

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»

НОГА АНДРІАН ЮРІЙОВИЧ

УДК 004.9:629.7.01

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ
ЕНЕРГОАКТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ**

05.13.06 – інформаційні технології

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Національному університеті «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

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

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, доцент
Рак Тарас Євгенович,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
Державної служби України з надзвичайних ситуацій,
проректор з науково-дослідної роботи,

кандидат технічних наук, доцент
Тітова Віра Юріївна,
Хмельницький національний університет,
доцент кафедри системного програмування

Захист відбудеться «04» вересня 2015 р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д35.052.14 у Національному університеті «Львівська політехніка»

за адресою: 79013, м. Львів, вул. Степана Бандери, 28а, ауд. 807, V навч. корп.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1.

Автореферат розісланий « » _____ 2015 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

к.т.н., доцент

А.С.Батюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Стрімкий розвиток сучасного виробництва електроенергії, ріст її споживання, який характеризується неоднорідністю і стохастичним характером потоків енергії, тижневими і сезонними циклами, ускладнює задачі диспетчерського управління енергоблоками теплової електростанції.

Прийняття оператором рішень на вироблення керуючих дій щодо режиму функціонування енергоблоків характеризується високим інтелектуальним і психологічним навантаженням, що нерідко зумовлює стрес і як наслідок – втрату ефективності управління енергоблоком.

Різним сторонам в дослідженні задачі управління енергоблоками присвячені праці вітчизняних і зарубіжних вчених. Дослідженням процесів генерації електроенергії і управління присвячені праці: Гарднера Н. Ф., Пухова Г. Е., Івахненка О. І., Глушкова В. Н., Павлова В. В., Голембо Е. Б., Веннікова В. А. та інших. Новим концепціям управління енергоблоками присвячені праці: Сергієнка І. В., Згуровського Н. З., Боюна В. П., Кунцевича В. П. Проблеми інтелектуалізації управління: Безрука В. М. В теорії побудови експертних систем, їх логіко-математичному та алгоритмічно-програмному забезпеченню присвячені праці Наумова А. Н., Калініченка Л. А., Нейлора К., Форсайта Р., Чечваріна М. В., Левіна Р., Таусенда К., Ларічева О. І., Попова Є. В., Уотермана Д., Гаврилової Т.

Якісне розв'язання задачі стійкого управління енергоблоками вимагає наявності комплексних знань про структуру і динаміку поведінки об'єкта, про процедури синтезу стратегій цільового управління та їх корекцію при зміні ситуації через дію загроз. Тому важливим питанням в системі керування енергоблоками є дослідження усіх сторін функціонування енергоблоків (структурної організації, динаміки потоків енергії, управління в нормальних і граничних умовах). А застосувати отримані результати можна при наявності впорядкованої бази знань про режими роботи, нормативних даних, динаміки управління тепловою електростанцією (ТЕС), наявності інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень.

Система контролю шкідливих викидів в атмосферу продуктів згорання палива включена в кільцеву ланку інформаційно-вимірювальної та управляючої структури (електростанції, нафтопереробного заводу, великого поліграфічного або хімічного виробництва). Так, як екологічні нормативи моніторингу задаються державними стандартами, то є необхідність їх постійного контролю.

Результати аналізу структури систем управління енергоблоками в граничних режимах підтверджують необхідність цілеспрямованого моделювання граничних режимів, прогнозу динаміки розвитку ситуацій, тренування оперативного персоналу, з метою розроблення систем підтримки прийняття рішень для підвищення ефективності управління. Тому задача створення інформаційної технології контролю шкідливих викидів в енергоактивних об'єктах є актуальною науковою задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами. Дисертаційна робота виконувалася у науково-дослідних роботах фінансованих Міністерством освіти і науки України «Інструментальні засоби та інтелектуальні компоненти синтезу інтегрованих автоматизованих систем управління»

№ держреєстрації 011u00186 (автор розробив метод формування управлінських рішень завдяки відбору інформації про компоненти продуктів згорання вугільного пилу, модель відбору, передачі та опрацювання даних, в умовах потужних електромагнітних завад, про хімічний склад продуктів згорання в умовах агресивного середовища димоходів на вході електрофільтрів, модель управління граничними режимами енергоблоку).

Мета і задачі дослідження. Підвищення ефективності управління енергоблоками в умовах граничних режимів функціонування, шляхом розроблення інформаційної технології відбору даних на основі аналізу динаміки згорання вугілля в енергоблоках.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої у роботі мети необхідно розв'язати такі задачі:

- провести аналіз існуючих моделей, методів та засобів управління енергоактивними об'єктами;
- розробити метод формування управлінських рішень з врахуванням інформації про компоненти продуктів згорання вугільного пилу;
- розробити інформаційну модель відбору, передачі та опрацювання даних з врахуванням впливу потужних електромагнітних завад в умовах агресивного середовища димоходів на вході електрофільтрів;
- розробити когнітивну модель поведінки особи-оператора та модель управління граничними режимами енергоблоку з врахуванням причинно-наслідкових зв'язків про хімічний склад продуктів згорання;
- розробити засоби інформаційної технології контролю шкідливих викидів продуктів згорання вугілля.

Об'єктом дослідження є процеси відбору, передачі та опрацювання даних для контролю шкідливих викидів енергоблоку теплової електростанції, з використанням даних про рівень концентрації продуктів згорання і їх хімічних компонент.

Предметом дослідження є метод, моделі та засоби опрацювання даних про рівень шкідливих викидів в енергоактивних об'єктах.

Методи дослідження. Математичні методи моделювання динаміки спалювання вугільного пилу, теорія нечітких множин для оцінки параметрів вугільного палива, теорія алгоритмів, теорія експертних систем для задач прийняття рішень в умовах невизначеності, математична логіка в процедурах синтезу стратегій, методи математичної статистики та обробки даних параметрів ресурсних потоків.

При цьому отримано такі результати:

- *вперше* розроблено метод формування управлінських рішень, який завдяки відбору інформації про компоненти продуктів згорання вугільного пилу, дає змогу підвищити ефективність керування енергоблоком в граничних режимах;
- *одержала подальший розвиток* когнітивна модель поведінки особи-оператора управління енергоблоком, яка на відміну від існуючих враховує нові причинно-наслідкові зв'язки та фактори і дає змогу більш адекватно оцінити ситуацію та недопустити аварію енергоблоку;

- *удосконалено* інформаційну модель підвищення точності відбору, передачі та опрацювання даних про хімічний склад продуктів згорання на вході електрофільтрів, в умовах потужних електромагнітних завад;
- *удосконалено* модель управління граничними режимами енергоблоку, яка дає змогу підвищити ефективність керування, шляхом додавання нових причинно-наслідкових зв'язків.

Практична цінність розроблених методу, моделей та засобів інформаційної технології контролю шкідливих викидів продуктів згорання полягає в тому, що з їх використанням:

- розроблено алгоритм тестування оператора в граничних умовах з врахуванням його адаптації до стресової ситуації, що дало можливість зменшити ймовірність появи аварійного стану котла енергоблоку за рахунок прийняття правильних рішень;
- розроблено програмні засоби збору та опрацювання даних про склад продуктів згорання вугілля для Бурштинського енергоострова, що забезпечило достовірність контролю шкідливих викидів;
- розроблено структуру інформаційної технології контролю шкідливих викидів продуктів згорання в атмосферу від енергоблоку, що забезпечило контроль рівня шкідливих викидів.

Ступінь обґрунтованості та достовірності сформульованих у дисертації наукових положень, висновків, результатів. Наукові положення, висновки що містяться в дисертації є достовірними, обґрунтованими, оскільки відповідають теоретичним засадам і узгоджуються з даними науково-технічної літератури і підтверджуються результатами виробничих експериментів на впроваджених апаратних і програмних компонентах.

Особистий вклад здобувача. Усі наукові результати, подані у дисертації, одержані здобувачем особисто. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, внесок здобувача такий: [1] – модель відбору, передачі та опрацювання даних; [3] – модель управління граничними режимами енергоблоку; [8] – модель оцінки ефективності діяльності оператора на основі теоретико-ймовірнісної концепції синтезу процедур тестування; [9] – оперативне управління в ієрархічно-структурованих системах та вибір стратегій ціле орієнтованих дій в умовах загроз; [10] – виділення психологічних характеристик оператора; [4] – алгоритм класифікації динамічних ситуацій в інтелектуальних системах управління; [5] – модель динаміки ресурсів в енергоактивних блоках; [6] – правила вибору пріоритетів при прийнятті рішень; [7] – метод формування управлінських рішень; [13] – формування методів самонавчання; [11] – логіко-математична модель мислення оператора; [14] – когнітивний підхід для адаптації оператора; [12] – алгоритмічна модель рангового класифікатора; [2] – структурна схема і алгоритм тестування оператора в умовах надзвичайних ситуацій; [15] – адаптація оператора у стресових ситуаціях при аварійних режимах енергоблоків.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові результати та положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на міжнародних та національних конференціях: Міжнародній конференції CADSM-2013; Львів-Поляна 2013, Міжнародній конференції MEMTECH'2012, Львів-Поляна -2012.

Публікації. Основні результати роботи відображені у 15 опублікованих працях, в тому числі 11 статей у фахових виданнях, 2 – в збірниках праць конференцій, 1 – препринт, 1 – у науко-метричній базі.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 4-тирьох розділів, висновків та додатків. Має загальний обсяг 202 сторінки, основна частина – 166 сторінок містить 62 рисунки та 4 таблиці, 179 найменувань у списку використаних літературних джерел. У додатках наведені: акти впровадження, додаткові матеріали з оперативного управління та аналізу структури інформаційно-вимірювальної системи та експерименти досліджень.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі шляхом аналізу інформаційного забезпечення систем відбору даних автоматизованої системи управління технологічним процесом управління енергоблоком, обґрунтовано актуальність теми дисертації, зазначено зв'язок роботи з науковими темами, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про практичне використання, апробацію та їх висвітлення в друкованих працях.

У першому розділі на основі аналітичного огляду літературних джерел проведено аналіз існуючого математичного та логічного забезпечення інформаційно-вимірювальних і управляючих систем в структурі автоматизованої системи управління енергоблоком.

Обґрунтовано важливість задач управління енергоблоками в граничних режимах, при яких формуються найбільші викиди шкідливих продуктів згоряння в атмосферу. Показано актуальність створення системи контролю хімічних компонент і їх концентрації в газових потоках продуктів згоряння, які формуються на виході електрофільтрів енергоблоків.

Проведено аналіз структури енергоблоку, показано що він має агрегатну, ієрархічну структуру та обґрунтовано вибір математичного апарату для аналізу динаміки та розробки інформаційної технології контролю шкідливих викидів енергоактивних об'єктів.

Проаналізовано логічну структуру процедури синтезу стратегій управління автоматизованої системи управління технологічним процесом та поведінки оператора в граничних режимах навантаження котла енергоблоку, показана необхідність одержання оперативних даних про склад продуктів згоряння вугілля, як основу корекції рішень для оперативного управління.

На основі аналізу існуючих задач інформаційного забезпечення оперативного управління енергоблоками теплової електростанції сформульовано і обґрунтовано необхідність дослідження інформаційних моделей об'єктів енергоблоку та процесів прийняття рішень на управління ними в граничних режимах. Проведений аналіз дав змогу сформулювати задачі досліджень.

Другий розділ дисертації присвячено розробленню методу та моделей для прийняття рішень для управління енергоблоком в граничних режимах. Для цього розроблена модель відбору та опрацювання даних про хімічний склад продуктів згоряння в умовах агресивного середовища.

Обґрунтована структурна схема відбору і опрацювання даних для підготовки управлінської інформації та модель автоматизованої системи управління технологічним процесом, яка доповнена блоком контролю хімічних компонентів в продуктах згорання палива. Побудовано інформаційну модель про хімічний склад продуктів згорання в умовах агресивного середовища, обґрунтовано модель поведінки в умовах інформаційних і ресурсних збурень, як основа ситуаційного управління агрегатами (рис 1.)

Розроблено логічну структуру формування управляючих рішень з врахуванням причино – наслідкових зв'язків впливу збурюючих факторів на основі апарату логіки предикатів як засобу синтезу програми управління.

Побудована ситуаційна модель поведінки об'єкта в просторі станів за параметром “потужність” в умовах граничного навантаження, визначено процедуру розбиття простору на області допустимих режимів, як підставу інформаційного забезпечення ефективного управління та необхідність даних про склад продуктів згорання і їх концентрацію.

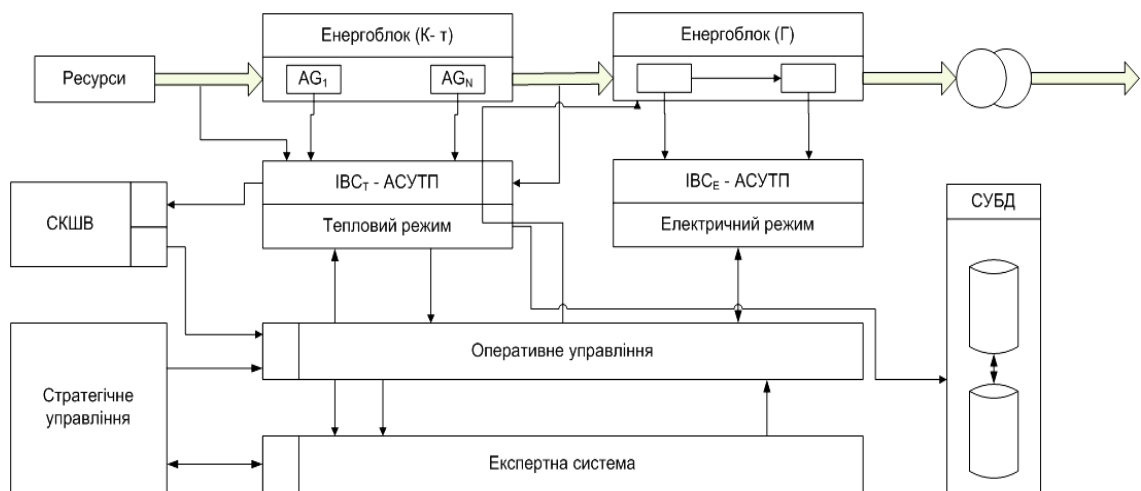


Рисунок 1. Структурна схема відбору і опрацювання даних для підготовки управлінської інформації (ІВС_Т, ІВС_Е – інформаційно-вимірювальні системи відбору теплових і електричних даних)

Відповідність між теорією управляючої діяльності з проблемними ситуаціями і задачами, які при цьому виникають (пошук рішень) досягається побудовою логічної послідовності етапів на множині процедур прийняття, які включають:

- процедуру ситуативної класифікації стану об'єкту згідно множини рангів експертних переваг :

$$PR_{\varphi 1} = \langle Sit(t_i, \tau), I, KL_{pi}, KL_s \rangle ; \quad (1)$$

де $Sit(t_i, \tau)$ – модель ситуації; I – множина експертних переваг при виборі правил класифікації KL_{pi}, KL_s – множина класів ситуацій для яких існує множина моделей пошуку рішень.

- процедуру модельної класифікації згідно агрегатної структури об'єкта управління

$$PR_{\varphi 2} = \langle Sit(t_{ji}, \tau), KL_s, A_l, MR_i \rangle ; \quad (2)$$

де A_l – множина альтернатив, MR_i – множина моделей пошуку рішень;

- процедуру формування стратегій пошуку цільових рішень згідно критеріїв досягнення мети при ситуації $Sit(t_k, \tau)$ в момент часу t

$$PR_{\varphi_3} = \langle Sit(t_k, \tau), KL_s, K_p^c, Strat(u \setminus c), Kl_L(C_i) \rangle; \quad (3)$$

де K_p^c – критерії досягнення цілі, $Strat(u \setminus c)$ – стратегії пошуку рішень, $Kl_L(C_i)$ – клас локальних поточних цілей;

- процедуру пошуку цільових управляючих рішень відповідно до ситуації в просторі станів:

$$PR_{\varphi_4} = \langle Sit(t_k, i)R_{\psi}^i(u), MR_i C_i \subset Strat(u \setminus c) \rangle; \quad (4)$$

де $R_{\psi}^i(u)$ – множина управляючих цільових рішень, C_i , – локальна стратегія;

- процедура можливих результатів рішень, які забезпечують блокування виходу об'єкта в граничну або аварійну область:

$$PR_{\varphi_5} = \langle Sit(t_k, i)R_{\psi}^i(u), C_i K_p^c, R_{\psi}^i(u), MV_u(R_i) \rangle; \quad (5)$$

де- $MV_u(R_i)_{\psi}$ – модель допустимої області прийняття управляючих рішень;

- процедура обґрунтування рішень оперативним і експертним персоналом при ускладнених ситуаціях

$$PR_{\varphi_6} = \langle Sit R_{\psi}^i(u), C_i K_p^c, MV_u(R_i) R_{\psi}^i(u) \rangle; \quad (6)$$

- процедура синтезу рішень в умовах дії факторів які впливають на рівень визначеності ситуації

$$PR_{\varphi_7} = \langle Sit_j R_{\psi}^i(u), (MR_{\psi}^i(OutU) Sit_j \rightarrow Sit_k) \rangle; \quad (7)$$

- процедура вибору рішень на основі перевірки висунутих гіпотез оператором і експертом :

$$PR_{\varphi_8} = \langle (H_i: Sit_j) \subset KL_{sl}/i=1 \Rightarrow R_{\psi}^i(u) \rangle; \quad (8)$$

де H_i – процедура перевірки гіпотез;

- процедуру оцінки результатів реалізації рішень оперативним персоналом рівня ієрархії RI_{l+1} :

$$PR_{\varphi_9} = \langle Sit_j, R \cup R_{\psi}^i(u), MR_j \rightarrow I_k(R_k) \rangle; \quad (9)$$

- процедуру трасування рішень для слідкування за логікою суджень при пошуку рішень в заданому інформаційному базисі на основі вибраної стратегії досягнення мети управління

$$R_{\varphi_{10}}(LoqR) = \langle z_0 \rightarrow \mu_1(\mu_1) \rightarrow \mu_2(\varphi_2) \rightarrow \dots \mu_n(\varphi_k) \rightarrow z_c \rangle; \quad (10)$$

де μ_i – ті умови виконання процедури φ_k , яке спрямовує ланцюг цільових рішень $LoqR$ – логіка рішень.

Вивід в теорії $LoqR$ є послідовність впливу факторів управління

$$\langle \{\mu_1 \dots \dots \mu_n\}: (K_{i=1}^n [PR(\varphi_i)]: (z_0 \rightarrow z_c)) \rangle; \quad (11)$$

яка веде до досягнення результатів, (цілі), тобто маємо:

$$K_{i=1}^n [PR(\varphi_i)]: A_l \times E \times \mu \rightarrow \mu_i(Sitz(t)); \quad (12)$$

де $A \subset q$ – множина тверджень, які описують ситуації прийняття рішень, E – інформаційний базис, μ – набір умов, $K_{i=1}^n [PR(\varphi_i)]:$ – програма управляючих логічних дій.

Логіко-алгебраїчна модель задачі на множині ψ_l , яка відповідає змісту управляючих дій при впливі збурюючих факторів на об'єкт:

$$M(ALoqR) = \left\{ (\psi_l, \psi), \overset{m}{Term} \overset{m}{Interp}(\psi_l, \psi) \right\}, \quad (13)$$

де (ψ_i, ψ) – множина тверджень ψ – виводиме твердження, $Term^m$ – множина термів, $Interp^m$ – інтерпретатор моделі сенсу тверджень.

Етап синтезу моделі протікання технологічного процесу із KL_{mni} – класу за заданою стратегією – $Strat(PR/C_i)$ і алгоритму перетворень даних в інформаційних потоках залежить від

$$Strat(PR/C_i: \{ Alq_h: СП_p \rightarrow DM_h \}_{h=1}^m, DM_h \subset KL_{mni}, \quad (14)$$

де DM_h – динамічна модель протікання процесів належних до h – класу технологічного процесу згідно специфікації $\{ СП_h /_{h=1}^n \}$.

Синтез моделі процедури управління на основі алгоритму $Alq_h(u)$ ґрунтується на управляючих діях які згідно режиму ОУ і факторів впливу фомує

$$\langle Alq_h(u): DM_h \rightarrow D_r(DM_h) /_{h=1}^k \rangle,$$

де $D_r(DM_h)$ – динамічна модель допустимих реалізацій управлінь згідно стратегій досягнення мети.

Для ідентифікації зміни стану системи, згідно цільових завдань або збурень, чутливий до подій оператор може бути представлений як багатофункціональний інформаційний процесор.

Ситуаційне керування в ієрархічних людино-машинних локальних та розподілених системах є метод формування управлінських рішень дій на основі стратегій передбачення небезпеки, аналізі її факторів, симптомів, руйнівних факторів, та стратегій зниження негативних наслідків, збереження функціональної структури і технологічних режимів при обмежених ресурсах і відбору інформації про компоненти продуктів згорання

Для рішення інформативності відображення ситуації через образ стану необхідно інтегрувати в динамічну модель об'єкта інформативні компоненти:

- інформація про компоненти продуктів згорання вугільного пилу;
- моделі причинно-наслідкових зв'язків;
- інформаційно-ресурсну модель ;
- моделі простору станів і цільового об'єднання їх у вигляді інтегрованої структури, яка б конструктивно сприймалась як процесором управління в АСУ-ТП, так і оперативним персоналом.

Розглянемо на основі інформаційно-ресурсної концепції модель об'єкта управління інтегровану з структурою причинно-наслідкових зв'язків, при цьому виділимо моделі з внутрішньою генерацією енергії для технологічного процесу та зовнішньою подачею енергоресурсу.

Схема моделі з зовнішньою подачею енергоресурсу (Рис. 2).

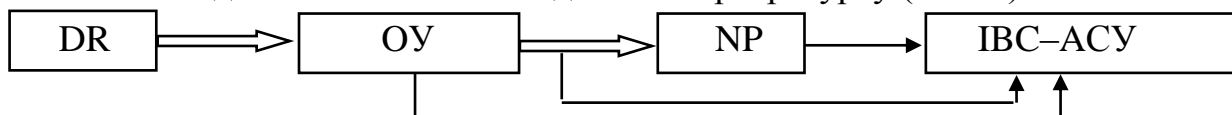


Рис. 2. Інформаційно-ресурсна модель об'єкта, де DR – постачальник ресурсу, ОУ – оперативне управління, NP- надзвичайна подія, ІВС-АСУ – інформаційно-вимірювальна система АСУ

Цей підхід дозволив описати поведінку системи в просторі станів і цільовому просторі, та реалізувати декомпозицію процесу управління на логіко-математичні

структурно-функціональні блоки, на основі побудованої інформаційно-ресурсної моделі енергоактивного об'єкту та виділити причинно-наслідкові зв'язки, які інтегруються в інформаційну структуру АСУ-ТП, що дозволяє коректно виявити зміст ситуації в просторі станів АСУ-ТП і сформувані відповідні управляючі дії при впливі збурень.

Відповідно, це дає змогу обґрунтувати метод формування управлінських рішень завдяки відбору інформації про компоненти продуктів згорання вугільного пилу.

Базисна структура методу включає:

- інформаційні технології цільового проектування систем та їх модернізації, згідно критеріїв якості [22, 29–36];
- моделі елементів та функціональних вузлів АСУ-ТП;
- структурні моделі системи та процесорів обробки даних інформації про компоненти продуктів згорання вугільного пилу;
- логічні процедури формування стратегій управління, згідно цільових задач, з врахуванням впливу причинно-наслідкових факторів, як управляючих так і збурюючих, що впливають на хід енергоактивних технологічних процесів і конструкцію агрегатів, реакторів та інших вузлів і механізмів.

Метод формування управлінських рішень є засобом для верифікації прийняття рішень, так як забезпечує можливість ідентифікації причинно-наслідкових зв'язків та є підставою оцінки впливу управляючих і збурюючих факторів на динаміку процесу та основою логічних висновків про структури причинних ланцюгів, які описують збій режиму енергоблоку.

Обґрунтовано процедуру розбиття простору на області допустимих режимів, як підставу інформаційного забезпечення ефективного управління та необхідність даних про склад продуктів згорання вугілля і їх концентрацію.

Результатами розділу є розроблення структурної схеми прийняття рішень в інтегрованих ієрархічних системах, а також моделі формування планів дій для розв'язання конфліктів в інтегрованих системах з врахуванням автоматичного управління в умовах недостатності ресурсів.

Розроблення методу формування управлінських рішень, завдяки відбору інформації про компоненти продуктів згорання вугільного пилу

В третьому розділі одержала подальший розвиток когнітивна модель поведінки особи-оператора автоматизованої системи управління технологічним процесом енергоблоку з врахуванням причинно-наслідкових зв'язків та побудована модель управління граничними режимами енергоблоку з врахуванням причинно-наслідкових зв'язків

Показано, що готовність психологічна та інтелектуальна до небезпеки і адекватність поведінки в граничних і аварійних режимах роботи енергоблоку мобілізує інтелектуальні ресурси особи оператора. В нього виробляється здатність до оперативного розпізнавання характеру відмов в системі і моментального витягу з пам'яті сценаріїв причинно-наслідкових зв'язків для ідентифікації дефектів і прийняття рішень на їх ліквідацію. Без спеціального тренінгу оператор втрачає розуміння складних відношень в структурі і динаміці технологічних систем

нездатний формувати твердження які відображають логіку подій і логіку мислення.

Відповідно це веде до порушення діяльності оператора (інтелектуальної і професійної), що проявляється через:

- неадекватне сприйняття реальної ситуації;
- зміну часових інтервалів при опрацювання даних і формуванні та виконанні команд;
- нерозуміння змісту причинно-наслідкових зв'язків у виниклих ситуаціях;
- порушення процесу прийняття рішень за рахунок розриву зв'язків.

Ця ситуація сприяє тому, що при неповноті даних про динамічну ситуацію та режим енергоблоку оператор не може використати професійні знання для прийняття адекватних рішень на її ліквідацію.

Відповідно розроблена інформаційна схема методу адаптації оператора до стресової ситуації в аварійних режимах роботи енергоблоку в умовах неповноти даних про ріст шкідливих викидів продуктів згорання палива, що є індикатором наближення до аварійного режиму.

Для розв'язання задачі ідентифікації режимів енергоблоку при граничних навантаженнях розроблено ймовірнісно-причинні моделі подій, які використані для побудови інтегрованих моделей структурних зв'язків об'єктів управління автоматизованої системи управління.

На основі концепції Хейса у дисертаційній роботі сформульована алгебра подій.

Означення 1 Причина: подія B_t є причиною A_t , тоді і тільки тоді коли маємо:

$$\left\{ \begin{array}{l} \forall t' < t, P(B_{t'}) > 0 \\ P(A_t | B_{t'}) > P(A_t) \end{array} \right\} \leftrightarrow [B_{t'} \mapsto A_t]$$

Означення 2 Подія B_t - не є причиною A_t , якщо маємо:

$$\exists t'' < t', \exists C_{t''}: P(\overline{B_{t'}} | C_{t''}) > 0, \\ 0 < P(A_t | B_{t'} C_{t''}) = P(A_t | C_{t''}).$$

Означення 3 Подія B_t є прямою причиною події A_t , тільки тоді коли:

$$\exists (t'' \& \pi_{t''}): t' < t'' < t, \forall C_{t''} \subset \pi_{t''}:$$

$$P(B_{t'} | C_{t''}) > 0, P(A_t | C_{t''} B_{t'}) = P(A_t | C_{t''})$$

де $P(A_t)$ – подія A відбудеться в момент t , $P(A_t | B_{t'})$ – подія A відбудеться в момент t , якщо мала місце подія B в момент t' і π - відношення причинності.

Означення 4. Події $B_{t'}$ і $C_{t''}$ є додатковими причинами події A_t , тоді і тільки тоді, коли $B_{t'}$ і $C_{t''} \in (P, F)$ події A_t і маємо (виконуються умови):

$$P(B_{t'} | C_{t''}) > 0, \forall t, \exists t', t'' \in T: \\ P(A_t | B_{t'} C_{t''}) \Rightarrow \max_T (P(A_t | B_{t'}), P(A_t | C_{t''})).$$

Означення 5. Подія $B_{t'}$ є протидією появи події (P; F) A_t у випадку коли виконуються умови:

$$\forall t, t' < t, (t', t) \in T_m:$$

$$P(B_{t'}) > 0,$$

$$P(A_t | B_{t'}) < P(A_t).$$

Згідно з означеною алгеброю подій формулюється схема процедури і відповідного методу адаптації оператора до стресової ситуації в аварійних і граничних режимах енергоблоку, яка полягає у виявленні ланцюгів причинно-наслідкових зв'язків факторів дестабілізуючого впливу (рис.3.).

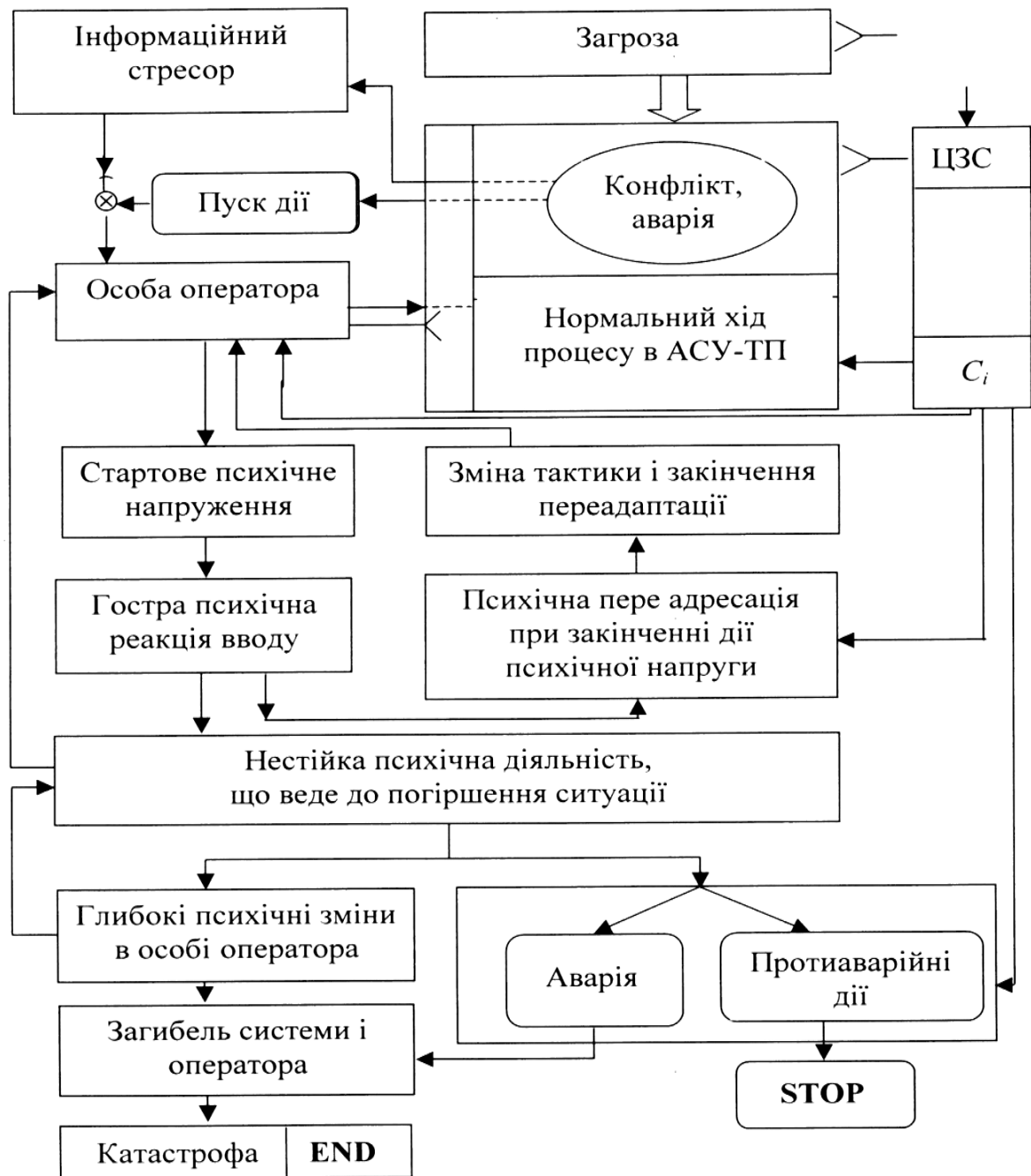


Рисунок 3. Схема методу адаптації оператора до стресової ситуації в аварійних режимах автоматизованої системи управління технологічним процесом енергоблоку

Сформовано стратегію прийняття рішень та їх поетапне представлення, розроблення схеми організації поведінкових дій для визначення режимної ситуації енергоблоку та побудови ланцюгів прийняття рішень та послідовні схеми планів дій на управління процесом виводу енергоблоку з граничного режиму.

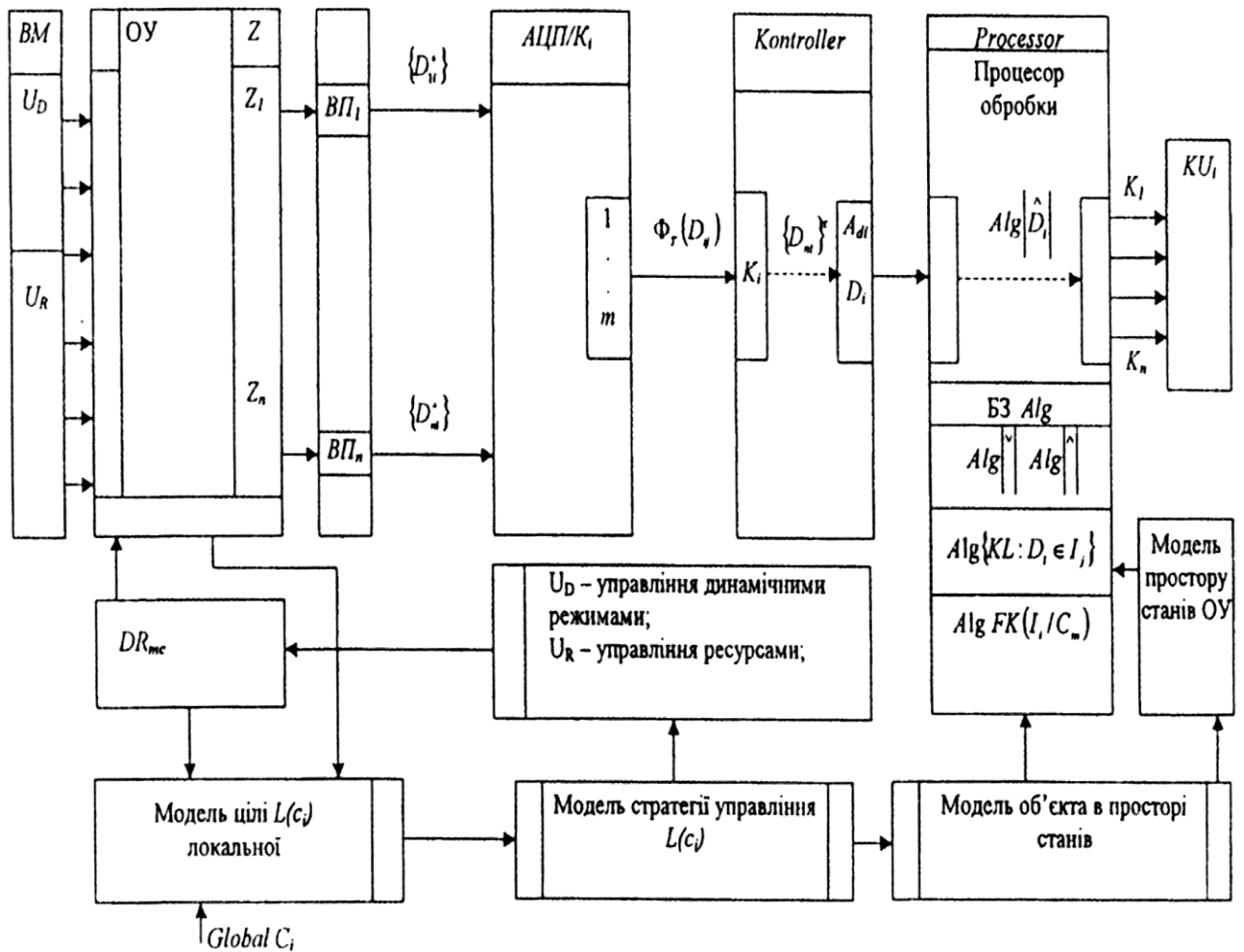


Рисунок 4. Модель причинно-наслідкових подій

Використано для побудови сценарію розвитку подій, перетворень інформації на операційно-логічному рівні (рис.4), які включають:

- сенсорні операції сприйняття даних;
- логічні операції над даними;
- моторні операції операторської дії;
- моделі формування образів ситуацій;
- операції інформаційного опису сценаріїв розвитку подій при неповних нечітких даних;
- операції декомпозиції причинно-наслідкових дій в зворотному напрямку для ідентифікації джерела фактора загроз;
- формування оперативних протидій факторам.

Визначено цільові завдання оперативного управління при дії зовнішніх факторів на базі даних автоматизованої системи управління і системи контролю шкідливих викидів (СКШВ) та обґрунтовано методику побудови операцій управління енергоблоком з врахуванням здатності оператора сприймати критичні ситуації в уяві через сценарії образів подій. На основі розробленої функціональної схеми інформаційного процесу генерації планів дій для оперативного управління протидії збурюючим факторам сформована модель оцінки ситуації енергоблоку.

Алгебра подій задається у вигляді дерева подій:

1. $(A \pi A) = I;$
2. $(\bar{B} \pi \bar{A}) = I;$
3. $(A \pi B) = I;$
4. $(\bar{A} \pi \bar{B}) = I;$
5. $(B \pi \bar{A}) = I;$
6. $(\bar{B} \pi A) = I;$
7. $((B = 0) \vee (B = x)) \Rightarrow \neg \exists A(B \pi A);$
8. $((A = 0) \vee (A = x)) \Rightarrow \neg \exists B(B \pi A);$
9. $[(A \pi C), (B \pi C) \wedge ((A \cap B) = 0)] \Rightarrow (A \cup B) \pi C;$

де I – істинність тверджень.

Для алгебри подій сформульовано інформаційне трактування причинних зв'язків, яка відображає різний сенс тверджень згідно умов цілеорієнтації і ідентифікації для виникнення подій (S і B).

Відповідно представимо умови:

1. (S достатня умова B) $\equiv (\forall S \rightarrow B).$
2. (S необхідна умова B) $\equiv (\forall S \rightarrow \exists B), (\exists D: D \wedge S \rightarrow B).$
3. (S необхідна і достатня умова для B) $\equiv (\forall S \leftrightarrow \exists B),$
4. (Умова реалізації B при реалізованості S): $P(B|S) \equiv - P(S|B) = 1$
5. Вплив додаткового фактора D : $\left[\frac{S}{D} \mapsto B, P\left(\frac{B}{S}\right) = P(D/S) \right].$

Такі інформаційні причинні схеми і алгебра подій дають змогу аналізувати ситуації і будувати причинно-наслідкові діаграми факторів впливу на режими енергоблоку у вигляді ланцюгових і деревовидних структур.

Відповідно модель системи представимо у вигляді агрегатної структури енергоблоку:

$$\langle S = (S_i)_{i=1}^m S_i \{A_{qr}(a_{ij} |_{i=1}^n)\}_{i=1}^m \rangle \equiv M_{p,n}[S_E]$$

Тоді взаємодію системних агрегатів можна представити у вигляді:

$$D_{i,j}(S_i \rightarrow S_j) = \frac{D(S_i \rightarrow S_j)}{E(S_t)}, D_{i,j} \in [0,1]$$

де $D()$ – ймовірнісна структура настання подій.

Для ідентифікації структури оперативного об'єкта та виявлення факторів впливу будуються діаграми причинно-наслідкових подій які утворюють інформаційний базис схем для побудови причинно-наслідкових діаграм і схем (рис.4), де: U_D, U_R – управляючі дії, Z_i – параметр стану, $\{D_i\}$ – потоки даних, DR_m – джерела ресурсів.

Для виявлення факторів загроз, які приводять до надзвичайних ситуацій в енергоблоці формується композиція причинно-наслідкових зв'язків для ідентифікації їх місця дії в агрегатній структурі енергоблоку і на їх основі розроблена інформаційна модель формування потоків даних для контролю режиму автоматизованої системи управління енергоблоком та оперативних схем управління.

В четвертому розділі удосконалено модель відбору, передачі та опрацювання даних, в умовах потужних електромагнітних завад, про хімічний склад продуктів

згорання на вході електрофільтрів. А також розроблено засоби інформаційної технології контролю шкідливих викидів енергоактивних об'єктів та наведено результати досліджень.

Визначено інформаційні компоненти процесу прийняття рішень на основі даних автоматизованої системи управління технологічним процесом та додаткових даних від системи контролю шкідливих викидів з дистанційною передачею результатів вимірювання.

Побудовано інформаційну модель включення СКШВ в диспетчерську структуру оперативного управління енергоблоком на основі координуючої стратегії та мнемосхем графової структури агрегатів.

Наведено таблиці параметрів і факторів впливу на режим енергоблоку.

Розроблена концепція оперативного наповнення бази даних в реальному часі та вдосконалена модель відбору та опрацювання даних при дії збурюючих факторів (рис.5).

Проведено вибір та обґрунтування структури інформаційно-вимірювальної системи (СКШВ) для контролю шкідливих викидів продуктів згорання палива в котлі енергоблоку та план установки сенсорів СКШВ згідно схеми.

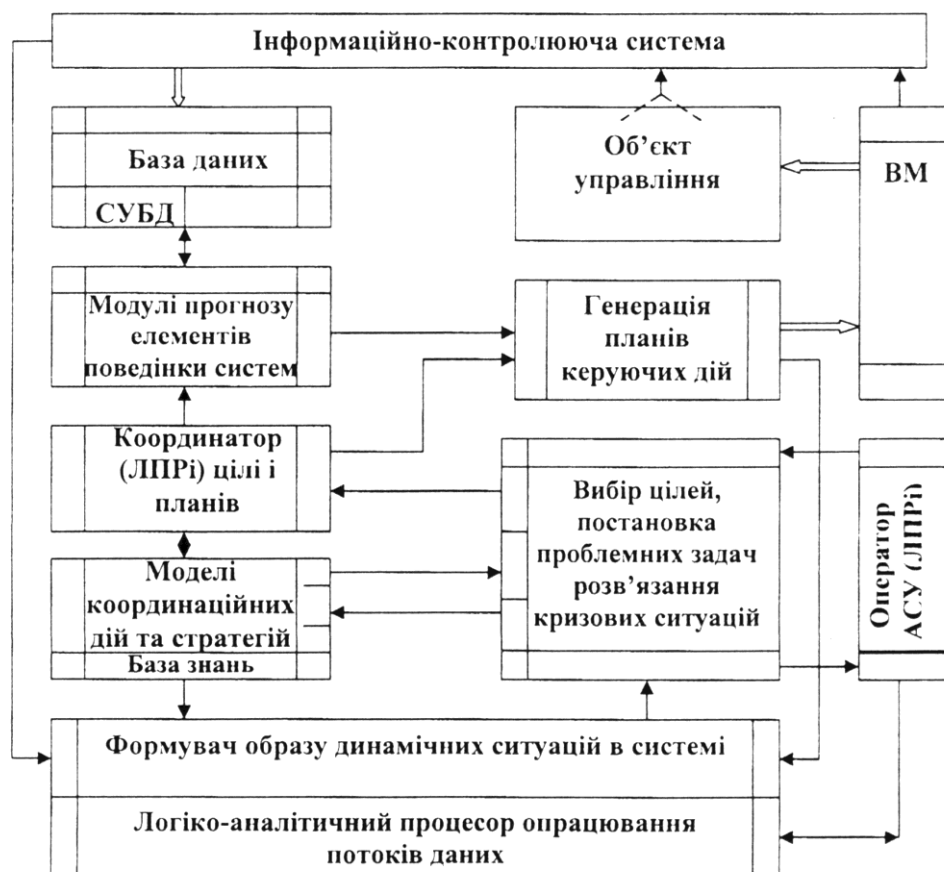


Рисунок 5. Функціональна схема моделі відбору та опрацювання даних при дії збурюючих факторів

Розроблено нестандартні блоки відбору даних для інтерфейсу ("Марс" ↔ ADAM ↔ ПК) і зв'язку з базою даних, програмне і апаратне забезпечення, що дало змогу реалізувати СКШВ (рис. 6).

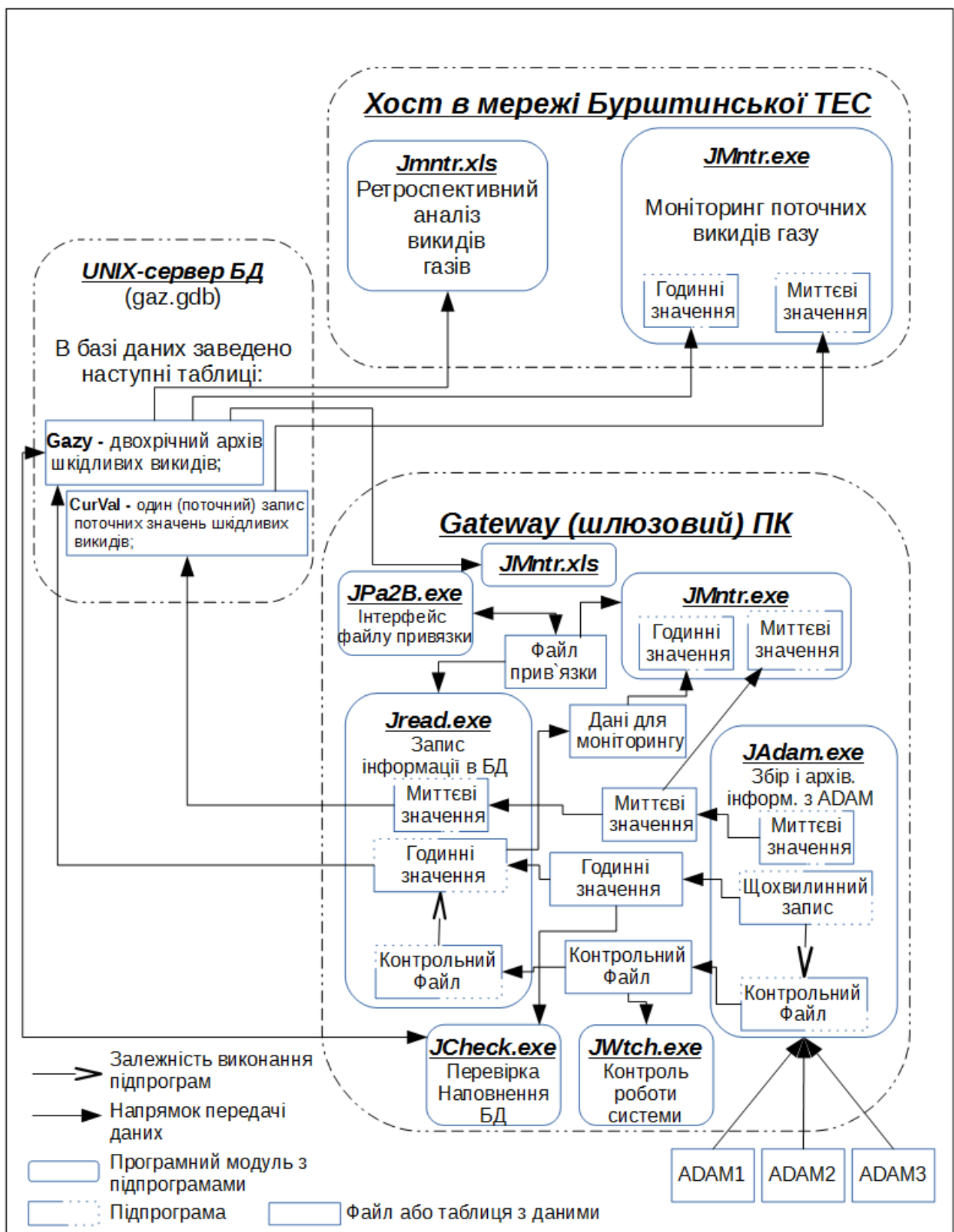


Рисунок 6. Функціональна схема інформаційної системи контролю шкідливих викидів енергоактивних об'єктів

З метою покращення екологічного стану атмосферного повітря проводилися роботи по реконструкції електрофільтрів енергоблоків Бурштинської ТЕС, що дало змогу більш ніж вдвоє зменшити викиди золи. Максимальні концентрації золи після старих електрофільтрів в залежності від навантаження діючих

енергоблоків становили від 900 до 1500 мг/м³. Проведена реконструкція електрофільтра та введення інформаційної технології контролю шкідливих викидів енергоблоку №12 дало змогу зменшити концентрацію викидів золи з 1300 до 500 мг/м³, часткова реконструкція електрофільтра енергоблоку № 8 забезпечила зменшення концентрації викидів золи з 1100 до 650 мг/м³.

За результатами спостережень отримано покази концентрації забруднюючих речовин в димових газах і проведено їх аналіз.

Блок № 8,12

Тип газоаналізаторів – „Марс-5”

Газоаналізатори повірено 8 липня 2009 року з терміном на 1 рік.

Виміри проводяться по наступних показниках – CO, NO, NO₂, SO₂

За результатами спостережень за роботою газоаналізаторів „Марс-5” протягом 14-20 травня 2010 року покази наступні (таблиця 1-4) :

Блок № 8

16 травня 2010 року

Таблиця 1

	CO, мг/м ³	NO, мг/м ³	NO ₂ , мг/м ³	SO ₂ , мг/м ³
8 год.00 хв.	121	90	0	1200
16 год.00 хв.	110	30	0	1100
20 год.00 хв.	90	0	0	1000

18 травня 2010 року

Таблиця 2

	CO, мг/м ³	NO, мг/м ³	NO ₂ , мг/м ³	SO ₂ , мг/м ³
8 год.00 хв.	90	30	0	900
16 год.00 хв.	50	0	0	600
20 год.00 хв.	17	30	0	450

Блок № 12

16 травня 2010 року

Таблиця 3

	CO, мг/м ³	NO, мг/м ³	NO ₂ , мг/м ³	SO ₂ , мг/м ³
8 год.00 хв.	0	90	0	1000
16 год.00 хв.	0	40	0	1200
20 год.00 хв.	0	0	0	1400

18 травня 2010 року

Таблиця 4

	CO, мг/м ³	NO, мг/м ³	NO ₂ , мг/м ³	SO ₂ , мг/м ³
8 год.00 хв.	22	0	0	900
16 год.00 хв.	127	0	0	1100
20 год.00 хв.	117	30	0	600

Аналізуючи роботу встановлених газоаналізаторів та інформаційної технології контролю шкідливих викидів можна зробити наступні висновки :

1. Покази на газоаналізаторах „Марс-5” та на блоках № 8 і 12 CO і SO₂ завищені, а по NO занижені відносно фактичних концентрацій.

На основі когнітивної моделі поведінки особи-оператора, який виконує функції управління енергоблоком, яка на відміну від існуючих враховує нові причинно-наслідкові зв'язки та фактори створена ситуаційна модель поведінки об'єкта в просторі станів за параметром “потужність” в умовах граничного навантаження.

Проведено аналіз роботи оператора в нормальних та граничних режимах роботи енергоблоку ТЕС, що підтверджено результатами тестування (рис. 7).

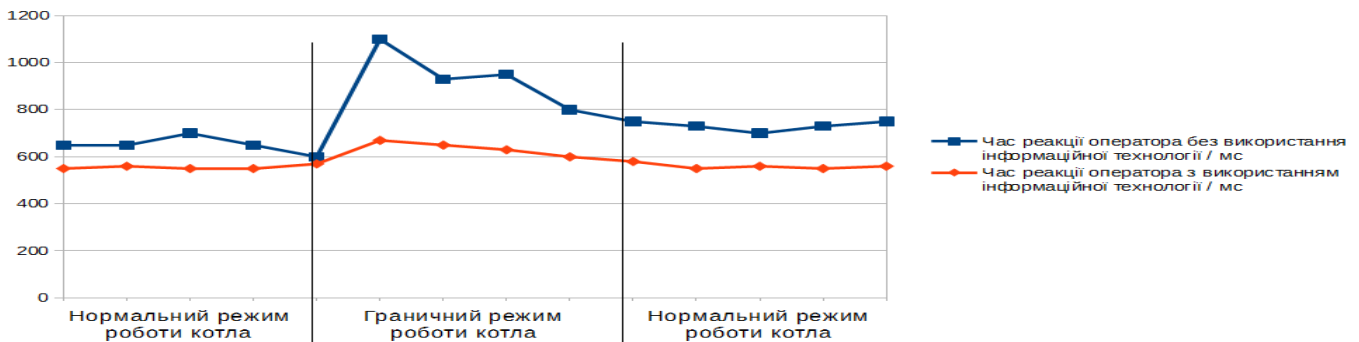


Рисунок 7. Результати тестування реакції оператора на робочі режими роботи котла енергоблоку

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна наукова задача підвищення ефективності управління енергоблоками в умовах граничних режимів на основі розроблених методу, моделей та засобу інформаційної технології контролю шкідливих викидів в енергоактивних об'єктах.

У процесі виконання дисертаційного дослідження отримані наступні результати:

1. Проведено аналіз існуючих моделей, методів та засобів управління енергоактивними об'єктами, що дало змогу сформулювати та обґрунтувати необхідність дослідження інформаційних моделей об'єктів енергоблоку та процесів прийняття рішень на управління ними в граничних режимах.

2. Вперше розроблено метод формування управлінських рішень завдяки відбору інформації про компоненти продуктів згорання вугільного пилу і дає змогу підвищити ефективність керування енергоблоком в граничних режимах;

3. Одержала подальший розвиток когнітивна модель поведінки особи-оператора, який виконує функції управління енергоблоком, яка на відміну від існуючих враховує нові причинно-наслідкові зв'язки та фактори і дає змогу більш адекватно оцінити ситуацію та не допустити аварію енергоблоку (зменшено час реакції оператора на 35%);

4. Удосконалено модель відбору, передачі та опрацювання даних, в умовах потужних електромагнітних завад, про хімічний склад продуктів згорання в умовах агресивного середовища димоходів на вході електрофільтрів, що підвищило точність та надійність отриманих даних (збільшено точність отримання даних про хімічний склад продуктів згорання на 35%);

5. Удосконалено модель управління граничними режимами енергоблоку, що дало змогу підвищити ефективність керування, шляхом додавання нових причинно-наслідкових зв'язків.

6. Розроблено структуру та програмно-технічні засоби інформаційної технології контролю шкідливих викидів енергоактивних об'єктів що дає змогу автоматизувати процес отримання та опрацювання даних.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Noha A. Ensuring the efficiency of decisions, made by power unit operators at thermal power plants as a major factor for their sustainable control//Computational problems of Electrical Engineering vol. 3 #2 – Lviv.2013. - pp. 83-86
2. Нога А. Ю. Когнітивний підхід для адаптації оператора до стресової ситуації в аварійних режимах енергоблоків АСУ-ТП//Вісник НУЛП №732. – Л.2012. – с. 40 – 50
3. Нога А., Сікора Л., Сабат В. Розробка структурної схеми моделі ситуаційного управління// ІПМЕ Зб. Наук. Пр. вип. 62. – К.2012. – с.126 – 131
4. Нога А. Когнітивна адаптація оператора у стресовій ситуації під час аварійних режимів енергоблоків АСУ-ТП // ІПМЕ Зб. Наук. Пр. вип. 63. – К.2012. – с.123 – 130
5. Нога А. Ю. Алгоритми класифікації динамічних ситуацій в інтелектуальних системах управління // Вісник НУЛП № 522, Львів 2004. – с. 97-100
6. Сікора Л. С., Нога А. Ю., Манишин І. Р. Моделі процедур розв'язання конфліктних ситуацій в інтегрованих системах управління // ІПМЕ Зб. Наук. Пр. вип. 39. – К.2006. – с.171 – 178
7. Сікора Л. С. Манишин І. Р., Нога А. Ю. і ін. Логіка побудови алгоритмів управляючих дій в моделях стратегій функціонування цілеорієнтованих активних систем// ІПМЕ Зб. наук. пр. вип. 38. – К.2007. – с.156 – 163
8. Сікора Л. С., Ткачук Р. Л., Нога А. Ю., Манишин І. Р. Методи побудови інформаційно-фізіологічних характеристик особи-оператора в умовах надзвичайних ситуацій// ІПМЕ Зб. Наук. Пр. вип. 34. – К.2006 – с.181 – 189
9. Сікора Л. С., Нога А. Ю. та ін. Класичні моделі оцінки ефективності діяльності оператора на основі теоретико-ймовірнісної концепції синтезу процедур тестування// ІПМЕ Зб. Наук. Пр. вип. 36. – К.2006. – с.183 – 190
10. Л. С. Сікора, М. С. Антоник, Р. Л. Ткачук, А. Ю. Нога, І. Р. Манишин. Оперативне управління в ієрархічно-структурованих системах та вибір стратегій ціле орієнтованих дій в умовах загроз. Кафедра АСУ НУ «ЛП», УАД. Препринт № 1-2006. Львів – 2006
11. Л. С. Сікора, М. С. Антоник, Р. Л. Ткачук, А. Ю. Нога, І. Р. Манишин. Інтелектуальні та психологічні характеристики особи, як управлінського елементу інтегрованих систем // ІПМЕ Зб. Наук. Пр. вип. 33. – К.2006. с 172-180
12. Сікора Л., Антоник М., Манишин І., Нога А. Ідентифікація логіко математичної структури мислення оператора в динамічних ситуаціях //Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць №15. Львів-2006р. –с 240-251
13. Сікора Л., Соломка І., Манишин І., Нога А. Моделювання динаміки стохастичних потоків ресурсів в технологічних структурах // Комп'ютерні технології друкарства. Збірник наукових праць №14. Львів-2006р.с.302-307

14. R. Noha, A. Noha, Iryna Garandzha, Connection between publications analysis and research schools forming//Пр. Мн. Конф. CADSM 2013. Львів-Поляна 2013. – с. 259- 261
15. Noha, M. Zakala, Cognitive approach for operator adaptation to stressful situation in emergency mode of power units APCS//Пр. мн. Конф. MEMTECH'2012. Львів-Поляна -2012. – с. 178

АНОТАЦІЇ

НОГА А.Ю. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ КОНТРОЛЮ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ЕНЕРГОАКТИВНИХ ОБ'ЄКТІВ. – На правах рукопису.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – Інформаційні технології. – Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2015.

У дисертаційній роботі розв'язано актуальну науково-практичну задачу розроблення науково-практичної технології відбору даних про концентрацію шкідливих викидів продуктів згорання в котлі енергоблоку та підвищення ефективності управління.

Проведено аналіз структури енергоблоку, показано що він має агрегатну, ієрархічну структуру та обґрунтовано вибір математичного апарату для аналізу динаміки та інформаційних технологій відбору і опрацюванню даних про хімічну структуру продуктів згорання палива і їх концентрації.

Розроблено процедуру побудови структури інформаційно-логічної моделі процесу кризового управління; показано, що для якісного управління необхідно використовувати логічні й системні моделі відображення ситуацій для прийняття рішень на антикризове управління з урахуванням причинних зв'язків впливу факторів. Розроблено модель і обґрунтовано інформаційну структуру системи відбору і опрацювання даних про шкідливі викиди продуктів згорання як компоненти АСУ–ТП та експертної системи. Розроблено структурно-інформаційну схему енергоблоку, показано, що вона забезпечує адекватне відображення ситуації в ТЕС і є основою побудови причинно-наслідкових графів для інформаційно-ресурсних потоків в енергоблоках, що дало змогу моделювання динаміки та прогнозу ситуацій.

Ключові слова: енергоблок, ієрархічна структура, експертна система, причинно-наслідковий граф.

НОГА А.Ю. ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОНТРОЛЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОАКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ. - На правах рукописи.

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - Информационные технологии. – Национальный университет “Львовская политехника” Министерства образования и науки Украины, Львов, 2015.

В диссертационной работе решено актуальную научно-практическую задачу разработки научно-практической технологии отбора данных о концентрации вредных выбросов продуктов сгорания в котле энергоблока и повышения эффективности управления.

Проведен анализ структуры энергоблока, показано, что он имеет агрегатную, иерархическую структуру и обоснован выбор математического аппарата для анализа динамики и информационных технологий отбора и обработки данных о химической структуре продуктов сгорания топлива и их концентрации.

Разработана процедура построения структуры информационно-логической модели процесса кризисного управления; показано, что для качественного управления необходимо использовать логические и системные модели отображения ситуаций для принятия решений на антикризисное управление с учетом причинных связей влияния факторов. Разработана модель и обосновано информационную структуру системы отбора и обработки данных о вредных выбросах продуктов сгорания как компоненты АСУ-ТП и экспертной системы. Разработано структурно-информационную схему энергоблока, показано, что она обеспечивает адекватное отображение ситуации в ТЭС и является основой построения причинно-следственных графов для информационно-ресурсных потоков в энергоблоках, что позволило моделировать динамику и прогнозировать ситуации.

Ключевые слова: энергоблок, иерархическая структура, экспертная система, причинно-следственная граф.

NOHA A. Yu. INFORMATION TECHNOLOGY OF EMISSION CONTROL FOR POWER OBJECTS. - The manuscript.

The thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.13.06 - information technology. – Lviv Polytechnic National University of Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2015.

The thesis solved current scientific and practical problem of developing scientific and practical technology of selection of data on the concentration of harmful products of combustion in the boiler of a power unit and of improving control.

Analysis of the structure of power unit was conducted, it was shown that the power unit has aggregate, hierarchical structure, and the choice of mathematical tools to analyze the dynamics and information technology for selection and processing of data on the chemical structure of the combustion products and their concentration was proven.

The procedure of constructing the structure of the information and logical model of the crisis management process was elaborated; it was shown that for qualitative control logic and system models of displaying of situations to make decisions for anti-crisis management based on causal relationships of the influence factors must be used. A model was created and information structure of the selection and processing of data on emissions of combustion products as components of ACS - TP and expert system was substantiated. A structural informational scheme of power unit was elaborated, it was shown that the scheme provides an adequate reflection of the situation in TPP and serves as the basis for construction of cause-and-effect graphs for information and resource

flows in the power units, which enabled the modeling of dynamics and prediction of situations.

The analysis of the ability of the operator to meet decisions and shape the flow of control of the power unit in normal, marginal and emergency modes was conducted. It was shown that psychological and intellectual readiness to risk and the adequacy of behavior in the marginal and emergency power unit work modes, mobilizes the intellectual resources of the operator. He works out the ability to recognize the nature of failures in the system and instant recovery of scenarios from memory of cause-and-effect relationships to identify defects and meet appropriate decisions for their elimination.

The analysis of the information components of decision-making process based on data from ACS – TP and additional data from the emissions control system (ECS) with remote transmission of measurement results was conducted. The strategy of decision forming and decision making and their step-by-step introduction, the development of schemes of behavioral actions under the concept by Anokhin was proven. The concept of operational provisioning of the database in real-time mode was substantiated and hierarchical scheme of forming of control actions by a complex object (power unit) was proven. A choice and the substantiation of the structure of information - measuring system (ECS) to control emissions of combustion products of fuel in the boiler of the power unit and a plan for installation of sensors of ECS according to the scheme was made.

Keywords: power unit, hierarchical structure, expert system, cause-and-effect graph.