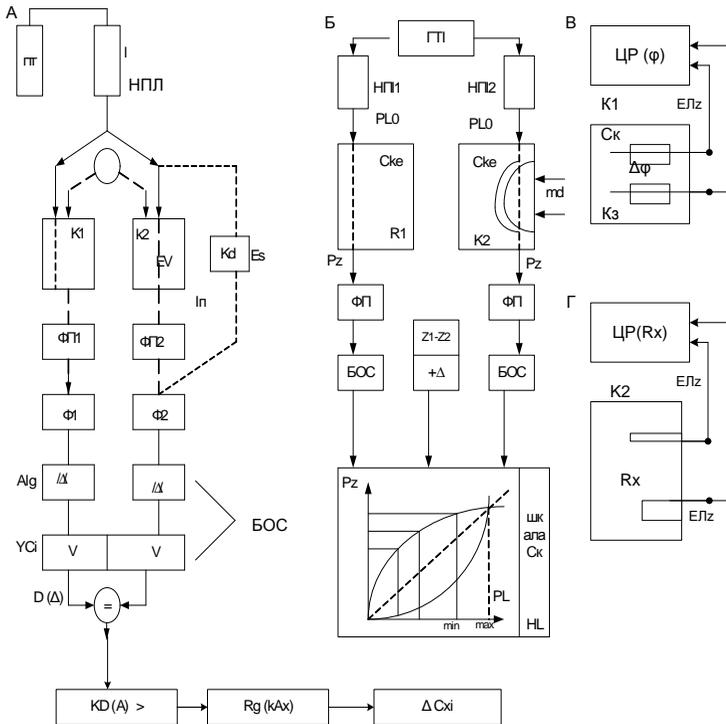


Рис. 15. Схема диференціального методу вимірювання концентрації, потенціалу та опору середовища

При контролі забрудненого домішками водного середовища значення потенціалів залежить від концентрації шкідливих викидів та типу електродів і їх місця в ряді активності. Для різнорідних електродів:

$$U_m(C_K / EM_1, EM_2) = \Delta\varphi_{1,2}(C_K) = \varphi_1(C_K / EM_1) - \varphi_2(C_K / EM_2), \quad (15)$$

при цьому функція концентрації визначається у вигляді формули зв'язку (електроди) – (концентрація)

$$C_K(\varphi_1, \varphi_2) = \frac{U_m^X - U_{mo}}{U_{\text{щ}}} \times K(\varphi \rightarrow C_K), \quad (16)$$

де U_{mo} – опорне значення напруги, $U_m^X = f(C_K^X, \varphi_1, \varphi_2)$, $K(\)$ – нормуючий коефіцієнт.

Обґрунтовано схему аналізу режиму вимірювання провідності розчину однорідними і різнохідними електродами реагентів з заданою концентрацією в прямому й оберненому включенні. Одержано комбінацію способів вимірювання наступних параметрів: ЕРС, потенціали (φ_1, φ_2) , провідність (R_X, g_X) , концентрації (C_K) . Режими вимірювання класифікуються згідно зі схемою:

1. Вимірювання опору при однорідних електродах

$$R_X = \frac{U_0}{I_X}, \quad I_X = f(C_K, \varphi_1, \varphi_2). \quad (17)$$

2. Вимірювання опору при різнохідних електродах

$$R_X = \frac{U_0 \pm \Delta\varphi}{I_A} = R_X(C_K, \varphi_1, \varphi_2). \quad (18)$$

3. Вимірювання комплексне з лазерною підсвіткою дає провідність, яка залежить від параметрів

$$g_X = \frac{1}{R_X} = f\left(C_K, \theta, \phi_1, \phi_2, P_L\right), \quad (19)$$

і має, як показали досліді, зміни напрямків траєкторій залежно від (P_L, C_K, θ) .

Проаналізовано й одержано експериментально проєкційні образи поля концентрації в перерізі до напрямку лазерного зондування з використанням методів фотозйомки: фотоапарати, цифрові апарати, відеокамери. Наведено порівняльні графіки зміни параметрів для різних водних концентрацій солі (рис. 16).

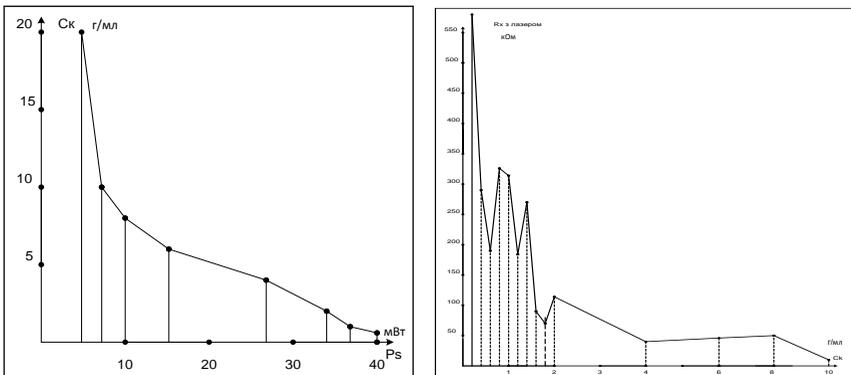


Рис. 16. Порівняльні графіки для різної концентрації солі

Результати досліджень, використані у цьому розділі, викладені у працях [25-31, 32, 36, 38-42, 43-49].

У восьмому розділі «Інтелектуалізація процесів прийняття рішень на підставі опрацювання ситуаційних даних екомоніторингу» розглянуто проблемну задачу інтелектуалізації процесів прийняття управлінських рішень на підставі опрацювання та інтерпретації ситуаційних даних екомоніторингу з використанням методів інформаційних технологій, що забезпечує мінімум шкідливих викидів і безаварійність ієрархічних енергоактивних систем в умовах дії загроз та в граничних навантаженнях при максимальній продуктивності.

Проведено аналіз проблеми управління енергоактивним об'єктом в умовах граничних режимів та рівень впливу його на екосередовище (локальне і регіональне). Комплекс методів системного аналізу, теорії ієрархічних систем, інформаційних технологій, вимірювальних технологій на підставі концепції балансу «ризик-вигода» забезпечує зменшення шкідливих викидів в екосистему згідно з оцінкою критичних концентрацій шкідливих викидів в атмосферу і водосховище (рис. 17).

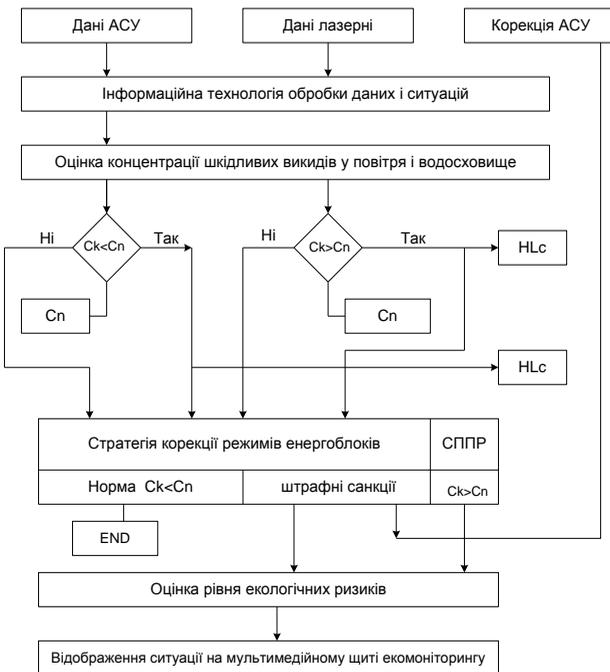


Рис. 17. Структурно-функціональна модель інформаційної технології оцінки ризиків від шкідливих викидів ТЕС

Для забезпечення процесу управління необхідно структурувати й логічно впорядкувати бази даних і знань та відповідних моделей: топології і структури цільового простору і простору станів систем, енерго-ресурсних перетворень в агрегатах блоку. На підставі інформаційної технології розроблено алгоритми відбору, опрацювання, класифікації та інші інтерпретації даних, одержані від лазерних сенсорів та ІВС, що необхідно для оцінки ситуацій, стратегій і тактик досягнення цілей, джерел збурень, завад та каналів передачі їх впливу.

Згідно з вищевикладеним будуються правила і класи висновків про ситуацію. Правило причинно-наслідкових висновків формується у вигляді логічної процедури оцінки ситуації зміни потужності і рівня викидів:

$$\left\{ \begin{array}{l} P_A \rightarrow \max_T P_n \\ P_A \rightarrow \max_{T+\Delta t} P_g \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} F_R(t, \tau) \rightarrow \frac{\max}{T + \Delta t} F_K^d \\ F_{Rick} \rightarrow F_{Rick}^A (X(t) \Omega L_A^+ \neq \emptyset) \end{array} \right\}, \quad (20)$$

де (P_A, P_n, P_g) – активна, нормативна і гранична потужності технологічного агрегатного комплексу, F_K – функція користі режиму агрегатів, F_R^d – максимально допустиме значення, F_{Rick} – функція ризику, F_{Rick}^A – ризик аварії.

Для створення систем внутрішнього і зовнішнього моніторингу екосередовища, розроблено структуру ІВС та схему контролю рівня забруднення екосередовища та обґрунтовано розподіл повноважень між виробництвом і моніторингом (рис. 18) згідно з державними нормативами для допустимого рівня концентрації забруднення продуктами ТЕС.

Обґрунтовано спосіб інтеграції лазерних і інформаційних технологій, необхідний для підвищення достовірності оцінки параметрів



Рис. 18. Структурна схема інформаційної системи та ієрархія режимів контролю рівня забруднення

для підвищення достовірності оцінки параметрів стану технологічних процесів та екологічного моніторингу, їх впливу на середовище і недопущення техногенних катастроф.

Розроблено діаграму інформаційно-системних зв'язків для оцінки факторів впливу на управляючі дії операторів АСУ, що є підставою оцінки рівня ризиків їхньої дії на процес прийняття управляючих рішень.

Розроблено діагностичну діаграму ієрархії формування шкідливих викидів продуктів та оцінки їх концентрації під впливом факторів зміни якості палива та режиму (рис. 19).

Для виявлення ризикових ситуацій розглянуто процес ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків та логічних й інформаційних факторів впливу на режим об'єкта, когнітивною системою оператора, та оцінки для виявлення

ризику ситуацій розглянуто процес ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків та логічних й інформаційних факторів впливу на режим об'єкта, когнітивною системою оператора, та оцінки для виявлення

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальну науково-прикладну проблему розроблення інформаційних технологій створення систем екологічного моніторингу техногенного середовища з використанням розроблених лазерних сенсорів, що забезпечує ефективний контроль концентрації шкідливих викидів ТЕС в екологічне середовище та атмосферу.

Отримано такі нові результати:

1. Розроблено й обґрунтовано концепцію створення інформаційної технології для побудови системи екологічного моніторингу техногенного середовища ТЕС з використанням створених лазерних сенсорів для відбору даних про рівень концентрації шкідливих викидів в атмосферу і водосховища;

2. Розроблено інформаційну технологію опрацювання даних одержаних від розроблених лазерних систем та сенсорів про стан атмосфери і водосховищ ТЕС, що забезпечує неперервний контроль концентрації шкідливих викидів в реальному часі;

3. Розроблено, на підставі теорії обробки сигналів на фоні електромагнітних й оптичних завад, засади створення лазерних систем для екологічного моніторингу та контролю повітря і водосховищ навколо технологічних енергоактивних об'єктів та обґрунтовано методи відбору даних з використанням інформаційних технологій для інтерпретації екологічної ситуації та її відображення в мультимедійній системі оперативного управління, що обумовлює ефективну візуалізацію динамічного стану екосередовища техногенних систем;

4. Розроблено метод виявлення причинно-наслідкових зв'язків активних факторів впливу на інформаційну і технологічну структури виробничої системи, які приводять до зміни режиму функціонування енергоактивних об'єктів і росту рівня концентрації шкідливих викидів в екосистему, що є підставою для розроблення структури системи моніторингу та оцінювання ризиків техногенних аварій;

5. Розроблено метод аналізу й опрацювання потоків даних, одержаних від лазерних сенсорів і систем, що є підставою виділення інформації про ситуацію, яка необхідна для прийняття рішень в граничних і аварійних режимах функціонування енергоактивних об'єктів з використанням СППР й експертної підтримки, для оцінки ризиків забруднення екосередовища;

6. Розроблено інформаційну технологію оцінювання ситуаційних даних виявлення граничних режимів енергоактивних об'єктів та рівня ризиків за рахунок врахування впливу активних факторів і когнітивних та логічних збоїв, при прийнятті оператором управлінських рішень, що приводить до росту концентрації шкідливих викидів продуктів згорання палива.

7. Метод інформаційної інтеграції з використанням діаграм Ісікави і причинно-наслідкових зв'язків між факторами збурення, що покладено в основу створення діагностичних процедур виявлення несправності агрегатів і режимів;

8. Удосконалено метод теорії дистанційного 3D-проекційного зондування для побудови фотометрів та інформаційно-вимірювальних систем з лазерними сенсорами, що є підставою відбору даних про концентрацію пилу в атмосферу та домішок в технологічних і водних розчинах;

9. Розроблено лазерну систему на підставі методу 3D-проекційного зондування, яка забезпечує контроль шкідливих викидів ТЕС у воду і повітря екосередовища (геометричній базі контролю [1÷100] метрів в діапазоні для повітря $[0 \div 100]$ мг/м³ і води $[0 \div 0,01]$ г/мл при потужності лазера 50МВт;

10. Розроблено інформаційну технологію створення системи екомоніторингу з використанням лазерних сенсорів, що забезпечує скорочення часу замірів рівня концентрації в реальному часі, порівнянні з лабораторним способом на 10-40%.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографія

1. Дурняк Б. В. , Сікора Л. С. , Лиса Н. К., Ткачук Р. Л., Яворський Б. І. Інформаційні та лазерні технології відбору потоків даних та їх когнітивна інтерпретація в автоматизованих системах управління: монографія. Львів: Українська академія друкарства, 2017. 644 с.

Список публікацій у виданнях, що входять до наукометричної бази „Index Copernicus International”,

2. Лиса Н. К., Сікора Л. С. Інформаційно-енергетична концепція створення вимірювальних систем на підставі ефекту ВКР-розсіювання фотонів. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2015. № 2. (34). С. 28-39.

3. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Драган Я. П., Яворський Б. І. Сучасні тенденції інтелектуалізації процесу управління в ієрархічних системах в умовах загроз. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2016. № 2. (36). С. 8-24.

4. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Стрепко І. Т., Федина Б. І. Інформаційні технології відбору і опрацювання даних від об'єктів з агрегатною ієрархічною структурою. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2017. №1. (37). С. 15-24.

5. Лиса Н. К. Системологічний аналіз проблеми створення інформаційних технологій інтегрованого моніторингу техногенних систем. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 2017. № 10. С. 146-150.

6. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Стрепко Т. І., Федина Б. І. Моделі резонансної взаємодії при лазерному контролі динаміки випаровування хімічних компонентів клею в процесі сушки поліграфічної продукції. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2017. №2. (38). С. 141-156.

7. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Марцишин Р. С., Дурняк Б. В. Інтеграція ситуаційних та причинно-наслідкових діаграм в категорно-функторній структурі представлення систем. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2018. № 1. С. 131-135.

8. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Дурняк Б. В. Стратегічний аналіз техногенних ризиків та інформаційні та системні компоненти проблеми створення структур екомоніторингу. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2018. № 6. С. 152-158.

Статті у наукових фахових виданнях України.

9. Сікора Л. С., Медиковский Н. А., Лыса Н. К., Марцишин Р. С., Миюшкович Ю. Г., Якимчук Б. Л. Когнитивные концепции СППР и информационные технологии формирования баз данных и знаний САПР для синтеза лазерных сенсоров. *Институт проблем моделирования в энергетике*. 2012. № 62. С. 148-156.

10. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Миюшкович Ю. Г. Аналіз проблеми оцінки інтелекту в екстремальних ситуаціях. *Институт проблем моделирования в энергетике*. 2012. № 63. С. 134-137.

11. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Миюшкович Ю. Г. Когнітивна психологія інтелекту і синтез тестів для відбору оперативного персоналу. *Моделирование та інформаційні технології*. 2012. № 63. С. 157-161.

12. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Миюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Якимчук Б. Л. Фізико-хімічні моделі та інформаційні технології формування баз даних для екологічного моніторингу шкідливих викидів ТЕС. *Институт проблем моделирования в энергетике*. 2013. № 69. С. 170-180.

13. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Миюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Якимчук Б. Л. Інформаційні технології та лазерна активація для синтезу електрохімічних сенсорів з використанням діаграм електрохімічних перетворень. *Институт проблем моделирования в энергетике*. 2013. № 66. С. 111-121.

14. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Миюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С. Інформаційно-експертна модель формування факторів забруднення техногенного середовища та аналіз фізико-хімічних ефектів для розробки сенсорів концентрації. *Моделирование та інформаційні технології*. 2013. № 67. С. 129-136.

15. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Миюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Якимчук Б. Л. Інформаційні технології побудови лазерних систем. *Институт проблем моделирования в энергетике*. 2013. № 67. С. 121-127.

16. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Мазур М. Н., Щерба Г. В., Якимчук Б. Л. Когнітивні та інтелектуальні процедури формування рішень в технічних системах на підставі предметно – орієнтованій структуризації програм навчання. *Институт проблем моделирования в энергетике*. 2013. № 68. С. 178-187.

17. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Миюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Якимчук Б. Л. Системні та інформаційні технології підтримки прийняття рішень для управління рівнем викидів продуктів згорання ТЕС. *Институт проблем моделирования в энергетике*. 2013. № 68. С. 149-162.

18. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Миюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С. Інформаційно-вимірвальні лазерні системи оцінки концентрації забруднень техногенного середовища з експертною підтримкою. *Моделирование та інформаційні технології*. 2013. № 68. С. 133-140.

19. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С. Комплексування вимірювальних і інформаційних лазерних систем для оцінки параметрів стану технологічних процесів та систем. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2013. № 30. С. 10-20.

20. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Якимчук Б. Л. Інформаційні технології відбору даних для управління технологічними об'єктами в граничних режимах навантаження. *Комп'ютерні технології друкарства*. 2013. № 30. С. 21-32.

21. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міюшкович Ю. Г., Якимчук Б. Л., Сабат В. І., Антоник М. С., Пюрко Л. І. Інформаційні технології забезпечення управлінського процесу в ієрархічних структурах. *Інститут проблем моделювання в енергетиці*. 2013. № 69. С. 188-200.

22. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Мазур М. Н., Щерба Г. В., Якимчук Б. Л. Інформаційні технології в навчальному процесі на основі концепції самоорганізації когнітивної системи особи. *Інститут проблем моделювання в енергетиці*. 2013. № 69. С. 200-209.

23. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Якимчук Б. Л. Фізико-хімічні моделі та інформаційні технології формування баз даних для екологічного моніторингу шкідливих викидів ТЕС. *Інститут проблем моделювання в енергетиці*. 2013. № 69. С. 170-179.

24. Дурняк Б. В., Сікора Л. С., Лиса Н. К., Мазур М. Н., Щерба Г. В. Моделі структуризації знань для інтелектуальної підготовки персоналу при їх роботі в надзвичайних умовах. *Моделювання та інформаційні технології*. 2013. № 69. С. 204-211.

25. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Якимчук Б. Л., Міюшкович Ю. Г. Інформаційні технології забезпечення систем контролю шкідливих викидів ТЕС в природне середовище. *Моделювання та інформаційні технології*. 2013. № 69. С. 178-187.

26. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Якимчук Б. Л., Антоник М. С., Пюрко Л. І. Інформаційні технології побудови експертних висновків при неповних даних про стан інтегрованих ієрархічних систем для антикризового управління. *Моделювання та інформаційні технології*. Вип. 69. 2013. С. 193-204.

27. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Мазур М. Н., Щерба Г. В., Якимчук Б. Л. Знаневі та логіко-математичні проблеми забезпечення інформаційної та інтелектуальної діяльності особи при формуванні цілеорієнтованих рішень на управління інфраструктурами. *Моделювання та інформаційні технології*. 2013. № 70. С. 192-198.

28. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Якимчук Б. Л. Моделі оперативних експертних висновків при неповних даних про стан інтегрованих систем для формування образів ситуацій та управляючих рішень. *Моделювання та інформаційні технології*. 2013. № 70. С. 177-192.

29. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Якимчук Б. Л., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Антоник М. С., Пюрко Л. І. Процедури побудови моделей координаційних стратегій прийняття рішень в ієрархічних системах з викори-

станням експертних знань в режимі діалогу. *Моделювання та інформаційні технології*. 2013. № 70. С. 198-209.

30. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С. Інформаційні технології та лазерна активація для синтезу електрохімічних сенсорів з використанням діаграм електрохімічних перетворень. *Інститут проблем моделювання в енергетиці*. 2014. № 70. С. 56-66.

31. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Якимчук Б. Л. Системні та інформаційні технології підтримки прийняття рішень для управління рівнем викидів продуктів згорання ТЕС. *Інститут проблем моделювання в енергетиці*. 2014. № 70. С. 66-79.

32. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Якимчук Б. Л. Термінальні та ситуаційні проблемні задачі інформаційного забезпечення опрацювання даних оператором від інформаційно-вимірювальних систем для АСУ-ТП складними об'єктами. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Інформаційні системи та мережі»*. 2014. № 783. С. 204-216.

33. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Якимчук Б. Л. Логічні і когнітивні аспекти оцінки інформаційного змісту образу ситуації в сценарії розвитку подій в технологічних системах. *Моделювання та інформаційні технології*. 2014. № 71. С. 93-108.

34. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Мазур М. Н., Щерба Г. В., Антоник М. С., Пасека М. І. Інформаційні технології побудови моделей активації процесів навчання на підставі когнітивної «Я – система» особи. *Моделювання та інформаційні технології*. 2014. № 71. С. 86-93.

35. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Якимчук Б. Л., Дурняк Б. В. Інформаційні технології для узгодження і координації людино-машинних систем оперативного управління ієрархічними системами. *Інститут проблем моделювання в енергетиці*. 2014. № 71. С. 42-54.

36. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Якимчук Б. Л., Мазур М. Н., Щерба Г. В. Інформаційні технології створення сценаріїв діалогу для інтелектуалізації процесів управління в ієрархії АСУ-ТП. *Інститут проблем моделювання в енергетиці*. 2014. № 71. С. 58-69.

37. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міюшкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Мазур М. Н., Щерба Г. В., Дурняк Б. В. Інформаційні концепції інтелектуалізації і активації процесів навчання в предметній області автоматизованого управління складними об'єктами. *Моделювання та інформаційні технології*. 2014. № 72. С. 73-84.

38. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Якимчук Б. Л., Дурняк Б. В. Методи інформаційних технологій відбору даних для формування стратегій прийняття рішень в ієрархічних системах і умовах невизначеності. *Моделювання та інформаційні технології*. 2014. № 72. С. 84-95.

39. Лиса Н. К., Сікора Л. С. Інформаційно-енергетична концепція та базові моделі активізації технологічних процесів на підставі лазерного фо-

тонного зондування. Частина 1. *Моделювання та інформаційні технології*. 2015. № 74. С. 139-148.

40. Лиса Н. К., Сікора Л. С. Інформаційно-енергетична концепція та базові моделі активізації технологічних процесів на підставі лазерного фотонного зондування. Частина 2. *Моделювання та інформаційні технології*. 2015. № 75. С. 132-143.

41. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Ткачук Р. Л. Логіко-когнітивна модель інформаційної ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків при дії активних факторів на систему. Частина 1. *Моделювання та інформаційні технології*. 2016. № 76. С. 152-165.

42. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Ткачук Р. Л. Логіко-когнітивна модель інформаційної ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків при дії активних факторів ризику на систему. Частина 2. *Моделювання та інформаційні технології*. 2016. № 76. С. 169-177.

43. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Ткачук Р. Л., Дурняк Б. В. Логічні і інформаційні фактори формування причинно-наслідкових зв'язків при оцінці динамічних термінальних ситуацій в потенційно-небезпечних енергоактивних об'єктах. *Моделювання та інформаційні технології*. 2016. № 76. С. 153-164.

44. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Яворський Б. І. Лазерна діагностика енергетичних і просторових образів динаміка процесів фізико-хімічних перетворень. *Моделювання та інформаційні технології*. 2017. № 78. С. 167-179.

45. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Яворський Б. І. Лазерна проєкційна діагностика тонкої структури просторових образів динаміки фізико-хімічних процесів. *Моделювання та інформаційні технології*. 2017. № 79. С. 144-160.

46. Лиса Н. К. Системологічний аналіз проблеми створення інформаційних технологій інтегрованого моніторингу техногенних систем. *Моделювання та інформаційні технології*. 2017. № 80. С. 115-120.

47. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Навитка М. Л. Інформаційні технології та методи прийняття рішень для контролю забруднення екологічного середовища шкідливими відходами техногенних систем. *Моделювання та інформаційні технології*. 2017. № 81. С. 147-150.

48. Лиса Н. К. Інформаційні технології для підтримки прийняття управлінських рішень в системі моніторингу стану енергоактивних техногенних об'єктів. *Моделювання та інформаційні технології*. 2017. № 81. С. 133-141.

49. Навитка М. Л., Лиса Н. К. Інформаційні технології для підтримки геоінформаційних систем контролю екологічного середовища. *Моделювання та інформаційні технології*. 2017. № 81. С. 130-133.

Матеріали конференцій, які входять до наукометричної бази Scopus

50. Martsyshyn R., Medykovsky M., Sikora L., Lysa N., Yakymchuk B. Technology of speaker recognition of multimodal interfaces automated systems under stress. *12th International Conference; The Experience of Designing and Application of Cad Systems in Microelectronics*. CADMS (Lviv, February 19-23, 2013.). Lviv, 2013. P. 447-448.

51. Sikora L., Martysyshyn R., Miyushkovych Y., Lysa N., Yakymchuk B. Problems of data perception by operators of energy – active objects stress. *13th International Conference; The Experience of Designing and Application of Cad Systems in Microelectronics*. CADMS (Lviv, February 24-27, 2015.). Lviv, 2015. P. 475-476.

52. Sikora L., Martysyshyn R., Miyushkovych Y., Lysa N. Systems approaches of providing the guaranteed functioning of technological structures on the basis of expert coordination of local strategies. *Proceedings of the international conference on computer science and information technologies*. CSIT (Lviv, 14-17 september, 2015), Lviv, 2015. P. 166-168.

53. Sikora L., Martysyshyn R., Miyushkovych Y., Lysa N. Models of Combining Measuring and Information Systems for Evaluation Condition parameters of energy – active systems. *Proceedings of the 2016 IEEE First International Conference on Data Stream Mining Processing*. (Lviv, August 23-27, 2016). Lviv, 2016. P. 290-294.

54. Sikora L., Martysyshyn R., Miyushkovych Y., Lysa N. Methods of information and system technologies diagnosis of vibrating processes. *Proceedings of the XIIIth international conference on computer science and information technologies*. CSIT (Lviv, 05-08 september, 2017), Lviv, 2017. P. 192-195.

Матеріали конференцій

55. Sikora L., Martysyshyn R., Miyushkovych Y., Lysa N., Yakymchuk B. Cognitive Concepts of Decision Support Systems and Information Technology of Databases Creating for the Laser Sensors Synthesis. *Perspective technologies and methods in MEMS design. of the VIIIth International Conferense*. MEMSTECH 2012. (Polyana, 18-21 april, 2012). Lviv, 2012. P. 184-185.

56. Сикора Л. С., Медиковський М. О., Лыса Н. К., Марцишин П. С., Миошкович Ю. Г., Якимчук Б. Л. Когнитивные концепции и информационные технологии формирования баз данных и знаний. *XIX міжнародна конференція з автоматичного управління «Автоматика-2012»*. Тези доповідей. (Київ, 26-28 вересня, 2012 р.). Київ, 2012. С. 383-384.

57. Sikora L., Martysyshyn R., Miyushkovych Y., Lysa N., Yakymchuk B. Analisis of the Problem of Intellect Evaluation Under. *Proceedings of the VIIIth international scientific and technical conference*. CSIT (Lviv, 11-16 november, 2013). Lviv, 2013. P. 145-146.

58. Sikora L., Martysyshyn R., Miyushkovych Y., Lysa N. Information Technology of Laser Sensors Development for Infralow Acoustic Signals Measurement. *Proceeding of the IXth International Conference on Perspective technologies and methods in MEMS design*. MEMSTECH 2013. (Polyana, 16-20 april 2013). Lviv, 2013. P. 93-94.

59. Сикора Л. С., Медиковський М. О., Лыса Н. К., Марцишин Р. С., Миошкович Ю. Г. Информационные технологии разработки лазерных сенсоров инфранизких акустических сигналов для диагностики технических систем. *Матеріали ХХ міжнародної конференції з автоматичного управління присвяченої 100-річчю з дня народження академіка НАНУ О.Г. Івахненка* Автоматика-2013: (Миколаїв, 25-27 вересня 2013 р.). Миколаїв, 2013. С. 347-348.

60. Sikora L., Martsyshyn R., Miyushkovych Y., Lysa N., Yakymchuk V. Technology of Decision Making Support for Managing of Combustion Emission in Thermal Power Plants. *Proceedings of the iXth international scientific and technical conference*. CSIT 2014. (Lviv, 18-22 november, 2014), Lviv. P. 89–90.

61. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міошкович Ю. Г., Марцишин Р. С. Термінальні та ситуаційні проблемні задачі інформаційного забезпечення опрацювання даних оператором від інформаційно-вимірювальних систем для АСУ-ТП складними об'єктами. *XXI міжнародна конференція з автоматичного управління*. «Автоматика-2014» (Київ, 23-27 вересня 2014 р.). Київ, 2014. С. 180-181.

62. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міошкович Ю. Г., Марцишин Р. С. Кількість даних у таблицях і реєстрограмах сигналів з погляду комп'ютики. *Праці V -ї міжнародної науково-практичної конференції «Обробка сигналів і негаусівських процесів» до 55-річчя ЧДТУ 2015*. (Черкаси, 20-22 травня 2015 р.). Черкаси, 2015. С. 57-58

63. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міошкович Ю. Г., Марцишин Р. С., Драган Я.П. Моделі комплексування вимірювальних та інформаційних систем для оцінки параметрів стану енергоактивних систем. *Праці IV науково-технічної конференції «Обчислювальні методи і системи перетворення інформації»* (Львів, 28-30 вересня 2016 р.). Львів, 2016. С. 142-144.

64. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Ткачук Р. Л. Підготовка з штучним інтелектом для роботи в швидкоплинних динамічних ситуаціях. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Пожежна та техногенна безпека. Теорія, практика, інновації»*. Львів, 2016. С. 508-510.

65. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Яворський Б. І. Лазерна діагностика енергетичних просторових образів динаміки процесів фізико-хімічних перетворень. *Праці VI-ї науково-практичної конференції «Обробка сигналів і негаусівських процесів»* (Черкаси, 24-26 травня 2017 р.). Черкаси, 2017. С. 220-223.

66. Сікора Л. С., Лиса Н. К., Міошкович Ю. Г., Марцишин Р. С. Інформаційні можливості методу лазерного зондування агрегатів технологічних енергоактивних об'єктів. *XXIV міжнародна конференція з автоматичного управління*. Автоматика-2017. (Київ, 13-15 вересня 2017 р.). Київ, 2017. С. 211-213.

67. Лиса Н. К., Сікора Л. С., Яворський Б. І. Лазерна проекційна діагностика тонкої структури просторових образів динаміки фізико-хімічних процесів. *Праці VI міжнародної практичної науково-практичної конференції*. ПКТ 2017. (Чернівці, 5-8 жовтня, 2017 р.). Чернівці, 2017. С. 160-162.

АНОТАЦІЇ

Лиса Н.К. Інформаційні технології створення систем екологічного моніторингу техногенного середовища з використанням розроблених лазерних сенсорів – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. Українська академія друкарства Міністерства освіти і науки України, Львів, 2018.

Дисертацію присвячено вирішенню актуальної науково-прикладної проблеми розробки інформаційної технології для підвищення ефективності процедури рішень щодо мінімізації шкідливих викидів в екосередовище. Обґрунтовано відбір й опрацювання нестандартних даних – метод лазерного зондування середовища та оптогальванічні фізико-хімічні ефекти, необхідні для побудови структури і засобів сенсорів відбору потоків даних систем моніторингу екосередовища енергоактивних об'єктів теплових електростанцій і техногенних об'єктів на підставі розроблення нових інформаційних технологій відбору і опрацювання різнорідних даних, їхня інтерпретація для оцінки рівня забруднення, концентрації викидів, ризиків аварій.

Розроблено метод побудови фотометрів та інформаційно-вимірювальних систем з лазерними сенсорами з використанням методу теорії дистанційного лазерного зондування об'єкта, що є підставою відбору даних про концентрацію пилу в атмосфері та домішок в технологічних і водних розчинах.

Ключові слова: засоби вимірювань, енергоблок, система моніторингу, потоки даних, відбір даних, лазерні сенсори, лазерне дистанційне зондування, когнітивні моделі, процеси прийняття рішень, ризики, концентрація шкідливих викидів, інформаційно-вимірювальна система, оптогальванічні сенсори.

Лыса Н.К. Информационные технологии создания систем экологического мониторинга техногенной среды с использованием разработанных лазерных датчиков. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. Украинская академия печати Министерства образования и науки Украины, Львов, 2018.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-прикладной проблемы разработки информационной технологии обработки и отбора данных для систем мониторинга экосреды тепловых электростанций, которые за счет продуктов сгорания топлива засоряют атмосферу, воду, почву.

Для решения задач создания систем экомониторинга разработан метод лазерного дистанционного зондирования проб воды, загрязненного воздуха,

технологических сред (дымоходы, пылепроводы, электрофильтры), который обеспечивает эффективный отбор данных.

Разработаны методы с использованием информационных технологий и лазерного зондирования, создания фотометров, концентратомеров, датчиков для отбора данных о состоянии и уровне загрязнения экосреды.

Метод лазерного зондирования применен для создания средств и информационно-измерительных систем контроля выбросов вредных веществ в атмосферу и воду, которые формируются из продуктов сгорания в котлах энергоблока вредные выбросы продуктов сгорания угля, мазута. Наиболее вредными, согласно протоколу (ES 2010/EU), являются выбросы газо- и пыле-дымовых потоков, которые влияют на здоровье людей и экосферу.

Решение проблемы контроля уровня концентрации химических и пылеобразных компонентов продуктов сгорания топлива, позволяет обеспечить эффективную защиту населения и экосферы, уменьшает уровень риска аварий.

Для решения научно-прикладной проблемы создания информационных технологий системы экомониторинга, проведены экспериментальные и теоретические исследования, подтверждающие эффективность выбранного подхода для разработки систем мониторинга. Это обеспечило техническую базу разработки лазерных и гальванических датчиков для отбора данных об уровне концентрации вредных выбросов в атмосферу и экосреду вокруг ТЭС. В работе проведен анализ проблемы разработок систем контроля, согласованных с выбором стратегии управления режимом энергоблоков, что обеспечило оптимизацию режимов сгорания топлива в энергоблоке с минимальным выбросом продуктов сгорания в атмосферу.

Сформированы задачи и показания относительно разработки новых методов лазерного контроля с использованием информационных технологий разработки комплексной системы экомониторинга среды ТЭС. Исследованный метод идентификации структур, которые в процессе функционирования генерируют выбросы вредных продуктов сгорания.

Проведен анализ существующих систем и средств мониторинга, показано что только комплексный подход обеспечивает основы создания датчиков с использованием информационных технологий и лазеров.

Рассмотрены проблемы и задачи структуризации агрегатов технологических блоков ТЭС, что необходимо для идентификации неисправностей, и может привести к росту концентрации выбросов, обобщена проблема создания новых средств отбора данных об уровне концентрации вредных выбросов. Обобщено использование метода лазерного проекционного 3D-зондирования загрязнений среды ТЭС; показано, что для эффективной работы энергоблоков с минимальными выбросами в среду, необходима координация управляющих решений с системой экомониторинга.

Разработаны лазерные концентратомеры.

Ключевые слова: средства измерений, единица, система мониторинга, потоки данных, выбор данных, лазерные сенсоры, лазерное дистанционное зондирование, когнитивные модели, процессы принятия решений, риски, концентрации вредных выбросов, информационно-измерительные системы, оптогальванические сенсоры.

Lysa N.K. Information technologies for constructing the environment monitoring systems by employing developed laser sensors. – Qualifying scientific work on the right of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of technical sciences on a speciality 05.13.06. - information technology. Ukrainian Academy of Printing of Ministry for Education and Science of Ukraine, Lviv, 2018.

The dissertation is devoted to solving the topical scientifically applied issue of developing an information technology aimed at enhancing the effectiveness of procedural solutions to minimize hazardous emissions into the anthropogenic environment. To make appropriate decisions, the following methods have been employed, viz those of system analysis, logic, expert assessment; ways and methods for evaluating the revelation of the structure hierarchic models, viz methods of the theory of hierarchic systems and category analysis.

The paper substantiates the selection and elaboration of non-trivial data – method of the anthropogenic sensine and optgalvanic physico-chemical effects necessary for creating the structure and media of selection sensor for data filowg in the monitoring system of the anthropogenic environment of power – active objects at thermal power plants and technology-generated objects based on developingnen information technologies for selection and development of heterogeneous data, their interpretation to assess the pollution level, emission concentration, disaster risk.

The keywords: means measurements, system monitoring, flows data, laser sensors, laser remote sensing, cognitive models, decision-making processes, risks, harmful emission concentration, information - measuring systems, the opto and galvanic sensors, the power unit, the selection of the data.

*Підписано до друку 27.09.2018. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк на різнографі.
Умовн. друк. арк. 2.55. Наклад 100 прим. Зам № 196/11/18.*

*Друк: Колективне підприємство «Палітурник»
79008, м. Львів, вул. Руська, 20
тел.: (032) 235-58-78*