МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ШУМОВА ЛАРИСА ОЛЕКСАНДРІВНА

УДК 004.896

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ВЕЛИКОТОННАЖНОГО ХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Спеціальність 05.13.06 – інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Східноукраїнському національному університеті імені Володимира Даля Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Скарга-Бандурова Інна Сергіївна,
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Рубан Ігор Вікторович,
Харківський національний університет радіоелектроніки, завідувач кафедри електронних обчислювальних машин;

доктор технічних наук, професор
Ходаков Віктор Єгорович,
Херсонський національний університет, завідувач кафедри інформаційних технологій.

Захист дисертації відбудеться «3» жовтня 2016 року о 15 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 11.051.08 у Донецькому національному університеті за адресою: Україна, 21021, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Донецького національного університету за адресою: Україна, 21021, м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21.

Автореферат розісланий «2» вересня 2016 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
кандидат технічних наук О.С. Тимчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Запобігання аварійних зупинок великотоннажних хімічних виробництв є актуальною і досить складною проблемою, яка має технологічний, економічний та екологічний аспекти.

На сьогоднішній день безаварійне функціонування хіміко-технологічних процесів досягається за рахунок автоматизації процесів управління на етапах спостереження, збору, обробки та аналізу інформації шляхом використання математичного аналізу даних в автоматизованих системах управління технологічними процесами. Важливим фактором безаварійного керування великотоннажним хімічним виробництвом є здатність виявлення передаварійного стану хімічного агрегату.

Теоретичним засадам інформаційних технологій техногенної безпеки хімічних виробництв присвячено багато робіт вітчизняних та зарубіжних учених, серед яких П.Г. Бєлов, О.Ф. Єгоров, В.В. Кафаров, Ю. Корбич, В. Маршалл, В.П. Мєшалкін, В.А. Острейковський, Б.В. Палюх, Т.В. Савицька, Г.О. Статюха, В.Ф. Стоєцький, В.В. Стоянов та ін. Питанням статистичного аналізу, прогнозування, теорії прийняття рішень та побудови інформаційних систем підтримки оперативного персоналу присвячено роботи С.А. Айвазяна, Т. Андерсона, Дж. Бокса, А. Вальда, Г. Дженкінса, М.З. Згуровського, О.Г. Івахненка, М. Кендалла, В.М. Кунцевича, І.В. Нікіфорова, О.І. Орлова, В.Є. Ходакова, А.М. Ширяєва та ін.

Варто відзначити, що майже всі реальні процеси функціонування технічних систем пов'язані з нечіткістю інформації, тому під час управління такими системами доводиться орієнтуватися на екстремальне поєднання чинників невизначеності. Моделі, основані на знаннях експертів, та інтелектуальний підхід, що ґрунтується на нечіткій математиці, запропонований та розвинутий у роботах Л. Заде, А. Прада, А. Кофмана, А.М. Мєліхова, Д.О. Поспєлова, С.О. Орловського, Т. Терано, К. Асаі, М. Сугено, О.В. Леоненкова, А.О. Каргіна, Є.В. Бодянського, Н. Г. Ярушкіної, М. В. Ділігенського та ін.

Разом з тим, складність сучасних технологічних процесів постійно формує нові виклики для людини, яка їх контролює. Кількість та наслідки аварій на хімічних виробництвах вказують на те, що автоматизації процесів збору, зберігання й аналізу даних недостатньо для того, щоб оперативний персонал зміг приймати ефективні рішення щодо аварійної ситуації, її уникнення та запобігання.

Для виробництв підвищеного ризику, що працюють у контурі автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) в режимі реального часу, необхідні додаткові засоби інформаційної підтримки оперативного персоналу. При цьому головними завданнями залишаються розробка засобів прогнозування відхилень параметрів, важливих для забезпечення безпеки, проектування ефективних систем підтримки прийняття рішень оператора та їх інтеграція з функціонуючими системами управління, що обумовлює актуальність обраного напряму досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася на кафедрі комп'ютерної інженерії Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля в період з 2003 по 2015 рр. у межах наукового напряму

«Інформаційні технології в промисловості, екології, медицині», за тематикою таких науково-дослідних робіт: «Засоби підтримки прийняття рішень в критичних системах» (реєстраційний № 0111U001749), «Розробка програмно-технічного комплексу хімічного виробництва» (№ 0104U000391), «Інтегрована інформаційна система природоохоронної діяльності промислових підприємств» (№ 0113U002235).

У процесі виконання НДР автором запропоновані методи і засоби прогнозування можливих порушень технологічного процесу і вироблення керуючих впливів у вигляді порад оператору на основі їх інтеграції з автоматизованою системою управління технологічним процесом.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є збільшення тривалості безаварійної роботи великотоннажного хімічного виробництва аміаку і зниження збитків від аварійних зупинок шляхом створення додаткових засобів інформаційної підтримки оперативного персоналу, що працюють у контурі АСУ ТП в режимі реального часу на основі комплексної оцінки негативних тенденцій технологічних параметрів.

Мета дослідження цієї важливої науково-технічної проблеми передбачає розв’язання таких завдань:

– проаналізувати існуючі підходи до підвищення безпеки великотоннажного хімічного виробництва;

– розробити моделі для оцінки і прогнозування значень параметрів, що ініціюють аварійні ситуації у виробництві аміаку;

– розробити методи комплексної оцінки негативної тенденції технологічного процесу в умовах невизначеності впливу різних чинників на основі ситуаційної моделі;

– синтезувати систему інформаційної підтримки оператора хімічного виробництва під час управління передаварійними режимами з використанням розроблених моделей і методів; практично реалізувати систему в контурі АСУ ТП виробництва аміаку й оцінити ефективність її впровадження.

Об'єктом дослідження є процеси створення й експлуатації автоматизованих систем підтримки прийняття рішень для безаварійного управління технологічним об'єктом.

Предметом дослідження є моделі і методи оцінки та прогнозування аварійних ситуацій у великотоннажному хімічному виробництві.

Методи дослідження. Методологія досліджень ґрунтується на принципах системного аналізу (ієрархічності, декомпозиції та ін.). У процесі вирішення поставлених завдань використовувалися методи математичної статистики (екстраполяції, аналізу часових рядів, регресії) для моделювання небезпечної динаміки значень технологічних параметрів, теорія нечітких множин та математичного апарату розширених нечітких мереж Петрі для створення комплексної ситуаційної моделі передаварійної динаміки аміачного агрегату.

Для розробки структури інформаційної системи забезпечення оперативної підтримки в управлінні хімічним виробництвом використовувалися загальні принципи створення інформаційних систем і методи прийняття рішень в умовах невизначеності.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в такому:

– ***вперше*** запропоновано метод раннього виявлення небезпечної тенденції в динаміці технологічних параметрів, що ініціюють аварійну ситуацію на основі чисельного аналізу часового ряду, що дозволяє автоматизувати виявлення передумов до передаварійних ситуацій у реальному часі;

– ***вдосконалено*** модель для прогнозування критичних значень технологічного параметра у вигляді кубічного сплайна, що дозволяє враховувати відмінності швидкості зміни прогнозованого параметра на початковій і кінцевій ділянках його передаварійної динаміки;

– ***набули подальшого розвитку*** методи ситуаційного моделювання на основі механізму розширених мереж Петрі, що дозволяють підвищити достовірність прогнозу аварійних зупинок хімічного агрегату за рахунок комплексної оцінки впливу різних чинників.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці інформаційної технології прогнозування аварійних ситуацій хімічного виробництва, що дозволяє обробляти в реальному часі дані різної природи та забезпечує підтримку прийняття рішень у передаварійних ситуаціях.

Наукові і практичні результати дисертації використані в розробці спеціалізованого програмного модуля прогнозування у складі АСУ ТП виробництва аміаку ЗАТ «Сєвєродонецьке об'єднання «Азот». При цьому досягнуто скорочення кількості аварійних зупинок виробництва аміаку на 25%, скорочення кількості простоювань цеху за рахунок зниження трудомісткості на пошук несправності до 30%. Представлені в дисертаційній роботі методи моделювання аварійних ситуацій у хімічному виробництві та моделі небезпечної тенденції в динаміці контрольованих технологічних параметрів, що ініціюють аварійні ситуації у виробництві аміаку, використовуються у тренажерному комплексі для операторів-технологів аміачного агрегату ЗАТ «Сєвєродонецьке об'єднання «Азот» (акт впровадження від 25.02.2010).

Методичні та теоретичні результати представлених у роботі досліджень використовуються в навчальному процесі на кафедрі комп'ютерної інженерії СНУ ім. В. Даля, у навчальних курсах «Технологія проектування комп'ютерних систем», «Автоматизовані інформаційні системи», «Автоматизовані системи організаційного управління», «Теорія прийняття рішень» (акт впровадження від 14.01.2016).

Особистий внесок здобувача полягає в розробці нових моделей, методів та інструментальних засобів, які забезпечують вирішення поставлених у дисертації завдань. Всі основні результати дисертаційного дослідження отримані безпосередньо автором. Роботи [4, 15, 16, 19-23] опубліковані без співавторів. У друкованих працях, опублікованих у співавторстві, автору належить: розробка методу раннього розпізнавання передаварійної ситуації для великотоннажного виробництва аміаку [1]; виділення субоптимальних режимів хімічного виробництва на основі статистичних даних, розробка одновимірних і мозаїчних моделей технологічного процесу виробництва формальдегіду, практична реалізація методу ідентифікації [2]; апробація методики оперативного технологічного аудиту на великотоннажному виробництві аміаку, аналіз ефективності використання виробничих ресурсів, обробка та аналіз результатів [3]; аналіз існуючих засобів,

методів і моделей, що використовуються для прогнозування ризиків [5]; постановка і рішення задачі апроксимації багатовимірної залежності за значеннями технологічних параметрів для прогнозування аварійних зупинок великотоннажного виробництва аміаку, побудова моделі у вигляді дерева відмов і прогнозної регресійної моделі у вигляді сплайна [6]; розробка методики побудови системи оцінки і прогнозування стану технологічного процесу із застосуванням модифікованої нечіткої мережі Петрі, правила нечіткого спрацьовування переходів мережі, умови стійкої активності переходу [7]; аналіз критеріїв оптимальності для якісної оцінки і прогнозування ризику, перевірка адекватності оцінок, отриманих за допомогою обережних критеріїв (методу мінімального ризику; методу мінімальної кількості помилкових рішень; методу максимальної правдоподібності) [8]; розробка структури підсистеми підтримки прийняття рішень у хіміко-технологічному процесі, розробка моделей і методів отримання, структурування та вилучення знань з даних про технологічні параметри для реалізації системи прийняття рішень (СППР) [9]; розробка ситуаційної моделі аварійних зупинок великотоннажного аміачного агрегату на основі оцінок параметрів технологічного процесу з урахуванням невизначеностей (нечіткості меж оцінок), реалізованої у вигляді нечіткої ординарної мережі Петрі з пріоритетами [10]; постановка і вирішення завдання автоматизації оцінки фактичного технічного стану обладнання для підтримки процедур прогнозування його стану на прикладі розрахунків залишкового ресурсу промислових трубопроводів [11]; вибір і обґрунтування способу вирішення проблеми інтеграції різнорідних АСУ діючого хімічного виробництва і спеціально розробленої СППР технолога оператора з метою запобігання аварійних ситуацій [12]; формалізація критерію для раннього виявлення небезпечної тенденції в технологічному процесі на основі аналізу часових рядів значень контрольованих параметрів [13]; аналіз підходів до підвищення безпеки хімічних виробництв, розробка схеми моделі прогнозування, яка забезпечує прийом різнорідних даних та комплексну оцінку ситуації [14]; постановка і рішення задачі оцінки та аналізу поточної небезпеки технологічного процесу в реальному часі, розробка математичних моделей прогнозування ризику виникнення аварійних ситуацій, основаних на уявленні процесу із застосуванням методів багатовимірного аналізу даних [17]; розробка структури комп'ютерного навчального комплексу оператора хімічного виробництва [18]; вибір та обґрунтування методики тестування динаміки значень технологічних параметрів з метою виявлення небезпечної тенденції на основі відомих статистичних критеріїв [24].

Апробація результатів роботи. Основні результати роботи доповідалися на 13 міжнародних і всеукраїнських науково-технічних конференціях: Міжнародній науково-практичній конференції «Динаміка наукових досліджень» (Дніпропетровськ, 2002); II Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні наукові дослідження – 2006» (Дніпропетровськ, 2006); Міжнародній науково-технічній конференції «Інтелектуальні системи в промисловості та освіті-2007» (Суми, 2007); II, V, VI Всеукраїнських науково-методичних конференціях «Розвиток науки і освіти в регіональних освітніх установах в контексті Болонського процесу» (Сєвєродонецьк, 2007, 2011, 2012); X Міжнародній науково-технічній конференції «Інформаційні технології в освіті та управлінні» (Нова Каховка, 2008); V

Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Наука і життя: українські тенденції, інтеграція у світову наукову думку» (Київ, 2009); VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та безпека управління» (АР Крим, 2009); VI Міжнародній конференції «Стратегія якості в промисловості та освіті» (Варна, Болгарія, 2010); VII Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології та безпека в управлінні» (Одеса, 2010); Міжнародній науковій конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2013)» (Євпаторія, 2013); Міжнародній науково-технічній конференції «Сталий розвиток промисловості та суспільства» (Кривий Ріг, 2014).

Публікації. За темою дисертації з викладенням її основних результатів опубліковано 24 наукові праці у міжнародних і вітчизняних виданнях, з них: 1 робота у фаховому зарубіжному науковому виданні, 13 статей у наукових фахових виданнях України, 10 тез доповідей у збірниках праць конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури, додатка. Повний обсяг дисертації становить 176 сторінок, містить 42 рисунки, 15 таблиць. Бібліографічний список містить 181 позицію використаних літературних джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У Вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність, визначено мету, об'єкт та предмет, розкрито методи та завдання дослідження, подано характеристику наукової новизни й практичного значення отриманих результатів; викладено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; зазначено інформацію про важливість розробки нових інформаційних технологій прогнозування аварійних ситуацій у великотоннажному хімічному виробництві, про особистий внесок здобувача, апробацію і впровадження результатів.

У **першому розділі** проаналізовано існуючі підходи до забезпечення безпеки технологічних процесів. Актуальні проблеми запобігання аварійних зупинок великотоннажного хімічного агрегату представлені у трьох аспектах: технологічному, економічному та екологічному. На прикладі виробництва аміаку виявлені та класифіковані види й основні причини аварійних зупинок.

Розглянуто засоби і методи для моделювання поведінки складних технологічних об'єктів у критичних і передаварійних ситуаціях. Аналіз показав, що найбільш поширеною формою подання передаварійної динаміки таких об'єктів є нечіткі ситуаційні моделі, вихідними даними для яких є часові ряди значень технологічних параметрів.

Обґрунтовано необхідність розробки спеціалізованих засобів, що забезпечують підтримку прийняття рішень за наявності передаварійних ситуацій.

За результатами аналізу сформульовано загальну наукову задачу дисертації, яку поділено на часткові:

– комплексний аналіз існуючих підходів до підвищення безпеки великотоннажних хімічних виробництв і технологій прогнозування аварійних ситуацій;

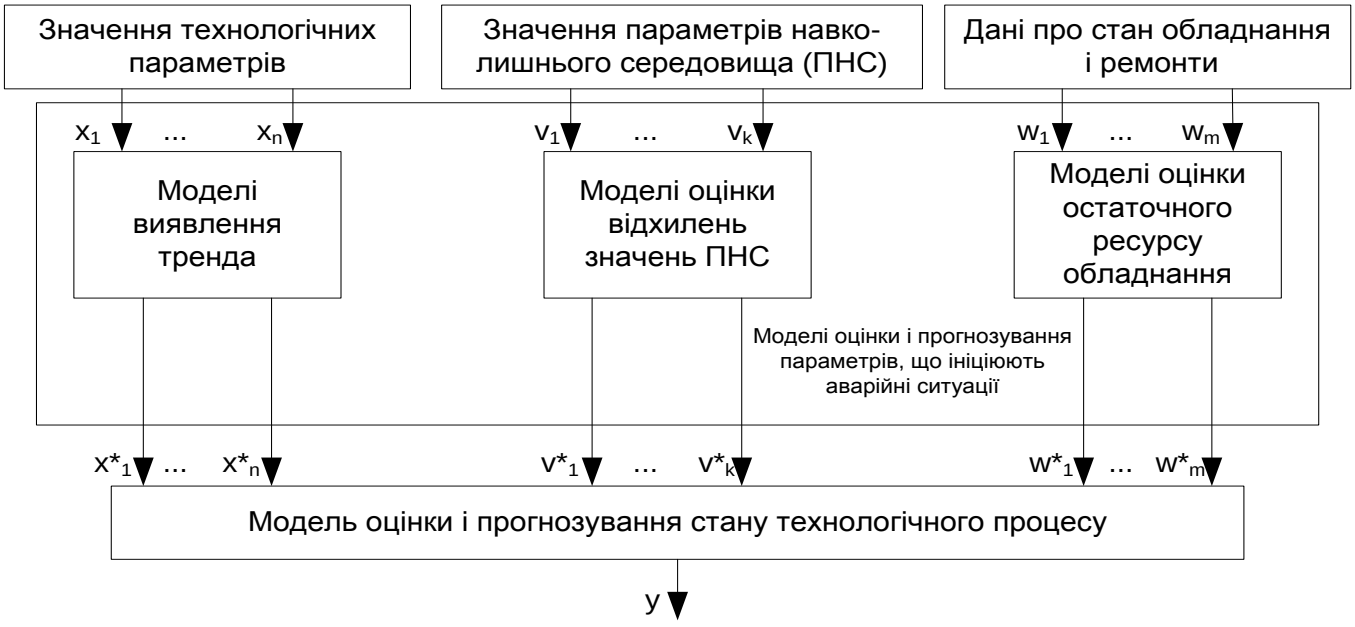
– розробка моделей для автоматизованої оцінки та прогнозування параметрів, що ініціюють аварійні ситуації у виробництві аміаку;

– розробка моделі комплексної оцінки негативної тенденції технологічного процесу з застосуванням математичного апарату розширених мереж Петрі та теорії нечітких множин;

– синтез системи інформаційної підтримки оператора хімічного виробництва в управлінні передаварійними режимами з використанням розроблених моделей і методів; імплементація розроблених моделей і методів в автоматизовані середовища підтримки прийняття рішень у контурі АСУ ТП виробництва аміаку та оцінка ефективності її впровадження.

Основні результати першого розділу опубліковано в роботах [2-5, 15, 16, 17].

У **другому розділі** надано результати розробки моделі для обліку взаємопов'язаного впливу параметрів, які ініціюють аварійну ситуацію на виробництві, на стан системи в реальному масштабі часу. Розроблено загальну структуру системи прогнозування (рис. 1). Визначено параметри для прогнозування аварійних ситуацій на виробництві аміаку.



xi, vi, wi – поточні значення факторів, що ініціюють аварійні ситуації у виробництві (фізичні величини);

x^*_i, v^*_i , w^*_i – оцінки прогнозованих значень відповідних чинників ($x^*_i \in [0;1]$, $v^*_i \in [0;1]$, $w^*_i = [0;1]$));

n, k, m – відповідно кількість технологічних параметрів, характеристик навколишнього середовища й обладнання, що ініціюють аварійні ситуації у виробництві;

y – оцінка прогнозованого стану технологічного процесу (дискретна величина, $y \in \{0;1\}$).

Рисунок 1 – Структура взаємодії моделей в автоматизованій системі прогнозування аварійних ситуацій великотоннажного хімічного виробництва

Розроблено методику побудови системи оцінки та прогнозування стану технологічного процесу з застосуванням модифікованої нечіткої мережі Петрі. Викладено результати практичного використання мереж Петрі для аналізу технологічних ситуацій у діючому хімічному виробництві.

Для побудови комплексної моделі запропоновано використовувати розширення традиційних мереж Петрі у вигляді нечіткої ординарної мережі з пріоритетами C_{fPR}.

$$C_{fPR} = \langle N,\ f,\ \lambda,\ m^0,\ PR \rangle, \qquad (1)$$

де:

– $N = \langle P, T, I, O \rangle$ – структура мережі C_{fPR}, яка аналогічна структурі ординарних мереж Петрі і для якої $I: P \times T \to \{0,1\}$ та $O: T \times P \to \{0,1\}$ – відповідно вхідна і вихідна функції переходів;

– f = (f_1, f_2, …, f_u) – вектор значень функції приналежності нечіткого спрацьовування переходів, $f_j \in [0,1]$, $j \in \overline{1, u}$, де u – кількість переходів;

– λ= (λ_1, λ_2,…, λ_u) – вектор значень порога спрацьовування переходів, $\lambda_j \in [0,1]$;

– m^0= (m_1^0, m_2^0,.., m_n^0) – вектор початкового маркування, кожна компонента якого визначається значенням функції приналежності нечіткої наявності маркера у відповідній позиції даної мережі, $m_i^0 \in [0,1]$, $i \in \overline{1, n}$, де n – кількість позицій;

– PR – відношення пріоритетності, що задається на $\{t_j\}$ та визначає порядок споживання міток. З кожним переходом t_j мережі C_{fPR} пов'язаний його пріоритет $pr(t_j) \in PR$, pr: $pr(t_j) = j$.

Використовувана модель характеризується введенням нечіткості в початкове маркування та правила спрацьовування переходів формалізму ординарних мереж Петрі і введенням відношення пріоритетності PR.

Процес зміни маркувань мережі C_{fPR} відбувається в результаті нечіткого спрацьовування стійко активного переходу згідно з правилами спрацьовування та поточного маркування, активності та стійкої активності переходу.

Будь-який поточний стан мережі C_{fPR} визначається вектором m = (m_1, m_2,..., m_n), компоненти якого $m_i \in [0,1]$ інтерпретуються як значення функції приналежності нечіткої наявності маркера у відповідних позиціях $p_i \in P$ мережі C_{fPR}.

Початковий стан мережі визначається вектором початкового маркування m^0. Нечітке спрацьовування стійко активного переходу t_k, призводить до нового маркування m^v=(m_1^v, m_2^v,..., m_n^v), компоненти вектора якого визначаються відповідно з наведеними нижче формулами. Для кожної з вхідних позицій $p_i \in P$, для яких $I(p_i, t_k) > 0$:

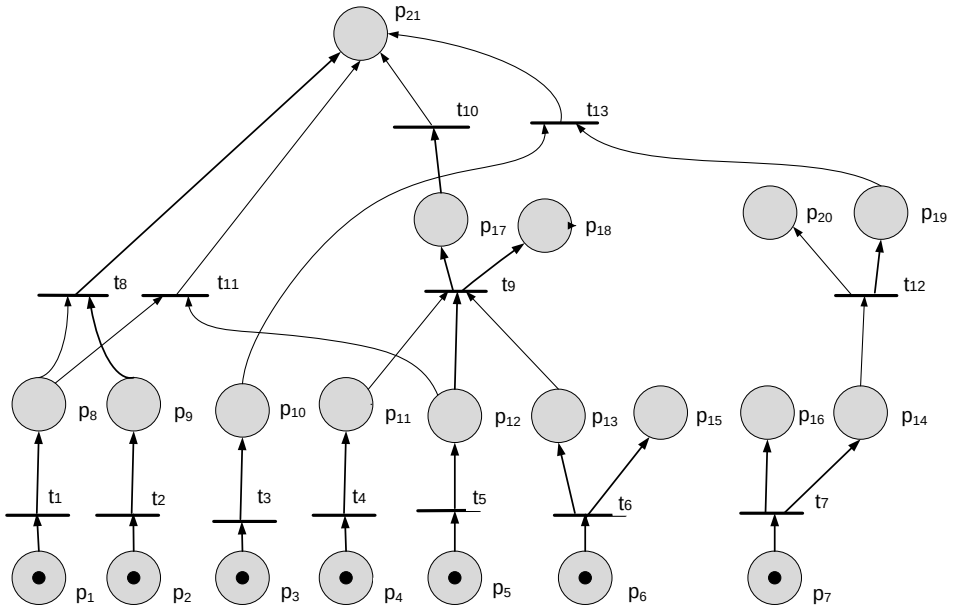
$$m_i^v = 0; \quad \forall p_i \in P \mid I(p_i, t_k) > 0; \quad i \in \overline{1, n};$$

для кожної з вихідних позицій $p_j \in P$, для яких $O(t_k, p_j) > 0$:

$$m_j^v = \max\ \left\{ m_j, \min\{ m_i,\ f_k \} \right\}\ ,$$

де $j \in \overline{1,n}$; $i \in \overline{1,n} \mid I(p_i, t_k) > 0$; f_k – значення функції приналежності нечіткого спрацьовування переходу $t_k \in T$, що задається при визначенні конкретної мережі C_{fPR}.

Для аналізу ситуацій на виробництві аміаку побудовано комплексну модель у вигляді нечіткої мережі Петрі з можливими варіантами передаварійних подій, яка враховує поточні значення факторів, що ініціюють аварійні ситуації у виробництві, зокрема оцінки прогнозованих значень технологічних параметрів та характеристики навколишнього середовища (рис. 2).



p_1 – оцінка витрат повітря FCSA-3 у вторинний риформінг;
p_2 – оцінка температури TSA-4 в лобовому шарі каталізатора вторинного риформінгу;
p_3 – оцінка тиску на виході з реакційних труб печі риформінгу PCSA-5;
p_4 – оцінка рівня навантаження;
p_5 – оцінка температури навколишнього середовища ($t>20^0C$);
p_6 – оцінка залишкового ресурсу компресора 101-J;
p_7 – оцінка залишкового ресурсу реакційних труб печі риформінгу;
p_8 – неприпустиме зниження витрати повітря FCSA-3 у вторинний риформінг;
p_9 – неприпустиме зниження температури TSA-4;
p_{10} – неприпустиме зниження тиску на виході з реакційних труб печі риформінгу;
p_{11} – гранично-високе навантаження;
p_{12} – критично висока температура навколишнього середовища;
p_{13} – нульовий залишковий ресурс компресора 101-J;
p_{14} – нульовий залишковий ресурс реакційних труб печі риформінгу;
p_{15} – рекомендація: зношення компресорного устаткування;
p_{16} – рекомендація: зношення реакційних труб печі риформінгу, проведіть діагностику, стежте за PCSA 5;
p_{17} – зупинка компресора 101-J;
p_{18} – рекомендація: можлива зупинка компресора 101-J;
p_{19} – пропуск на лінії реакційних труб;
p_{20} – рекомендація: можливий пропуск на лінії реакційних труб;
p_{21} – аварійна зупинка.

Рисунок 2 – Фрагмент моделі аналізу ситуації на основі нечіткої мережі Петрі C_{fPR}

Структура N мережі C_{fPR} містить повну інформацію для визначення можливих послідовностей подій і має звичайний, не нечіткий вигдяд, який визначається матрицями вхідних (I) та вихідних (O) позицій, тому графічно мережа C_{fPR} зображується орієнтованим двочастковим графом аналогічно ординарним мережам Петрі. Вихідними даними для формування вектора початкової маркування мережі є оцінки значень параметрів системи {X*, V*, W*}.

Зважаючи на те, що в ході технологічного процесу можливе відновлення параметрів під час передаварійного стану за зовнішнього впливу оператора на систему, в моделі передбачено зміну параметрів маркування на кожному такті моделювання. Крім того, у досліджуваній моделі дві дозволені події, що не взаємодіють, можуть відбуватися незалежно одна від одної.

Вихідними даними для формування вектора початкового маркування мережі C_{fPR} є оцінки значень параметрів, які ініціюють аварійну ситуацію. Після того, як мережа відпрацювала, вектор початкового маркування обнуляється і формується наново.

У межах робіт з аналізу мережі на виникнення критичних ситуацій досліджені алгоритми побудови дерева досяжності. Зокрема проведено ряд досліджень, спрямованих на оцінювання швидкодії різних алгоритмів побудови дерева. Тестувалися два алгоритми: простого перебору та перебору з відсіканням. На малих мережах Петрі з невеликою кількістю незалежних підмереж алгоритм простого перебору за швидкодією показав кращі результати порівняно з алгоритмом перебору з відсіканням. Протилежна картина спостерігається в роботі з великими мережами Петрі зі значною кількістю підмереж і циклів. У таких мережах алгоритм простого перебору виявився непридатний, оскільки кількість оброблюваних варіацій зростає за законом 2^n, де n – кількість незалежних підмереж.

За результатами проведених досліджень зроблено висновок про доцільність використання алгоритму перебору з відсіканням для побудови дерева досяжності.

Основні результати другого розділу опубліковано в роботах [10, 17, 19, 21].

Третій розділ дисертації присвячений розробці методів і моделей для оцінки та прогнозування параметрів, що ініціюють аварійні ситуації у процесі виробництва аміаку.

Вперше представлено метод раннього виявлення небезпечної тенденції в динаміці технологічного параметра виробництва аміаку.

Під небезпечною тенденцією в динаміці технологічного параметра розуміється монотонне зміщення поточного значення параметра в бік його критичного значення, яке регламентом визначено як умова спрацьовування сигналізації.

Процедуру прогнозування запропоновано структурувати на два етапи.

На першому етапі вирішується проблема виявлення небезпечної тенденції в динаміці параметрів, що ініціюють аварійні ситуації, на основі аналізу часових рядів.

Завдання другого етапу полягає в оцінці виявленої небезпеки за допомогою прогнозних моделей.

Проблема виявлення небезпечної тенденції в динаміці параметрів містить дві підзадачі:

– аналіз характеру динаміки значень технологічного параметра в нормальному і передаварійному режимах і виділення особливостей, характерних для кожного режиму;

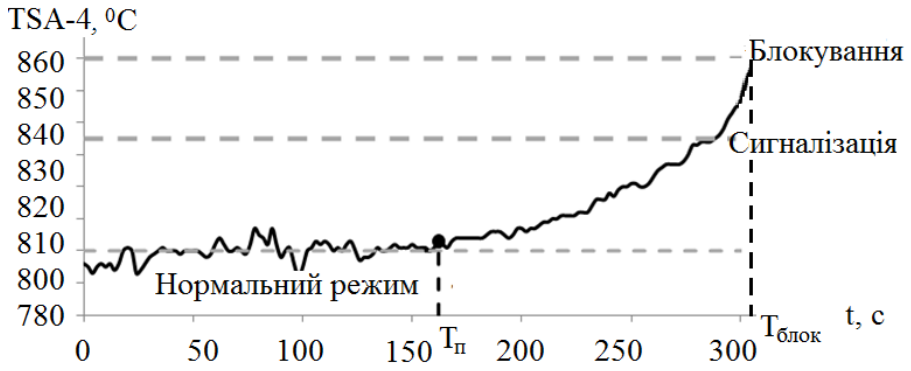
– побудова алгоритму виявлення на ранній стадії появи передаварійної динаміки на основі результатів вимірювань технологічних параметрів.

Для виявлення особливостей зміни параметрів у різних режимах розглядається часовий ряд (X), побудований на емпіричних даних динаміки контрольованого технологічного параметра (рис. 3):

$$X : x_i,\ i=1, 2, \ldots, n\ , \tag{3}$$

де x_i – i-те за порядком спостереження, $x_i=x(t_i)$, t_i – i-тий момент часу (сек.), $t_1=0$.

Вважаємо, що до моменту появи небезпечної тенденції ($T_п$) ряд X стаціонарний (відсутній тренд), а з моменту появи небезпечної тенденції процес входить у передаварійний режим, у часовому ряді X присутній тренд.



TSA-4 – технологічний параметр, що контролюється;
$T_п$ – визначений експертом момент появи небезпечної тенденції;
$T_{блок}$ – час спостереження до блокування.

Рисунок 3 – Характер динаміки значень технологічного параметра в нормальному і передаварійному режимах

Поставлено завдання розробити метод раннього виявлення тренда в часовому ряді (3) за умови досягнення мінімальної частоти помилкових тривог, $T_в$ – момент виявлення тренда:

$$T_в - T_п \to \min\ .$$

Вирішуючи задачу виявлення небезпечної тенденції, виділено інтервал спостережень $x(t_i)$, $t_i \in [0;T_п]$ невизначеного стану, вважаючи, що з моменту $T_п$ з'явилася небезпечна тенденція. Виявлення тренда в моменти часу $t_i < T_п$ оцінюється як помилка першого роду – помилкова тривога. Невиявлення тренду за межею $t_i > T_п$ оцінюється як помилка другого роду – пропуск події.

Оскільки небезпечна тенденція характеризується прямуванням значення контрольованого параметра $x(t_i)$ в бік критичного значення $x_{кр}$, то за ряд, що підлягає тестуванню, пропонується розглядати ряд X^*:

$$X^*: x^*(t_i),\ i=1, 2, \ldots, n\ ,\ x^*(t_i) = |x(t_i) - x_{кр}|, \qquad (4)$$

за альтернативну гіпотезу H_1 – присутність монотонно-спадного тренду.

Суть пропонованого методу виявлення небезпечної тенденції (рис. 4) полягає в оцінюванні довжини послідовності монотонно-спадних значень (серії), які йдуть поспіль з інтервалом k і відображають скорочення дистанції до критичного значення технологічного параметра.

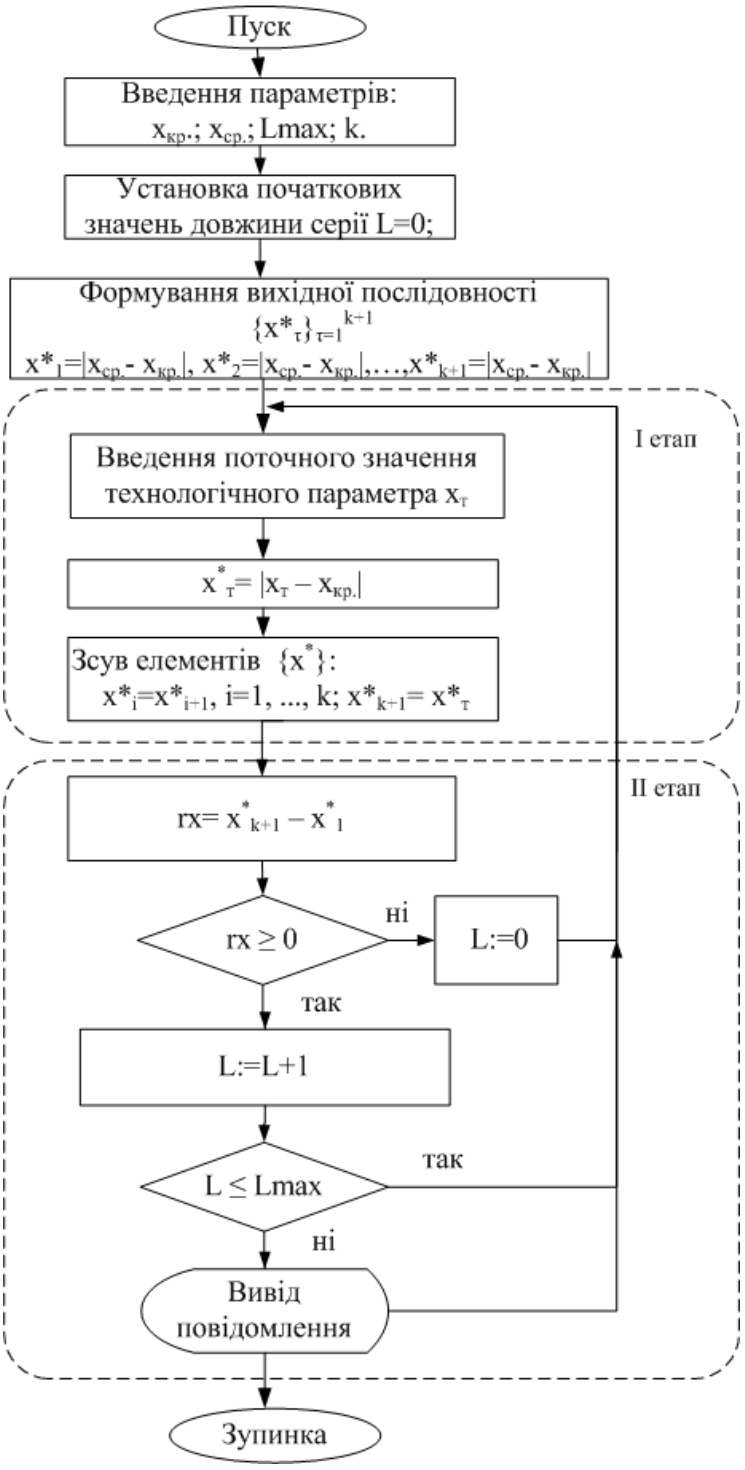


Рисунок 4 – Процедура реалізації методу виявлення небезпечної тенденції

Довжина серії (L) порівнюється з максимальною довжиною (Lmax) серії, яка формується за значеннями, що спостерігаються в нормальному режимі.

Якщо L > Lmax, то приймається рішення про появу небезпечної тенденції (присутній тренд).

Інтервал k підбирається за ретроспективними даними, зібраними в передаварійних режимах, так, що

$$\forall\ x^*(t_i) \mid t_i \geq T_п \text{ виконується умова: } x^*(t_{i+k}) < x^*(t_i).$$

Для формування критерію необхідно послідовно визначити інтервал k і максимальну довжину Lmax серії, яка формується за значеннями, що спостерігаються в нормальному режимі.

При цьому пропонується визначена процедура розрахунку k.

На основі ретроспективних даних, що відображають небезпечну динаміку аналізованого технологічного параметра, формується часовий ряд (3), задаються встановлений експертом допустимий час затримки виявлення небезпечної тенденції $T_{з.доп}$, встановлений регламентом $x_{кр}$, інтервал спостережень Δt; формується часовий ряд (4) відстаней до критичного значення. Далі будується послідовність перших різниць X^k аналізованого часового ряду X* з інтервалом k, починаючи з k=1:

$$X^k : x^k(t_j),\ j=1, 2, \ldots, n-k,\ x^k(t_j) = x^*(t_{j+k}) - x^*(t_j). \qquad (5)$$

Так, при k =1, $X^1 : x^1(t_j)$, j=1, 2, …, n-1 , $x^1(t_j) = x^*(t_{j+1}) - x^*(t_j)$.

На наступному кроці визначаються класи $x^k(t_j)$:

$$\text{Class}_j = \begin{cases} 0, \text{ якщо } x^k(t_j) \geq 0, \\ 1, \text{ якщо } x^k(t_j) < 0 \end{cases} \qquad (6)$$

і кількість серій (ks) з «1» у сукупності $\{\text{Class}_j\}$.

Далі оцінюється кількість серій за такими правилами:

– якщо сукупність $\{\text{Class}_j\}$ є послідовністю тільки з «1», тобто ks=1, то в ролі шуканого значення інтервалу k треба прийняти його поточне значення;

– в іншому випадку, коли в послідовності $\{\text{Class}_j\}$ присутні стрибки (тобто коливання в ряду X^k більше, ніж зміщення в напрямку критичного значення), збільшити інтервал на одне спостереження.

На останньому кроці інтервал k порівнюється з максимально допустимим, що обчислюється як $T_{з.доп.}/\Delta t$. При цьому:

– якщо k не перевищує максимально допустиме значення, то для перевірки допустимості його поточного значення повторно виконуються вищевказані операції, починаючи з оцінки кількості серій;

– в іншому випадку критерій на даному наборі значень не може бути сформований.

Показником ефективності методу є очікуваний час затримки виявлення небезпечної тенденції – $T_{з.оч.} = \Delta t^{*}(k + L\max + 1)$.

Для підвищення ефективності прогнозування запропоновано й обґрунтовано доцільність попередньої обробки даних – нормування значень обраних ознак.

Основні результати розділу опубліковано в роботах [1, 5, 7, 13, 14, 24].

У четвертому розділі представлено результати практичного впровадження запропонованих у роботі моделей, методів і підходів в автоматизовану систему прогнозування аварійних ситуацій виробництва аміаку.

Пропоновані в роботі моделі, методи і підходи в сукупності становлять інформаційну технологію підтримки прийняття рішень оператора хімічного виробництва в передаварійних ситуаціях (рис. 6).

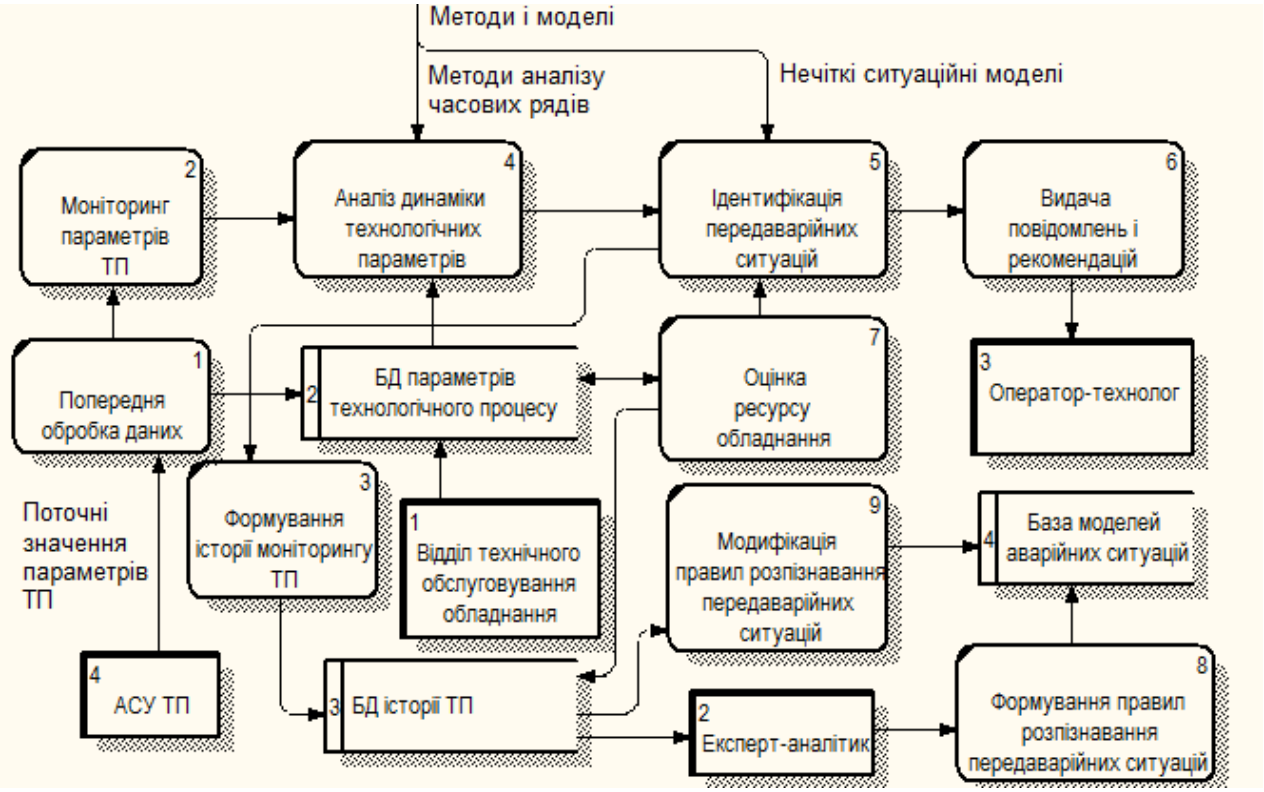


Рисунок 6 – Схема інформаційної технології підтримки прийняття рішень оператора хімічного виробництва в передаварійних ситуаціях

У розділі також наведено методику й результати експериментальних досліджень компонентів системи інформаційної підтримки оператора в процесі прийняття рішень. Для оцінки виявленої небезпеки в динаміці технологічних параметрів розроблено моделі налаштувань на основі методів регресії, зокрема запропоновано й обґрунтовано структуру моделі у вигляді кубічного сплайна, яка дозволяє враховувати відмінності швидкості зміни прогнозованого показника на початковій і кінцевій ділянках його передаварійної динаміки. Моделі побудовано на підставі статистичних даних, отриманих у режимах аварійної зупинки.

На основі експериментальної вибірки методом лінійної регресії досліджено залежність $X_j(T)$ для кожного j-го технологічного параметра за межею нормального стану системи (регламентного режиму, рис. 3), де $T \in [T_п; T_{блок.}]$. Так, для оцінки динаміки показника витрати технологічного повітря у вторинний риформінг побудований кубічний сплайн вигляду:

$$x^* = \begin{cases} = 0.036\, t^{*3} + 0.694\, t^{*2} + 0.027\, t^*, \text{ якщо } t^* < 0.2, \\ = 0.571 t^{*3} + 0.242\, t^{*2} + 0.180\, t^* - 0.018, \text{ якщо } t^* \in [0.2;\ 0.9], \\ = 1.331\, t^{*3} - 1.785\, t^{*2} + 2.052\, t^* - 0.611, \text{ якщо } t^* > 0.9, \end{cases} \quad (7)$$

де $x_i^* \in [0;1]$ – нормоване і-е значення параметра **X,** $t_i^* \in [0;1]$– нормоване і-е значення змінної **t.**

Середньоквадратична похибка моделі, побудованої на основі сплайна (7), складає 0,002, що характеризує її більш високу надійність порівняно з використовуваною поліноміальною моделлю (0,003).

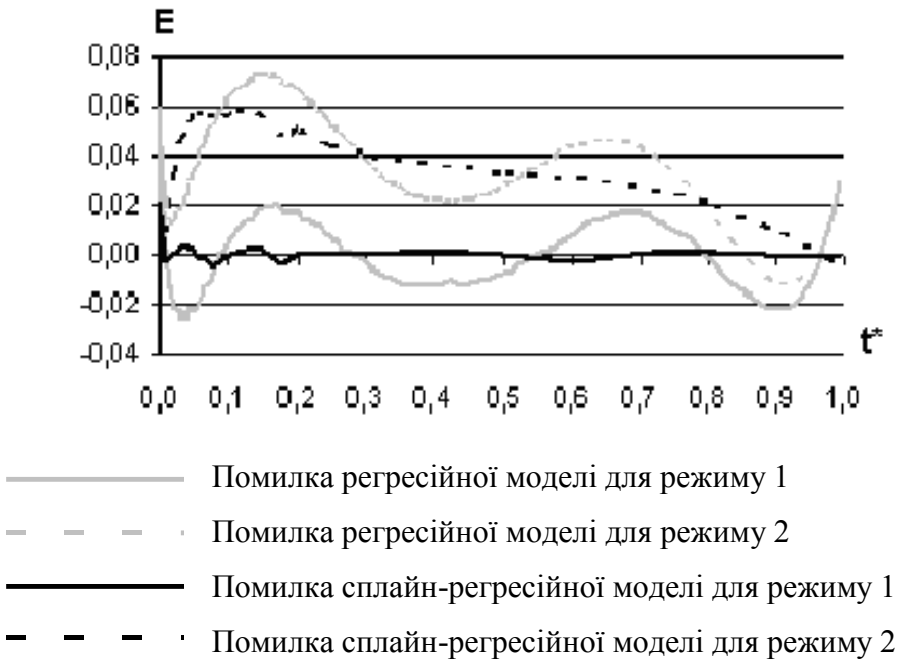


Рисунок 5 – Результати оцінки поліноміальної сплайн-регресійної моделі

Розроблено схему впровадження автоматизованої системи прогнозування аварійної ситуації в систему управління технологічним процесом аміаку та виконано оцінку ефективності її впровадження.

Набули подальшого розвитку інформаційні технології інтеграції систем управління хімічним виробництвом. Запропоновано два варіанти впровадження системи прогнозування аварійних ситуацій у загальний контур системи автоматизованого управління:

– на основі додаткового програмно-технічного комплексу, що взаємодіє з АСУ ТП на базі стандартів OLE for Process Control (OPC);

– на основі реалізації моделі прогнозування аварійних ситуацій за допомогою програми Control Builder.

Розроблено схему модуля прогнозування, який забезпечує прийом різнорідних даних та комплексну оцінку ситуації. Механізм прогнозу поведінки технологічних параметрів, що інтегрований з АСУ ТП, пройшов тестову перевірку. Адекватність прогнозу становить 82%, що задовольняє поставлені вимоги.

Наукові і практичні результати дисертації використані для розробки спеціального програмного модуля прогнозування у складі АСУ ТП виробництва аміаку ЗАТ «Сєвєродонецьке об'єднання «Азот» (акт про впровадження від 25.02.2010). Аналіз результатів використання розробленої інформаційної технології та її практичного впровадження на підприємстві показав істотне скорочення кількості аварійних зупинок виробництва аміаку на 25%, скорочення тривалості простоїв цеху за рахунок зниження трудомісткості на пошук несправності до 30%.

Запропоновані в дисертаційній роботі методи моделювання аварійних ситуацій у хімічному виробництві і моделі небезпечної тенденції в динаміці контрольованих технологічних параметрів, що ініціюють аварійні ситуації у виробництві аміаку, були використані також для розробки тренажерного комплексу для операторів-технологів аміачного агрегату.

Основні результати четвертого розділу опубліковано в роботах [6, 9, 11, 12, 14, 20, 22].

У висновках викладено найбільш важливі наукові і практичні результати, отримані в дисертаційній роботі.

У додатках наведено матеріали, що містять окремі результати досліджень і експериментів, проведених у роботі; акти впровадження результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача підвищення термінів безаварійної роботи великотоннажного хімічного виробництва і зниження збитків від аварійних зупинок шляхом створення засобів інформаційної підтримки оперативного персоналу, що працюють у контурі АСУ ТП в режимі реального часу на основі комплексної оцінки негативних тенденцій технологічних параметрів.

У процесі розв'язання завдань роботи отримані такі результати.

1. На підставі проведеного аналізу підходів до підвищення безпеки хімічних виробництв встановлено, що для забезпечення безаварійності технологічного процесу, зниження собівартості кінцевого продукту, скорочення шкідливих викидів і відходів, необхідне оснащення діючої АСУ ТП інформаційно-аналітичними засобами підтримки прийняття рішень операторів у критичних ситуаціях. При цьому як одну з основних проблем виділено можливість побудови якісного прогнозу виникнення аварійної ситуації для прогнозування можливих порушень технологічного процесу і вироблення керуючих впливів у вигляді порад оператору.

2. Опираючись на результати проведеного аналізу, в ролі математичного апарату формалізації завдання запропоновано комбіноване використання імовірнісного і теоретико-множинного описів системи із залученням евристичних методів формування вихідних даних про процес, який моделюється.

3. Отримано моделі оцінки динамічних характеристик аміачного виробництва на основі об'єднаного використання математичного апарату теорії графів, нечітких множин, моделей ситуаційного управління.

4. Для реалізації моделі оцінки та прогнозування стану технологічного процесу запропоновано використання розширених мереж Петрі. Сформульовано алгоритм нечіткого спрацьовування переходів мережі та умови стійкої активності переходу.

5. З метою забезпечення адекватності прогнозу аварійної ситуації на виробництві проведено формалізацію оцінок шляхом поєднання різних критичних і передаварійних виробничих ситуацій.

6. Показано, що використання рекомендованих методів моделювання та аналізу дозволяє оцінити вплив, який чиниться окремими компонентами на роботу системи, визначити вузькі місця в структурі системи і її надійність, отримати перспективний прогноз розвитку при виникненні небезпечних технологічних ситуацій. У такій схемі, при реалізації різних аварійних ситуацій, відрізнятися будуть тільки внутрішні параметри, пов'язані з умовами та часовими затримками спрацьовування переходів, що дозволить проводити динамічне моделювання поведінки технологічного процесу в режимі реального часу і, тим самим, дозволить підвищити якість прогнозу поведінки досліджуваного багатотонного хімічного виробництва в передаварійних ситуаціях.

7. Запропоновано рішення задачі раннього виявлення небезпечної тенденції в динаміці технологічних параметрів на основі методів аналізу часового ряду.

8. Розроблено метод раннього виявлення небезпечної тенденцій в динаміці контрольованого технологічного параметра, який забезпечує необхідний час затримки виявлення та мінімальну частоту помилкових тривог. На прикладі аналізу передаварійної динаміки часового ряду виділених контрольованих технологічних параметрів виробництва аміаку проведено оцінку працездатності та ефективності запропонованого методу.

9. Розроблено схему моделі прогнозування, яка забезпечує прийом різнорідних даних та комплексну оцінку ситуації. Механізм прогнозу поведінки технологічних параметрів пройшов перевірку адекватності, яка склала 81,679%, що повною мірою задовольняє поставлені вимоги щодо реалізації прогнозу.

10. Наукові та практичні результати роботи використано в розробці спеціалізованого програмного модуля прогнозування, включеного до складу АСУ ТП виробництва аміаку.

11. Розроблене алгоритмічне і програмне забезпечення впроваджено в ЗАТ «Сєвєродонецьке об'єднання «Азот», що підтверджено відповідними актами. При цьому було досягнуто скорочення кількості аварійних зупинок виробництва аміаку на 25%, скорочення тривалості простоїв цеху за рахунок зниження трудомісткості на пошук несправності до 30%.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Skarga-Bandurova I. Methods to assessing critical parameters and early warnings of dangerous situations / I. Skarga-Bandurova, L. Shumova, A. Ryazantsev // Journal of Information, Control and Management Systems. – 2014. – V. 12, No. 1. – P. 83-91. (зарубіжне видання, publisher: Faculty of Computer Science and Informatics at Žilina University, Slovakia).

Здобувачем запропонований метод раннього розпізнавання передаварійної ситуації для великотоннажного виробництва аміаку.

2. Кац М. Д. Повышение эффективности использования производственных ресурсов на основе новой методологии исследования технологических процессов / М. Д. Кац, А. Е. Буфалова, Л. А. Шумова // Вісник Східноукраїнського державного університету. – 1999. – № 5 (20). – С. 177-179.

Здобувачем вперше виділені субоптимальні режими виробництва формальдегіду на основі статистичних даних, розроблені одновимірні моделі і мозаїчні моделі технологічного процесу виробництва формальдегіду. Здійснено практичну реалізацію методу ідентифікації.

3. Солдатов А. Н. Экономический аспект в оценке современного экологического состояния химических регионов / А. Н. Солдатов, Л. А. Шумова // Вісник Східноукраїнського державного університету. – 2000. – № 4 (26). – С. 313-315.

Здобувачем проведено апробацію методики оперативного технологічного аудиту на великотоннажному виробництві аміаку. Проведено аналіз ефективності використання виробничих ресурсів, обробка та аналіз результатів.

4. Шумова Л. А. Повышение эффективности управления технологическими процессами действующих производств / Л. А. Шумова // Економіка, менеджмент, підприємництво : зб. наук. праць. – 2001. – № 4. – С. 121-123.

Здобувачем проведено дослідження проблем підвищення ефективності управління хімічними виробництвами, проведена ідентифікація технологічного процесу діючого великотоннажного виробництва аміаку, виявлені режими, що дозволяють знизити питомі витрати природного газу. Розраховано економічний ефект від впровадження рекомендацій.

5. Рязанцев А. И. Математические модели прогнозирования опасных технологических ситуаций / А. И. Рязанцев, Л. А. Шумова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2007. – № 5 (111), ч. 2. – С. 79-83.

Здобувачем проведено аналіз існуючих засобів, методів і моделей, що використовуються для прогнозування ризиків.

6. Рязанцев А. И. Модель оценки опасности состояния химического производства с использованием методов регрессии / А. И. Рязанцев, А. Л. Бродский, Л. А. Шумова // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2008. – № 1 (30). – С. 30-34.

Здобувачем поставлена і вирішена задача апроксимації багатовимірної залежності за значеннями технологічних параметрів для прогнозування аварійних зупинок великотоннажного виробництва аміаку. Побудована модель у вигляді дерева відмов і прогнозна регресійна модель у вигляді сплайна.

7. Рязанцев А. И. Система прогнозирования аварийных ситуаций крупнотоннажного химического производства / А. И. Рязанцев, И. С. Скарга-

Бандурова, Л. А. Шумова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2009. – № 2 (132), ч. 2. – С. 55-60.

Здобувачем запропонована методика побудови системи оцінки і прогнозування стану технологічного процесу із застосуванням модифікованої нечіткої мережі Петрі. Сформульовано правила нечіткого спрацьовування переходів мережі й умови стійкої активності переходу.

8. Рязанцев О. І. Дослідження критеріїв оптимальності при прогнозуванні аварійних ситуацій на хімічному виробництві / О. І. Рязанцев, І. С. Скарга-Бандурова, Л. О. Шумова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2009. – № 6 (136). – С. 271-274.

Здобувачем проведені аналіз критеріїв оптимальності для якісної оцінки і прогнозування ризику, перевірка адекватності оцінок, отриманих за допомогою обережних критеріїв: метод мінімального ризику; метод мінімальної кількості помилкових рішень; метод максимальної правдоподібності.

9. Рязанцев А. И. Система поддержки принятия решений при управлении технологическим процессом в предаварийных ситуациях / А. И. Рязанцев, И. С. Скарга-Бандурова, Л. А. Шумова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2010. – № 9 (151), ч. 1. – С. 189-193.

Здобувачем розроблена структура підсистеми підтримки прийняття рішень у хіміко-технологічному процесі. Розроблено моделі та методи отримання, структурування і вилучення знань про параметри для реалізації СППР.

10. Рязанцев А. И. Сети Петри как топологические модели анализа технологических ситуаций / А. И. Рязанцев, И. С. Скарга-Бандурова, Л. А. Шумова // Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво / Луцький національний технічний університет. – 2011. – № 6. – С. 211-215.

Здобувачем розроблена ситуаційна модель аварійних зупинок великотоннажного аміачного агрегату на основі оцінок параметрів технологічного процесу з урахуванням невизначеностей (нечіткості меж оцінок), реалізована у вигляді нечіткої ординарної мережі Петрі з пріоритетами.

11. Скарга-Бандурова И. С. Автоматизація методів розрахунку залишкового ресурсу об'єктів підвищеної небезпеки / И. С. Скарга-Бандурова, Л. А. Шумова, А. В. Харитонова // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2011. – № 7 (161), ч.1 – С. 235-240.

Здобувачем поставлена і вирішена задача автоматизації оцінки фактичного технічного стану обладнання для підтримки процедур прогнозування його стану на прикладі розрахунків залишкового ресурсу промислових трубопроводів.

12. Шумова Л. А. Интеграция автоматизированных систем промышленного предприятия на основе стандарта ОРС / Л. А. Шумова, М. Е. Щербакова // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – 2011. – № 15 (169), ч. 2 – С. 151-154.

Здобувачем запропонований спосіб вирішення проблеми інтеграції різнорідних АСУ діючого хімічного виробництва: АСУТП, АРМ основних фахівців виробництва, АСУ основними фондами та спеціально розробленою СППР технолога оператора з метою запобігання аварійних ситуацій.

13. Шумова Л. А. Метод раннего обнаружения опасной тенденции технологических параметров / Л. А. Шумова, И. С. Скарга-Бандурова // Вісник Криворізького національного університету. Збірник наукових праць. – Кривий Ріг, 2014. – Вип. 37. – С. 126-129.

Здобувачем запропонований метод прогнозування аварійної ситуації в технологічному процесі на основі аналізу часових рядів значень технологічних параметрів. Проведена

формалізація критерію для раннього виявлення небезпечної тенденції в технологічному процесі на основі аналізу часових рядів значень контрольованих параметрів.

14. Скарга-Бандурова И. С. Модели повышения качества безаварийного управления крупнотоннажным химическим производством / И. С. Скарга-Бандурова, Л. А. Шумова // Проблеми інформаційних технологій. – 2016. – № 1(19). – С. 18-30.

Здобувачем проведено аналіз підходів до підвищення безпеки хімічних виробництв, розроблено схему прогнозуючої моделі, яка забезпечує прийом різнорідних даних та комплексну оцінку ситуації.

Тези доповідей на конференціях

15. Шумова Л. А. Использование алгоритмов интеллектуального анализа в автоматизированных системах управления крупнотоннажным производством / Л. А. Шумова // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Динаміка наукових досліджень», 28 жовтня – 4 листопада 2002 р., Дніпропетровськ – Дніпродзержинськ – Черкаси. – 2002. – Т. 1 : Сучасні комп'ютерні інформаційні технології. – С. 50.

16. Шумова Л. А. Энергосберегающие информационные технологии в химическом производстве / Л. А. Шумова // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні наукові дослідження-2006», 20-28 лютого 2006 р. – Д., 2006. – Т. 17. Технічні науки. – С. 65.

17. Рязанцев А. И. Моделирование безаварийных режимов в системах управления технологическими процессами / А. И. Рязанцев, Л. А. Шумова // Тези доповідей Першої міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні системи в промисловості і освіті-2007», 7-9 листопада 2007 р. – Суми, 2007. – С. 144-145.

Здобувачем виконана постановка і рішення задачі оцінки та аналізу поточної небезпеки технологічного процесу в реальному часі, розробка математичних моделей прогнозування ризику виникнення аварійних ситуацій, основаних на уявленні процесу із застосуванням методів багатовимірного аналізу даних.

18. Скарга-Бандурова И. С. Разработка компьютерных обучающих комплексов с целью повышения надёжности управления опасными химическими производствами / И. С. Скарга-Бандурова, Л. А. Шумова, А. И. Рязанцев // I Всеукраїнська науково-методична конференція «Розвиток науки та освіти в регіональних освітніх закладах в контексті Болонського процесу», 18-19 жовтня 2007 р. : матеріали конф. – Сєвєродонецьк, 2007. – С. 33-34.

Здобувачем виконано розробку структури комп'ютерного навчального комплексу оператора хімічного виробництва.

19. Шумова Л. О. Модель оцінки й прогнозування стану динамічних систем із застосуванням модифікованої нечіткої мережі Петрі / Л. О. Шумова // Наука і життя: українські тенденції, інтеграція у світову наукову думку : матеріали п'ятої всеукр. наук.-практ. інтернет-конф., 20-22 трав. 2009 р. – К., 2009. – Ч. 4. – С. 10-11.

20. Шумова Л. А. Автоматизация процесса верификации прогнозных моделей в задачах управления динамическими системами / Л. А. Шумова // VI Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании», 4-11 июня 2010 г., Варна, Болгария : материалы. – Д. ; Варна, 2010. – Т. 2, (ч. 2). – С. 678-680. – Парал. загл. англ.

21. Шумова Л. А. Исследование методов повышения качества оценки состояния динамической системы / Л. А. Шумова // Збірник тез доповідей IV Всеукраїнської науково-методичної конференції «Розвиток науки і освіти в освітніх закладах України у контексті Болонського процесу», 19-20 листопада 2010 р. – Сєвєродонецьк, 2010. – С. 72.

22. Шумова Л. А. Эффективные средства поддержки обучения проектированию компьютерных систем / Л. А. Шумова // Збірник тез доповідей V Всеукраїнської науково-методичної конференції «Розвиток науки і освіти в освітніх закладах України у контексті Болонського процесу», 25-26 листопада 2011 р. – Сєвєродонецьк, 2011. – С. 76.

23. Шумова Л. А. Прогнозирование в управлении технологическим объектом / Л. А. Шумова // Збірник тез доповідей VI Всеукраїнської науково-методичної конференції «Розвиток науки і освіти в освітніх закладах України у контексті Болонського процесу», 23-24 листопада 2012 р. – Сєвєродонецьк, 2012. – С. 44.

24. Шумова Л. А. Критерии тренда в задачах раннего обнаружения опасных тенденций технологических параметров / Л. А. Шумова, А. И. Рязанцев, А. А. Хорбенко // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2013) : міжнар. наук. конф., збірка наук. праць, 20–24 травня 2013 р. – Євпаторія, 2013. – С. 332-334. – Парал. загл. англ., рус.

Здобувачем запропонована методика тестування динаміки значень технологічних параметрів з метою виявлення небезпечної тенденції на основі відомих статистичних критеріїв.

ABSTRACT

Shumova L.A. An automated system for forecasting of emergency situations of large-chemical production. – The Manuscript.

Thesis for a candidate degree of technical sciences, specialty 05.13.06 - information technology. – Donetsk National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Vinnitsa, 2016.

The dissertation is devoted to the development of methods for the prediction of possible breakdowns in the technological process and the designing additional informational support of the operational staff working in the process control system.

This research aims to extend the accident-free operation of large-scale ammonia production and loss reduction on the base of assessing the trends of technological parameters. The dangerous changes in the parameters initiating an emergency situation in the ammonia production were examined and studied; a new method for early detection of pre-emergency situations based on the numerical analysis of time series was proposed, it allows automating the identification of prerequisites for pre-emergency situations in real time. The model for predicting the critical values of the process variables in the form of a cubic spline was refined; proposed model takes into account differences in the projected rate of change of the parameter in the initial and final stages of its pre-crash dynamics. The information system is embedded in the active process control system as an additional built-in hardware and software tool.

Keywords: process, prediction, diagnostics, fault, decision support.

АНОТАЦІЯ

Шумова Л.О. Автоматизована система прогнозування аварійних ситуацій великотоннажного хімічного виробництва. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Донецький національний університет. – Вінниця, 2016.

Дисертацію присвячено розробці методів прогнозування можливих порушень технологічного процесу і створення додаткових засобів інформаційної підтримки оперативного персоналу, що працюють у контурі АСУ ТП в режимі реального часу. Вперше розглянуто і досліджено небезпечні тенденції в динаміці технологічних параметрів, що ініціюють аварійну ситуацію на великотоннажному виробництві аміаку; запропонований метод раннього розпізнавання передаварійної ситуації на основі чисельного аналізу часового ряду, що дозволяє автоматизувати виявлення передумов до передаварійних ситуацій у реальному часі. Набули подальшого розвитку поліноміальні сплайн-регресійні моделі для прогнозування критичних значень технологічних параметрів, що дозволяє враховувати відмінності швидкості зміни прогнозованого параметра на початковій і кінцевій ділянках його передаварійної динаміки і забезпечує оптимальну апроксимацію. Удосконалено ситуаційну модель аварійних зупинок аміачного агрегату на основі оцінок параметрів технологічного процесу з урахуванням невизначеностей (нечіткості меж оцінок), реалізовано у вигляді нечіткої ординарної мережі Петрі з пріоритетами. Виконано розробку схеми моделі прогнозування, яка забезпечує прийом різнорідних даних та комплексну оцінку ситуації.

Ключові слова: технологічний процес, безаварійне функціонування, прогнозування, інформаційна система, підтримка прийняття рішень.

АННОТАЦИЯ

Шумова Л.А. Автоматизированная система прогнозирования аварийных ситуаций крупнотоннажного химического производства. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Донецкий национальный университет, Министерство образования и науки Украины, Винница, 2016.

В диссертации представлены результаты теоретических, экспериментальных и промышленных исследований, посвящённых разработке и обоснованию методов моделирования поведения сложных технологических объектов в предаварийных ситуациях, которые решают проблему сокращения числа аварийных остановок химического агрегата за счет раннего обнаружения опасной тенденции в динамике контролируемых параметров на основе анализа временных рядов и прогнозирования аварийной ситуации.

На основании проведенного анализа подходов к повышению безопасности химических производств установлено, что для обеспечения безаварийности технологического процесса, снижения себестоимости конечного продукта, сокращения вредных выбросов и отходов, необходимо оснащение действующей

АСУ ТП дополнительными информационно-аналитическими средствами поддержки принятия решений операторов в критических ситуациях. При этом в качестве одной из основных, выделена задача получения качественного прогноза возникновения аварийной ситуации для прогнозирования возможных нарушений технологического процесса и выработки управляющих воздействий в виде советов оператору.

Впервые рассмотрены и исследованы опасные тенденции технологических параметров, инициирующих аварийную ситуацию на крупнотоннажном производстве аммиака; предложен метод раннего распознавания предаварийной ситуации на основе численного анализа временного ряда - модификации метода серии, что позволяет автоматизировать выявление предпосылок к предаварийным ситуациям в реальном времени.

Получили дальнейшее развитие полиномиальные сплайн-регрессионные модели для прогнозирования критических значений технологических параметров, позволяющие учитывать различия скорости изменения прогнозируемого параметра на начальном и конечном участках его предаварийной динамики, что обеспечивает оптимальную аппроксимацию.

Получены модели оценки динамических характеристик аммиачного производства на основе объединенного использования математического аппарата теории графов, нечетких множеств, моделей ситуационного управления.

Усовершенствованы методы ситуационного моделирования на основе механизма расширенных сетей Петри – нечёткой ординарной сети Петри с приоритетами, что позволяет повысить достоверность прогноза аварийных остановок химического агрегата за счёт комплексной оценки влияния различных факторов.

Выполнена разработка схемы прогнозирующей модели, которая обеспечивает прием разнородных данных и комплексную оценку ситуации. Разработан механизм прогноза поведения технологических параметров, который прошел проверку адекватности. Адекватность модели составляет 82%, что в полной мере удовлетворяет поставленным требованиям по реализации прогноза.

Полученные теоретические и практические результаты использованы при разработке специализированного программного модуля прогнозирования в составе АСУ ТП производства аммиака ЗАТ «Северодонецкое объединение «Азот».

Разработанные методы моделирования аварийных ситуаций и модели опасной тенденции технологических параметров, инициирующих аварийные ситуации, вошли в состав тренажерного комплекса для операторов-технологов аммиачного агрегата.

Методические и теоретические результаты работы используются в учебном процессе на кафедре компьютерной инженерии ВНУ им. В. Даля, в учебных курсах «Технология проектирования компьютерных систем», «Автоматизированные информационные системы», «Автоматизированные системы организационного управления», «Теория принятия решений».

Ключевые слова: технологический процесс, безаварийность функционирования, прогнозирование, информационная система, поддержка принятия решений.

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Відповідальний за видання - Тимчук О.С.
Підписано до друку 30.08.2016.
Формат 60 х 84 1/16. Гарнітура Times.
Папір друк. офсетний. Облік. вид. арк. 0,9
Умов. друк. арк. 0,9 Тираж 100 прим.
Віддруковано з оригіналів.

Друк ПП ВКП «Пєтіт»
93408, Луганська обл., м. Сєвєродонецьк,
вул. Федоренка, 10