

2. *Gonzalez R. C. Digital Image Processing, Gonzalez / R. C. Gonzalez, R.E Woods. – Addison Wesley. – 1992.*
3. *Rosenfeld A. Sequential Operations in Digital Picture Processing / A. Rosenfeld, P. Pfaltz //Journal of the Association for Computing Machinery. –Vol. 12. – 1966.*
4. *Shapiro L. Computer Vision / Linda Shapiro, George Stockman. – Prentice Hall. – 2001.*

*Поступила 7.10.2013р.*

УДК 621.3

Л.С. Сікора, д.т.н. (НУ «Львівська політехніка», м. Львів), Н.К. Лиса (ЦСД «ЕБТЕС, м. Львів), к.т.н., Б.Л. Якимчук, співшукач (ЦСД «ЕБТЕС, м. Львів), Львів, ЦСД «ЕБТЕС», Ю.Г. Міюшкович, к.т.н. (НУ «Львівська політехніка», м. Львів), Р.С. Марцишин, к.т.н. (НУ «Львівська політехніка», м. Львів)

### **ФІЗИКО – ХІМІЧНІ МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ БАЗ ДАНИХ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ТЕС**

*Анотація.* Розглянуто методи забезпечення оперативного контролю шкідливих викидів ТЕС в природне середовище.

*Анотація.* Рассмотрены методы обеспечения оперативного контроля вредных выбросов ТЕС в окружающую среду.

*Abstract.* The methods of providing operational control emissions TPP on the environment.

*Ключові слова.* Фізико-хімічні моделі, бази даних, екологічний моніторинг.

*Ключевые слова.* Физико-химические модели, базы данных, экологический мониторинг.

*Keywords.* Physico-chemical models, databases, environmental monitoring.

**Актуальність.** Аналіз створення систем моніторингу технологічного середовища.

Інтенсифікація виробництва енергоресурсів необхідних для функціонування промисловості вимагає ресурсного забезпечення, що приводить до росту рівня використання вугільного палива і відповідно до збільшення викидів продуктів згорання.

Для побудови систем моніторингу шкідливих викидів необхідно мати:

- оперативний контроль концентрації викидів для кожного енергоблоку;
- засоби оперативного контролю в граничних режимах навантаження електромережі;
- оперативну базу даних тенденцій зміни навантаження та росту концентрації викидів продуктів згорання;

- засоби експрес контролю викидів продуктів згорання по всіх хіміко-фізичних і енергетичних параметрах;
- моделі фізико-хімічних та енергетичних перетворень ресурсних потоків палива, повітря, води які задіяні в генерації теплової енергії і її перетворення в кінетичну енергію турбіни і електромагнітну генератора.

Для цього необхідно розв'язати ряд задач побудови системи моніторингу системи СППР для оперативного прийняття рішень в режимі координаційного діалогового управління.

Аналіз існуючих засобів ІВС показав, що класичних вимірвальних сенсорів недостатньо для ефективного оперативного контролю концентрації викидів, тому необхідно використовувати лазерні і інформаційні технології.

### ***1. Джерела техногенних забруднень від енергоактивних об'єктів.***

Інтенсифікація виробництва продукції нафтохімічних, промислових і енергетичних підприємств та старіння обладнання головних технологічних і енергетичних об'єктів призводить до зростання викидів у повітря токсичних і пиловидних речовин. Відповідно внаслідок кругообігу в екосистему ці хімічні сполуки потрапляють в ґрунт і воду спричиняючи їх забруднення. Другим за важливістю джерелом після інтенсифікації виробництва є скиди технологічних вод у водойми і річки з електростанцій та хімічних і будівельних підприємств промисловості. Одним з найпотужних джерел викидів в екосистему після доцільно вважати теплові електростанції, які забруднюють воду і повітря навколишнього середовища.

Оскільки зміни режимів навантаження та термінальних циклів ремонтних робіт мають сезонний характер, режими енергоблоків за навантаженням також змінюються від 25,0 до 100% номінально допустимого згідно з нормативами експлуатації. Для блоків, що відпрацювали свій ресурс, після капітального або поточного ремонту встановлюються нормативно-допустимі граничні режими навантаження (80% - 90%)- $P_{max}$ , за потужністю, перевищення яких призводить до аварійної ситуації або втрати стійкості енергосистеми. Як показали, дослідження проведені на Бурштинській ТЕС, рівні викидів в атмосферу навколишнього середовища зростають нелінійно при переході в режим навантаження (70-95%)  $P_{max}$  як хімічних речовин, газів, так і пилоподібних часток. Відповідно до ситуації зростають вимоги до засобів оперативного контролю концентрації шкідливих викидів в атмосферу і водосховища. Для побудови таких засобів необхідно системно проаналізувати структуру і режими блоків ТЕС, побудувати моделі енергетичних перетворень, як основу побудови інформаційних технологій моніторингу.

Оптимізація рівня викидів можлива, якщо правильно (ефективно) розподілити навантаження на паралельно працюючі агрегати, але при цьому необхідно врахувати ймовірність зростання витрат палива. Тобто виникає конфліктна ситуація балансу витрат паливних ресурсів при їх неефективному розподілі між котлами енергоблоків для забезпечення енергопотоків у мережі

та мінімізація викидів при оптимальному енергоекономному навантаженні енергоблоків при їх функціонуванні в різні пори року.

Для розв'язання задач оптимального управління енергоблоками в граничних режимах навантаження потрібно мати додаткові відомості про екологічний стан навколо ТЕС, які можна одержати на основі лабораторних методів та спеціальних засобів вимірювання, що не завжди доступні та вимагають значних затрат часу на вимірвальні експерименти. Наявність екологічних даних, які б забезпечували доповнення інформації від автоматизованих систем управління технологічним процесом (АСУ-ТП) та характеризували фактори впливу, допомогло б оперативно-управлінському персоналу правильно формувати стратегії керування енергоблоками для забезпечення виконання добових режимів навантаження та мінімізації шкідливих викидів.

Побудова моделі техногенного впливу енергоактивних об'єктів на екологію навколишнього середовища ґрунтується на інформаційних технологіях відбору даних про рівень концентрації пилу. Для оцінки необхідного інформаційного та апаратного забезпечення моніторингу навколишнього середовища слід побудувати моделі структури і динаміки об'єктів, які генерують шкідливі викиди в процесі функціонування на основі системних та інформаційних технологій. Такі моделі мають ієрархічну структуру і включають страти:

- агрегатів і механізмів для фізико-хімічних і енергетичних перетворень;
- транспортних агрегатів первинних ресурсів;
- енергоблоки у складі котли, турбіни, генератори – високовольтні трансформатори;
- систем водопостачання і водовідведення;
- систем постачання паливних ресурсів;
- систем відведення продуктів згорання;
- систем фільтрів продуктів згорання для зменшення викидів хімічних та механічних грубо- і дрібнодисперсних речовин;
- систем водопідготовки для подачі води в котлоагрегатах з ціллю генерації пари з заданими параметрами, необхідними для функціонування турбін.

Відповідно до цих вимог розроблено ієрархічну структурну модель ТЕС (рис. 1), де відображено перетворення паливних ресурсів у енергетичні з використанням ресурсів води як основи процесу перетворення, що є переносником теплової енергії палива в процесі згорання, в кінетичну енергію турбіни, яка передається в генератор і перетворюється в електричну. Відображено також канали і сенсори відбору даних про стан агрегатів енергоблока і визначено критичні області їх відбору.

Розглянемо канали і фактори впливу на екосистему навколишнього середовища відповідно до схеми функціонування ТЕС і формування джерел шкідливих викидів. Структурні схеми з відповідною ієрархічною

організацією є основою створення мультимедійних систем для оперативного відображення способу функціонування ТЕС, оцінки ситуацій в агрегатах і загалом в енергосистемі. Вони показують зони контрольованості технологічного процесу та допомагають виявити області, для оцінки стану яких необхідні експертні знання, додаткові вимірювальні засоби з метрологічним забезпеченням та належна їх інтерпретація й моделі процедур класифікації та прийняття рішень на основі опрацювання комплексу даних від операторів, систем АСУ-ТП та експертів.

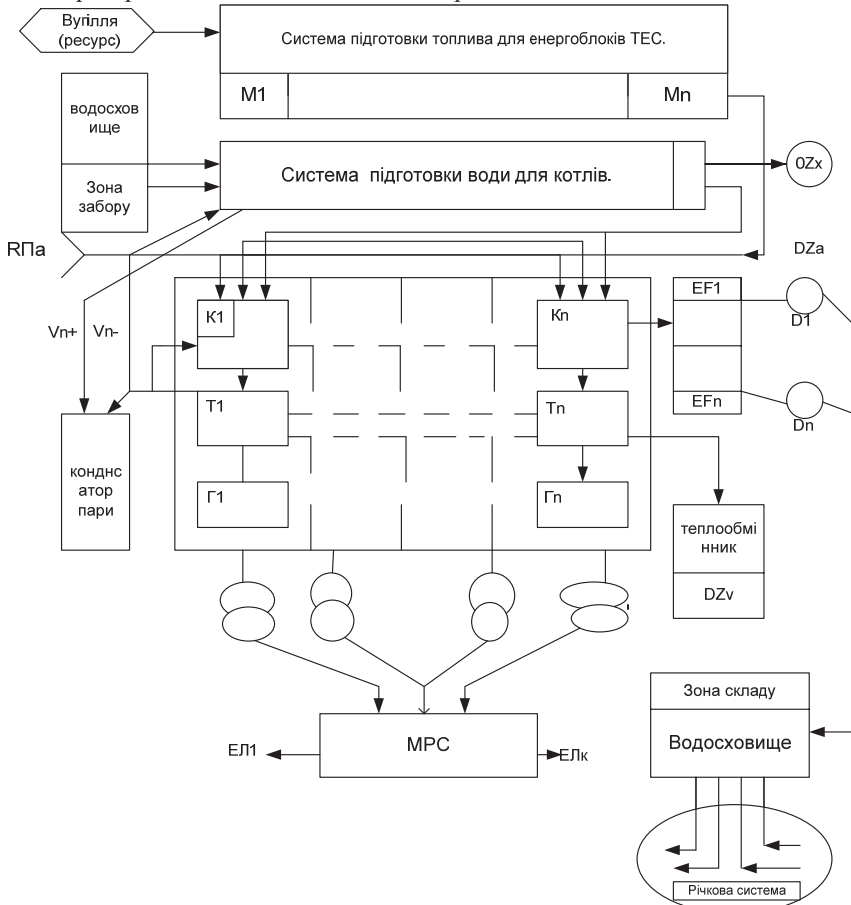


Рис 1. Схема формування джерел шкідливих викидів в екосистему:  
 OZx – джерело забруднень хімічних викидів з системи водо підготовки; DZa – джерело забруднень атмосфери з продуктів згорання; DZv – джерело забруднень продуктами корозії в системах теплообміну; K1, T1, Г1 – енергоблок (котел, турбіна, генератор); RPa – ресурс атмосферного повітря; M1 – млин вугілля, EЛ1 – електролінії; MPC – мережева розподільча система

## 2. Схема процесу формування викидів.

Для аналізу процесу формування шкідливих викидів розглянемо схему (рис. 2) впливу ТЕС на екосистему, яка має ієрархічну структуру, що включає:

- на нижньому рівні ТЕС з системою потоків паливних ресурсів, водних і повітряних, необхідних для функціонування енергоблоків;
- екосистему в складі ґрунтової, водної та атмосферної компонент, на які впливають енергія сонця та продукти шкідливих викидів;
- зони взаємодії ТЕС з екосистемою та канали впливу на атмосферу, водоймища, ґрунти.

Для прикладу взято схему впливу на екосистему навколишнього середовища теплової електростанції, яка для функціонування використовує ресурси паливні – TR, повітряні – PR, водні – VR, а також НВ – напрям вітру.

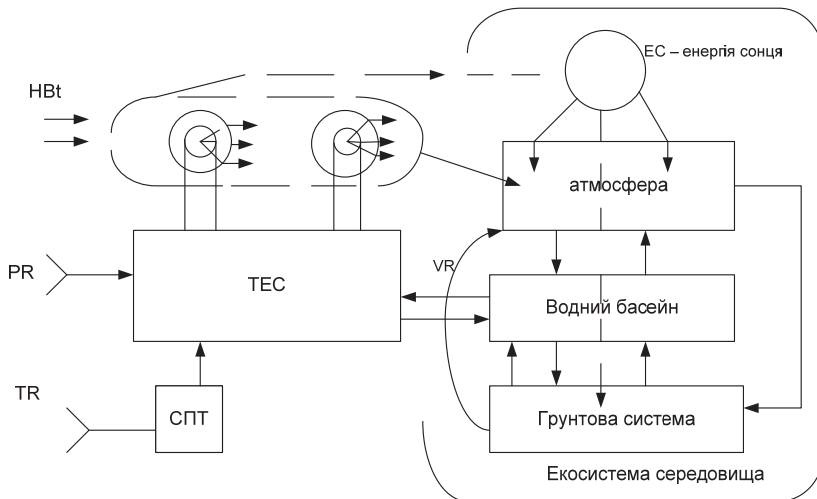


Рис. 2. Схема впливу ТЕС на екосистему середовища

Як показано на схемі (рис. 2) формуються моделі потоків ресурсів і шкідливих викидів в атмосферу і водоймища середовища ТЕС.

- 1) Потік вуглецю в атмосферу з продуктами згорання енергоблока ТЕС

$$V(CO, CO_2, t) = K_p \int \left( \prod_E^n, \prod_{II}^n \right) g_{II}(t_i, T_d)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт ефективності спалювання,  $\prod_E^n, \prod_{II}^n$  – нормативні потоки вугілля і генерованої потужності,  $g_{II}$  – графік плану добового навантаження,  $T_d$  – ТЕС;

- 2) Потік вуглецю з атмосфери у фітомасу

$$V_{ap} = \alpha_{ap} f_{ap}(C_K, T, P_V, t),$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт калібрування моделі,  $C_K$  – концентрація атмосферного вуглецю,  $T$  – температура,  $P_V$  – кількість опадів.

3) Потік вуглецю з фітомаси підстилки у водосховище

$$V_{pl} = \alpha_{pl} f_{pl}(X_p, t)$$

де  $X_p$  – об'єм водних ресурсів фітомаси з розчиненим вуглецем і шкідливими компонентами

$$X_p = \Psi_x(V_{m\theta}, C_k(CO, CO_2), V_{so}(t_i))$$

де  $C_k$  – концентрація вуглецю,  $V_{m\theta}$  – об'єм інших компонентів викидів,  $V_{so}(t_i)$  – об'єм опадів сезонний.

4) Потік вуглецю з підстилки в ґрунт і ґрунтові води

$$V_{is} = \alpha_{is} f_{is}(V_{la}, X_l, t)$$

де  $V_{la}$  – потік вуглецю в ґрунтові води.

5) Потік вуглецю від концентрації вуглекислого газу в атмосфері

$$f_c = 1 + Z\beta \ln\left(\frac{C}{350}\right)$$

де  $(Z, \beta)$  – фактори поглинання екосистеми середовища ТЕС.

6) Регіональна модель кругообігу вуглецю для  $i$ - того регіону

$$\frac{dX_r}{dt} = F_r(X_r, V_r, \gamma_r, t)$$

де  $X_r$  – матриця потоку вуглецю в атмосфері,  $F_r$  – матриця-стовпець нелінійних функцій,  $V_r$  – матриця-стовпець потоків вуглецю,  $\gamma_r$  – фактори сторонніх впливів.

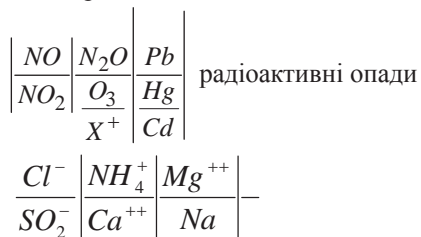
### ***3. Екологічна експертиза стану середовища навколо теплових електростанцій.***

Основним завданням екологічної експертизи є: визначення ступеня ризику й безпеки промислової діяльності, організація програми експертної оцінки об'єктів промислового виробництва, встановлення відповідності об'єктів вимогам екологічного законодавства, експертиза якості природних ресурсів, формування балансу критеріїв якості щодо екологічної безпеки об'єктів і середовища, оцінка негативного впливу виробничих і комунальних структур на екологію середовища, експертна оцінка програм впровадження нової техніки.

Моніторинг атмосферного повітря необхідний для виявлення дії забруднювачів та їх вплив на: корозію конструкцій, ерозію земельних ресурсів, вплив на здоров'я людей, вплив на рослинний світ і екосередовище, забруднення води, забруднення харчових продуктів.

Проблеми моніторингу в задачах відбору даних про стан екосистеми:

- ідентифікація джерел та каналів впливу на екологічне середовище (промислових, побутових, природних) на основі відбору проб;
- засоби відбору даних і їх точність, об'єктивність, вірогідність відносно цільових задач;
- інформаційні технології опрацювання даних та інтерпретації змісту екологічних ситуацій;
- класифікація ситуаційна на основі експертних оцінок з використанням баз даних, знань і експертних систем у структурі СППР;
- створення систем управління і зберігання даних (СХД, ЦОДІ);
- формування первинних і вторинних стандартів відносно критеріїв якості й хімічних забруднювачів ( $SO_2, NO_2, CO, O_3, Pb$ ) та відбору проб на активні іони  $\langle SO_4^-, Cl^-, NH_4^+, NO_3^-, Ca^{++}, Mg^{++}, K^+ \rangle$ , а також компоненти радіоактивних опадів.



Здійснено моніторинг інструментарієм є: відбір проб води, повітря, сполук, методика фізико-хімічного аналізу та опрацювання даних, апаратура для фізико-хімічного аналізу, системна інтерпретація результатів.

Результати моніторингу становлять базу одержання даних і відомостей про компоненти впливу і їх рівень: первинні дані від сенсорів і ПК, дані про фізико-хімічний склад забруднювальних речовин, оцінка рівня й ступеня небезпечності впливу забруднення на екосередовище, оцінка складу та обсягу викидів забруднень.

Забруднювачами повітря виступають:

- газоподібні неорганічні речовини  $\langle SO_2, H_2S, NO_2, Cl_2, CO, SiF \rangle$ ;
- мінеральні кислоти  $\langle HCl, HF, H_2SO_4, HNO_3 \rangle$ ;
- радіонукліди (стронцій, цезій, йод, плутоній, радій);
- прості органічні речовини (формальдегід, бензопірен тощо).

В Україні чинний документ РД 52.04.186-86 «Руководство по загрязнению атмосферы», який регламентує:

- організацію спостережень на регіональному і місцевому рівнях;
- методичне й метрологічне забезпечення;
- методики хімічного аналізу концентрацій шкідливих речовин в атмосфері;

- методи збору, обробки та статистичного аналізу результатів спостережень;
- програми робіт з екомоніторингу;
- кількісний і якісний аналізи та передача інформації відповідним органам
- (при виявленні критичних показників параметрів повітря - токсичних речовин, концентрації пилу, інформація негайно передається органам моніторингу атмосферного повітря та владним структурам);
- надзвичайні ситуації (повені, катастрофи на підприємствах, аварії на об'єктах господарювання).

#### ***4. Моніторинг вод.***

Вода є важливим життєвим і технологічним ресурсом природного походження. Безпечна, вона виступає істотнішим ресурсом для життя, промислового і сільськогосподарського розвитку, і тому необхідне ефективне управління споживанням водного ресурсу на основі моніторингу стану води в структурі ресурсів регіону. Як ланка природного кругообігу поділяється згідно з джерелами ресурсу на: водні ресурси: поверхневі, підземні (в товщах гірських порід), морські (моря й океани). Водним об'єктом є сформований природою або створений штучно об'єкт -струмки, болота, річки, підземні джерела, водосховища, моря.

Для теплових електростанцій і соціального сектору класифікуємо типи водокористування: спеціальне, неспеціальне, загальне.

Екологічний стан – це вираження якості структури та функціонування водних систем. Він враховує: фізико-хімічну структуру води, характеристики і параметри її потоку, хімічний стан і рівень забруднення. Стандарт якості води – сукупність показників якості води, які не можна перевищувати заради здоров'я людей і стану екосистеми (граничні норми, при виході за межі яких відбувається структурна руйнація системи). Класи якості води за інтегральною забрудненістю визначаються на основі правових норм «Водного кодексу» (в Німеччині – 7 класів). Системи моніторингу води класифікуються відповідно до типу води: природні, стічні, солоні.

#### ***5. Державний екологічний моніторинг навколишнього середовища енергоактивних систем як засіб попередження аварій.***

Об'єктами, відповідно, є виступають поверхневі води (водойми, озера), водотоки (річки, струмки, ріки), штучні водойми (водосховища, ставки, канали), підземні водні джерела, внутрішні морські води, джерела забруднених вод з корисних копалин, технологічні водойми й зворотні води. При державному моніторингу вод визначаються переліки пріоритетних показників стану водних об'єктів та факторів негативного впливу. Виділяють види моніторингу вод: фоновий – здійснюється на водних об'єктах з мінімальним навантаженням; загальний – в державній мережі пунктів спостереження; кризовий - відбувається в зонах ризику та аварій.



Оснoву стратегії і політики моніторингу небезпечних відходів становить державний підхід до проблеми охорони довкілля і здоров'я населення. Для їх розробки необхідні відповідні керівні принципи моніторингу небезпечних відходів та належне інформаційне, програмне і апаратне забезпечення. Ці засоби є основою ідентифікації хімічних елементів, оскільки дають змогу визначити склад і концентрацію елементів і хімічних сполук, які взаємодіють з природними екосистемами та виводять їх з режиму екологічної стійкості.

Важливою функцією управління екосистемами є: зменшення ризику надзвичайних ситуацій (НС), забезпечення безаварійності технологічних об'єктів у структурі екосистеми регіону, мінімізація використання в промисловості й агро системах токсичних хімікалій, оцінка, класифікація і маркування **хімікалій** та їх компонент, інформаційна оцінка при відборі й обробці даних про компонентний склад і концентрацію хімічних елементів в екологічних системах і промислових зонах, ефективне управління і контроль за джерелами забруднень, їх утилізація і збереження у відповідних умовах. Для якісного моніторингу ґрунтових вод необхідно дати оцінку геологічній, геофізичній, технологічній інформації про стан і динаміку екосистеми, виявити джерела забруднень. Відповідно до сформульованих задач формується наукове, проектне і технологічне проектування, проводиться відбір методик контролю, сенсорів, комплексне апаратне й програмне забезпечення.

Стаття 29 Закону України «Про відходи» регламентує процедуру здійснення моніторингу місць утворення, зберігання та видалення відходів з метою: визначення та прогнозування впливу відходів на екосистему, своєчасного виявлення негативних наслідків, відвернення НС, аварій та екокатастроф, постійного контролю нормативних гранично допустимих навантажень промисловістю екосистем, вироблення критеріїв якості систем моніторингу на основі контролю інтегральної концентрації викидів, установлення рівня шкідливого впливу і лімітів викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря і воду, складання звітів про проведення інвентаризації викидів забруднювальних речовин на підприємствах, формування загальних санітарно-гігієнічних вимог до розміщення підприємств і виробничих приміщень.

**Нормативними документами України щодо екології** сьогодні визнано:

- ГОСТ 8.563.96 ГСІ «Методика виконання вимірювань».
- ДСТУ 3041-95 «Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Використання і охорона води. Терміни та визначення».
- РД 1.01.808.7.3.-88 «Методика лабораторного контролю якості вимірювання стічних вод».
- ДСТУ 3980-2000 «ґрунти. Фізико-хімія ґрунтів».

- МУ 1424-76 «Гранично допустимі концентрації хімічних речовин в ґрунті».

***Міжнародні стандарти забезпечення екологічного контролю:***

- ISO-1400196 «Системи управління навколишнім середовищем».
- ISO-3435 «Статистика».
- ISO-5725 «Точність методів аналізу».
- ISO-3696 «Вода для лабораторного аналізу».
- ISO-5664 «Якість води».
- ISO-5667 «Відбір проб».
- ISO-7890.3 «Спектрометричний метод».
- ISO-8466 «Калібрування і оцінка аналітичних методів».

З урахуванням до законодавчої бази повинен виконуватись контроль:

- параметрів навколишнього середовища техногенної екосистеми державними службами;
- викидів і відходів шкідливих речовин, які формуються в ході технологічного процесу службами АСУ-ТП та екологічного відділу.

***Висновок.*** Розглянуто підходи до побудови оперативного моніторингу шкідливих викидів на основі технологій СППР і лазерного зондування.

1. *Сікора Л.С.* Лазерний контроль якості трансформаторних олиф на основі ефекту вимушеного розсіяння лазерного променя / Л.С. Сікора, Н.К. Лиса // ЗНП, Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2008. – Вип. 47. – С.74-81.
2. *Сікора Л.С.* Комплексування інформаційно-вимірювальних систем, СППР та моделей експертних знань для оперативної підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій на потенційно - небезпечних об'єктах / Л.С. Сікора, Н.К. Лиса, Ю.Г. Міюшкович // ЗНП, Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2009. – Вип. 52. – С.166-175.
3. *Сікора Л.С.* Моделі комплексування вимірювальних і інформаційних лазерних систем для оцінки параметрів стану технологічних процесів та середовища в граничних режимах управління / П.Й. Омеляновський, Л.С. Сікора, Н.К. Лиса // ЗНП, Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2009. – Вип. 53. – С.201-209.
4. *Лиса Н.К.* Моделі обробки даних для експертних висновків про стан і динамічну ситуацію в технічних системах / Н.К. Лиса, Л.С. Сікора // ЗНП, Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2009. – Вип. 53. – С.169-177.
5. *Сікора Л.С.* Ваговий метод калібрування лазерних балансних концентратомірів для наповнення бази даних з швидким доступом в АСУ-ТП енергоблоком / Л.С. Сікора, Р.М. Владика, Ю.Г. Міюшкович, Н.К. Лиса // ЗНП, Інститут проблем моделювання в енергетиці. – 2010. – Вип. 55. – С.174-181.
6. *Афанасьев В.А.* Оптические измерения / В.А. Афанасьев. – М.: Высш.школа, 1981. – 229 с.
7. *Афифи А.* Статистический анализ, подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

*Поступила 11.9.2013р.*