

**ВЫЯВЛЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ СТАТИСТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Рассмотрены вероятностные модели принятия решений в составе обобщенного алгоритма технической диагностики. Доказано существование трех источников неопределенности статистических решений, влияющих на достоверность диагностики при ограничениях на количество измерительной информации. Разработаны и приведены вероятностные графические модели видов достоверности диагностики динамических объектов.

**Ключевые слова:** диагностика, достоверность, вероятность, неопределенность, нестационарность, решающая функция, дискриминантный анализ.

*Мигущенко Руслан Павлович, доктор технічних наук, доцент, кафедра інформаційно-вимірвальних технологій та систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: mrp1@bk.ru.*

*Мигущенко Руслан Павлович, доктор технічних наук, доцент, кафедра інформаційно-вимірвальних технологій та систем, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.*

*Mygushchenko Ruslan, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: mrp1@bk.ru*

УДК 664.126.43:681.51

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.57110

**Прокопенко Ю. В.,  
Ладанюк А. П.,  
Сокол Р. М.**

## **ВИЗНАЧЕННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ РОБОТІ ВАКУУМ-АПАРАТА ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ**

*Розглянуті і визначені загальні вимоги до систем керування складними системами. Виконано огляд основних стадій роботи вакуум-апарата періодичної дії. Описані нештатні ситуації при роботі вакуум-апарату. Визначено структуру фрейму інтелектуальної системи для визначення нештатних ситуацій при роботі вакуум-апарата періодичної дії. Із використанням мови ситуаційного управління розроблені алгоритми визначення аварійних і конфліктних ситуацій.*

**Ключові слова:** складна система, технологічний комплекс, вакуум-апарат, нештатна ситуація, фрейм конфліктної ситуації.

### **1. Вступ**

Процес кристалізації цукру є одним з найбільш складних технологічних процесів цукрового виробництва, який проходить в вакуум-апаратах періодичної дії, які об'єднують в комплексі.

Робота групи вакуум-апаратів організується таким чином, щоб забезпечити безперервну переробку сиропів і ефективно використання пари, яка є для вакуум-апаратів основним тепловим носієм.

В умовах виробництва виникають різноманітні нештатні ситуації (конфлікти) в роботі продуктового відділення, а також окремого вакуум-апарата. Можливість втручання оператора в роботу вакуум-апарата також може викликати конфліктні ситуації технологічного комплексу, що зменшує ефективність його роботи.

Існуючі системи управління масової кристалізації цукру не мають функцій виявлення конфліктних ситуацій і їх ідентифікації. Їх можливості обмежуються контролем спрацювання виконавчих пристроїв і стеження за технологічними параметрами процесу.

Для вирішення поставленої задачі нагальним є побудова нових систем управління із застосуванням методів і принципів інтелектуального управління.

Найбільш перспективним напрямком розробки нових систем, які б враховували всі вимоги сучасності є застосування методів ситуаційного управління. Застосування ситуаційного управління дозволяє врахувати і ефективно вирішити всі нагальні задачі сучасності:

- побудова ієрархічних систем управління технологічними комплексами;
  - застосування інтелектуальних методів зберігання і обробки інформації у вигляді баз знань;
  - ефективну інтеграцію ситуаційних систем управління з комп'ютерно-інтегрованими системами [1].
- Головним елементом таких систем повинна стати інтелектуальна база знань. Розробка бази знань для ситуаційних систем управління дозволить вирішити такі принципи питання:
- розширення функціональності і гнучкості системи ситуаційного управління;
  - використання систем ситуаційного управління разом з базами даних дозволить створювати принципово нові агентні системи;
  - створити підсистему виявлення і опрацювання конфліктних ситуацій [2].

### **2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми**

На цукрових заводах однією із ділянок, яку можна віднести до поняття складна система, є комплекс вакуум-апаратів періодичної дії, які відносяться до продуктового відділення цукрового заводу. На рис. 1 показана спрощена структурна схема комплексу вакуум-апаратів періодичної дії в структурі продуктового відділення цукрового заводу.

Підготовлений сироп цукру з вмістом сухих речовин 68–72 % з випарної станції, через проміжний збірник, по-

дається до вакуум-апарату, де проводиться процес кристалізації цукру в розрідженому середовищі випарюванням води із утфелю. Постачання матеріалу для забезпечення росту кристалів виконується шляхом підкачок свіжих порцій сиропу. Випарювання води із утфелю виконується за допомогою пари, яка постачається випарною станцією. Зварений утфель випускають у збірник-кристалізатор де відбувається додаткова кристалізація за рахунок охолодження. Потім утфель надходить у фільтруючі центрифуги, де кристали цукру відділяються від патоки (рідкої фази утфелю). Цукор направляється в сушильне відділення і на склад, а патока (відтік) далі у виробництво.

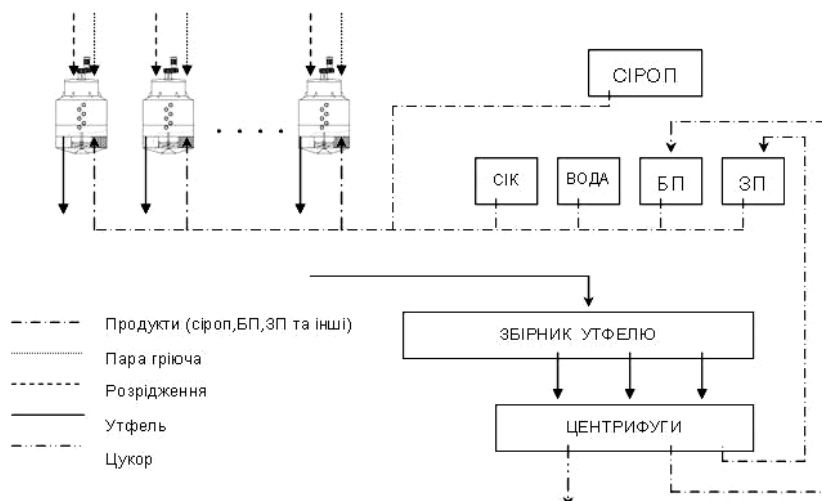


Рис. 1. Комплекс вакуум-апаратів періодичної дії в структурі продуктового відділення (спрощена схема)

В загальних рисах процес масової кристалізації у вакуум-апаратах періодичної дії характеризується такими параметрами. Він складається з трьох загальних стадій:

- Початковий набір і згущення сиропу до стану перенасичення. Об'єм початкового набору апарату і ступінь перенасичення повинні забезпечувати необхідні умови для утворення і зростання потрібної кількості кристалів цукру.
- Заведення кристалів. У вакуум-апаратах періодичної дії найчастіше застосовується «шокове» введення затравки (пудра, паста, суспензія) для створення вибухоподібного процесу народження кристалів.
- Зростання кристалів. Після заведення кристалів, на стадії зростання, забезпечується ріст кристалічної маси за рахунок підкачок свіжого сиропу і випарювання води [3].

Система управління кожного вакуум-апарату працює по своїй програмі, яка аналогічна для всіх апаратів. В процесі роботи вакуум-апарату можуть виникати ситуації відхилення технологічних параметрів, які ідентифікуються як конфліктні. Їх утворення призводить до зменшення ефективності виробничого процесу не тільки в вакуум-апараті, а і в самому технологічному комплексі [4]. Складність виявлення та ідентифікації таких ситуацій полягає в тому, що процес масової кристалізації цукру відноситься саме до складних систем, які характеризуються такими параметрами:

- кількість вхідних параметрів більше восьми;
- кількість вихідних параметрів (керування) п'ять;
- відсутня формальна модель масової кристалізації цукру;

– система має всі ознаки динамічної. Постійна зміна параметрів продукту, грючої пари, розрідження в апараті, що змінює головні засади процесу кристалізації [5, 6].

### 3. Об'єкт, мета і задачі дослідження

Об'єктом дослідження є вакуум-апарат періодичної дії для кристалізації цукру. Виходячи з опису і аналізу технологічного процесу, який показаний на рис. 1, ставиться задача розробити підсистему інтелектуальної бази знань для виявлення і аналізу конфліктних ситуацій при управлінні

лінійні вакуум-апаратом періодичної дії для масової кристалізації цукру. Виконавши загальний аналіз задачі автори статті прийшли до висновку про доцільність розробки мультиагентної системи управління. Структура такої системи показана на рис. 2.

Кожен із агентів (програма управління вакуум-апаратом періодичної дії) використовує однотипну модель опису середовища і алгоритм управління процесом масової кристалізації цукру, (агенти  $A_2, \dots, A_n$ ), а агент  $A_1$  (агент-субординатор) координує їх роботу в залежності від параметрів загального стану виробництва (стан випарної станції, відділення центрифуг, запасів продуктів для роботи (сіроп, патока), стану кожного агента) [7].

Метою дослідження є розробка фреймової структури для ситуаційної системи управління вакуум-апаратом періодичної дії, яка б виконувала задачу виявлення і ідентифікацію конфліктних ситуацій.

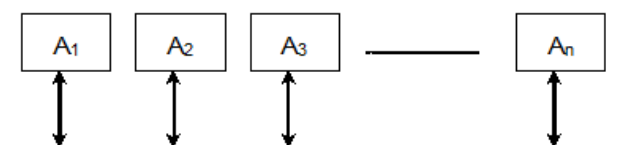


Рис. 2. Структура мультиагентної системи:  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  – незалежні агенти системи

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- визначити загальні конфліктні ситуації технологічного процесу;
- розглянути структуру фрейму конфліктних ситуацій;
- розробити і побудувати фрейм аналізу і ідентифікації конфліктних ситуацій для ситуаційної системи управління вакуум-апаратом періодичної дії.

### 4. Матеріали і метод дослідження побудови фрейму конфліктів

Виходячи із структурної схеми, яка показана на рис. 2, кожен вакуум-апарат періодичної дії має функції агентної системи. Головним елементом агента є опис середовища (база знань). Для побудови бази знань в агент-

ній системі, яка розглядається, використовується метод фреймів.

Застосування фреймової моделі бази знань має такі переваги:

- розгалуженість типів фреймів: фрейми прототипи, фрейми технологій, фрейми продукцій, фрейми конфліктності, фрейми показників;
- гнучкість взаємодії фреймів між собою;
- простота побудови фреймів, яка базується за застосуванні мови природного середовища з подальшим переходом на мову представлення баз знань;
- можливість застосування дискретних ситуаційних моделей (ДСМ) для розробки сценаріїв і редагування уже створених [8, 9].

Нештатні ситуації в роботі вакуум-апарата періодичної дії розділяються на такі типи:

- 1) *аварійні* – відмова виконавчих приладів і датчиків контролю технологічних параметрів процесу. Виникнення таких ситуацій робить неможливим подальше ведення процесу і потребує втручання оперативного персоналу для їх усунення;
- 2) *конфліктні* – не призводять до аварійного стану системи, а значно погіршують технологічні і якісні параметри технологічного процесу, а також знижують ефективність використання технологічного комплексу.

Особливість конфліктних ситуацій відзначається їх поступовим виникненням в роботі вакуум-апарата періодичної дії і подальших поширенням на весь технологічний комплекс.

Виходячи з агентної структури пріоритетним виявленням конфліктів є контроль за роботою вакуум-апарата періодичної дії як агента технологічного комплексу. А на аналізі стану вакуум-апарата можна проводити і аналіз всього технологічного комплексу.

В якості системи контролю за виникненням нештатних ситуацій використовується фреймова структура, яка була розглянута в роботі [10, 11] для управління вакуум-апаратом періодичної дії, але з деякими відмінностями.

Далі приводиться приклад розробки фрейму конфліктних ситуацій бази знань агента управління вакуум-апаратом періодичної дії [6].

Доцільно фреймову систему виявлення конфліктних ситуацій створити як групу фреймів конфліктних ситуацій для кожної стадії роботи вакуум-апарата де індивідуальний фрейм контролює призначену стадію роботи.

Для уніфікації структури фрейму конфліктів і зменшення розмірів загальної системи фреймів в його структуру вводяться і функції виявлення аварійних ситуацій.

Для виявлення аварійних ситуацій відмови в роботі виконавчих пристроїв формується система продукційних правил. Її основна функція – це відстеження положення виконуючого пристрою до відповідності управляючої команди.

Більш складною задачею є виявлення і ідентифікація конфліктних ситуацій. Така складність обумовлена тим, що виникнення конфліктної ситуації спричинене відхиленням декількох технологічних параметрів від заданого регламенту.

Розглянемо структуру фрейму конфліктних ситуацій для стадії «НАБІР АПАРАТУ». Так як фрейм окрім контролю конфліктних ситуацій також включає в себе

функції контролю аварійних ситуацій, то він буде мати багаторівневу структуру: *перший рівень* – контроль аварійних ситуацій; *другий рівень* – контроль конфліктних ситуацій; *третій рівень* – сервісний.

Для створення структури фрейму використовуємо природну мову опису. Нижче приведений фрагмент опису середовища об'єкта, який складається з п'яти пунктів.

1. При готовності вакуум-апарату до роботи і отриманні сигналу на початок роботи (може видаватися автоматично або оператором) відкривається дискретний клапан подачі сиропу в апарат і запускається інтервальний таймер підрахунку часу набору. При досягненні значення рівня набору 15 % необхідно ввімкнути циркулятор на мінімальні обороти при його наявності. При досягненні 99 % заданого рівня набору поступово відкривається клапан подачі гріючої пари, щоб «не зірвати» тиск пари на випарній станції. При досягненні заданого рівня набору закривається клапан подачі сиропу і зупиняється таймер набору. Система переходить на наступну стадію технологічного процесу із використанням відповідного, до стадії, фрейму конфліктних ситуацій.

2. Визначення основних і додаткових технічних параметрів.

Основні параметри: заданий рівень початкового набору в апараті, поточний рівень в апараті.

Додаткові параметри: температура у вакуум-апараті, розрідження, тиск гріючої пари, швидкість обертів циркулятора, момент на валу циркулятора.

3. Визначення інтервальних параметрів.

Час набору апарату граничний, час набору поточний.

4. Визначення додаткових відомостей.

Клапан подачі сиропу – дискретний, клапан подачі пари гріючої – аналоговий, клапан регулювання температури (розрідження) – аналоговий, пар подається повільно, оберти циркулятора на даному етапі – постійні, момент на валу циркулятора не повинен перевищувати 30 % від максимального (регулюється обертами).

5. Додатковий опис середовища об'єкта при нештатних ситуаціях.

При виникненні аварійної ситуації стану виконуючих пристроїв, яка ідентифікується фреймом конфліктної ситуації *першого* рівня – робота вакуум-апарата припиняється. При виникненні нештатної ситуації «Недостатній рівень на наборі» фрейм конфліктної ситуації *другого* рівня ідентифікує причину виникнення ситуації і інформує систему про причину виникнення ситуації.

Причини виникнення вказаної ситуації:

– недостатня пропускна можливість колектора підводу продуктів в вакуум-апарат, як наслідок інкрустації цукру на внутрішній поверхні колектора;

– відхилення технологічних параметрів в вакуум-апараті (температура, розрідження) від робочих значень. Внаслідок зниження розрідження в вакуум-апараті зменшується швидкість набору до заданого рівня сиропом. При зниженні розрідження температура в вакуум-апараті підвищується.

На основі фрагменту опису середовища об'єкта на стадії «НАБІР АПАРАТУ» створюємо фрейм конфліктних ситуацій дворівневого типу. Третій рівень фрейму відноситься до роботи вакуум-апарата в складі технологічного комплексу і не розглядається в цій роботі.

*Перший рівень* – контроль аварійних ситуацій.

Виходячи з фрагменту опису середовища об'єкта і використовуючи мову ситуаційного управління, команди

Таблиця 1

Визначені терми і відношення ситуаційного опису об'єкту

Терми механізмів управління		
№ п/п	Ім'я	Опис
1	Kk1 ... Kk9	Управління механізмами
2	Ki1 ... Ki9	Індикація положення (ЗАКР / ВІДК)
3	Tt1 ... Tt3	Таймери
4	L1, Lz1, Lz2	Змінні рівня в апараті
5	Sp1, Spz	Змінні швидкості циркулятора
6	TP{Pv, T}	Функція температурного параметру
Відношення		
№ п/п	Ім'я	Опис
1	r1	Включити
2	r2	Скинути в нуль
3	r3	Досягнути
4	r4	Перехід
5	r21	Одночасно
6	r22	Бути раніше
7	r23	Бути пізніше
8	r24	Наближатися
9	r25	Причина – наслідок

якої наведені в роботі [12], запишемо алгоритм контролю роботи виконавчих механізмів в стадії «НАБІР АПАРАТУ».

## S1.1

I1:

- $$\begin{aligned} &(\neg(Ki7 \equiv Kk7)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk7); \\ &(\neg(Ki6 \equiv Kk6)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk6); \\ &(\neg(Ki5 \equiv Kk5)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk5); \\ &(\neg(Ki4 \equiv Kk4)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk4); \\ &(\neg(Ki3 \equiv Kk3)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk3); \\ &(\neg(Ki2 \equiv Kk2)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk2); \\ &(\neg(Ki1 \equiv Kk1)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk1); \\ &(\neg(Ki8 \equiv Kk8)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk8); \\ &(\neg(Ki9 \equiv Kk9)) \supset r1(TtaK) \wedge r1(ALk9); r4(lrr); \\ &(r3(TtaK) \wedge (ALk7 \vee ALk6 \vee ALk5 \vee \\ &\vee ALk4 \vee ALk3 \vee ALk2 \vee ALk1 \vee \\ &\vee ALk9 \vee ALk8)) \supset r1(ALk); r4(lrr); \\ &(Ki7 \equiv Kk7) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk7); \\ &(Ki6 \equiv Kk6) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk6); \\ &(Ki5 \equiv Kk5) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk5); \\ &(Ki4 \equiv Kk4) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk4); \\ &(Ki3 \equiv Kk3) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk3); \\ &(Ki2 \equiv Kk2) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk2); \\ &(Ki1 \equiv Kk1) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk1); \\ &(Ki8 \equiv Kk8) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk8); \\ &(Ki9 \equiv Kk9) \supset r2(TtaK) \wedge r2(ALk9); r4(l1). \end{aligned}$$

*Другий рівень* – контроль конфліктних ситуацій.

Конфліктні ситуації, які виникають при роботі вакуум-апарата мають ознаки технологічного виду. Такі ситуації, як правило, утворюються складними порушеннями технологічного процесу і мають велику кількість причин утворення. В межах цієї роботи автори статті розглянули тільки одну конфліктну ситуацію, яка утворюється внаслідок недостатнього набору вакуум-апарату сиропом на стадії «НАБІР АПАРАТУ». Її найменування «Недостатній рівень на наборі».

Для ситуаційного опису вибраної конфліктної ситуації необхідно виконати розширення набору відношень із застосуванням фрагменту опису середовища об'єкта в стадії «НАБІР АПАРАТУ». В табл. 1 в частині *Опис* розширимо набір відношень для опису конфліктної ситуації (показані курсивом).

Додаткові відношення (r21–r24) належать до класу часових, а відношення (r25) належить до казуальних. Нові відношення дозволяють створювати алгоритми з використанням ситуаційної мови в системі казуальних і динамічних класів відношень.

Використовуючи лінгвістичний опис конфліктних ситуацій, наведений в п. 5 і мову ситуаційного управління запишемо алгоритм обробки конфліктних ситуацій використовуючи терми і відношення, наведені в табл. 1.

## S2.1

I1:  $(Ki7 \wedge \neg(Tt3)) \supset r1(Tt3); r4(l2);$ 

## S2.2

I2:  $(r1(Tt3) \wedge r22(L1 \equiv Lz1)) \supset r4(l5);$ 

$$(r3(Tt3) \wedge (r21 \vee r23(\neg(L1 \equiv Lz1))) \wedge \\ \wedge r24(TP\{Pv, T\})) \supset r4(l3);$$

$$(r3(Tt3) \wedge (r21 \vee r23(\neg(L1 \equiv Lz1))) \wedge \\ \wedge r24(\neg TP\{Pv, T\})) \supset r4(l4);$$
I3:  $r1(AL1) \wedge r4(l5);$ I4:  $r1(AL2) \wedge r4(l5);$ 

## S2.3

I5:  $(S2.1(S2.2)) \supset r4(Sn.n).$ 

Наведені вище алгоритми виявлення і ідентифікації конфліктних ситуацій *першого* і *другого* рівнів сформовані у вигляді сценаріїв. Використовуючи фреймові структури і методику побудови і редагування баз знань за допомогою сценаріїв автори статті мають можливість створювати ієрархічні системи контролю роботи технологічних комплексів вакуум-апаратів періодичної дії.



## 5. Результати досліджень і розробки фрейму конфліктних ситуацій

На рис. 3 показана структура фрейму конфліктних ситуацій, за допомогою якого ведеться контроль за станом вакуум-апарата на стадії «НАБІР АПАРАТУ» для виявлення нештатних ситуацій.

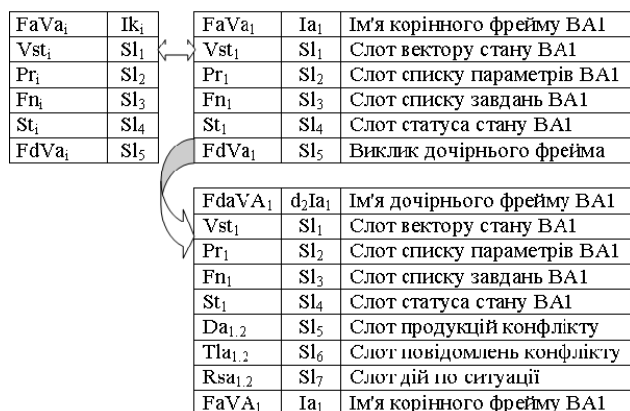


Рис. 3. Фрагмент структурної схеми фрейму конфліктних ситуацій

Корінний фрейм FaVA1 з ім'ям слота Ik1 містить інформацію про стан вакуум-апарата № 1 (поточна стадія, час у роботі, наявність нештатних ситуацій, час очікування завантаження), слоти Pr1 і Fn1 містять список значень параметрів (необхідні умови для включення вакуум-апарата в роботу) і поточні значення технологічних параметрів процесу комплексу (рівень збірника сиропу, температура сиропу, тиск гріючої пари, рівень в приймальні утфелемішалки). У слоті St1 знаходиться база продукційних правил, яка визначає правила управління вакуум-апаратом № 1. У слоті FdVA1 міститься посилання для переходу до розширеного фрейму визначення конфліктних ситуацій, який викликається, якщо вакуум-апарат почав робочий цикл.

Дочірній фрейм FdVA1 отримує від кореневого фрейма повідомлення про виникнення штатної ситуації - початку робочого циклу. З використанням бази продукційних правил, розташованої в слоті Da1.2 ідентифікується стадія, в якій знаходиться вакуум-апарат, і з слота Rsa1.2 вибирається сценарій Si для виявлення конфліктних ситуацій робочого циклу на стадії, в якій знаходиться вакуум-апарат. Робота фрейму конфліктних ситуацій триває до закінчення стадії процесу для якої він створений. При виникненні конфлікту *першого* рівня (аварія) робота вакуум-апарата зупиняється і формується повідомлення, а при конфлікті *другого* рівня, відповідно до вибраного сценарієм формується повідомлення про виявлену конфліктну ситуацію, яке визначається у слоті Tla1.2 [11]. База продукційних правил, які використовуються для ідентифікації конфліктних ситуацій виконана з допомогою мови ситуаційного управління з використанням термів і відношень ситуаційного опису об'єкта [12].

## 6. Обговорення результатів роботи по розробці фрейму конфліктних ситуацій

Результатом проведеної роботи по визначенню нештатних ситуацій при роботі вакуум-апарата періодичної дії стали наступні висновки:

- визначені загальні конфліктні ситуації технологічного процесу *першого* і *другого* рівнів;
- виконаний аналіз структури фрейму конфліктних ситуацій;
- розроблені і побудовані фрейм аналізу і ідентифікації конфліктних ситуацій і система продукційних правил із застосуванням мови ситуаційного управління і ситуаційного опису об'єкта для ситуаційної системи управління вакуум-апаратом періодичної дії.

Отримані результати показали, що запропонована методика і структура використання фрейму конфліктних ситуацій містить в собі як переваги, так і недоліки. Переваги, які утворюються при використанні систем такого виду:

- висока інформативність і компактність опису процесу;
- універсальність. Можливість використовувати фреймові структури різних типів;
- можливість застосування в багаторівневих ієрархічних системах і комплексах;
- висока швидкість побудови.

Поряд з перевагами використання фреймових структур також виявлені і деякі недоліки розробленої структури:

- необхідність сильної деталізації при використанні мови ситуаційного управління;
- використання структур такого типу тільки в складі систем ситуаційного управління;
- недостатність висвітлення питання створення сценаріїв за допомогою фреймових структур.

Проведені роботи дозволили побудувати методику створення фреймової структури для визначення конфліктних ситуацій, для використання з системами ситуаційного управління (агентні системи), які дозволяють використовувати методи інтелектуальних систем управління.

Наразі з цим цілий ряд питань потребує подальшого вирішення. Це питання інтеграції фреймових структур з іншими системами інтелектуального управління: нейронні мережі, нечіткі системи управління, сенергетичні системи управління. Окремим стоїть питання імітаційного моделювання роботи агентних систем з використанням фреймових структур [13].

Наведені результати проведеної роботи можуть бути розглянуті в подальших роботах, щоб підвищити якість використання фреймових структур.

## 7. Висновки

Результатом виконаної роботи стала розробка фрейму конфліктних ситуацій, який є складовою частиною бази знань для системи ситуаційного управління (агентної системи) вакуум-апарата періодичної дії.

В ході виконання робіт були розглянуті і вирішені такі питання:

- визначені загальні характеристики конфліктних ситуацій технологічного процесу при роботі вакуум-апарата періодичної дії;
- виконаний аналіз структури фрейму конфліктних ситуацій;
- з використанням мови ситуаційного управління і ситуаційного опису об'єкта, для ситуаційної системи управління вакуум-апаратом періодичної дії, створена система продукційних правил;
- розроблений і побудований фрейм аналізу і іден-

тифікації конфліктних ситуацій для ситуаційної системи управління вакуум-апаратом періодичної дії.

Подальший розвиток, доповнення і корекція методики визначення конфліктних ситуацій на засадах фреймового підходу дасть можливість підвищити ефективність систем управління комплексом вакуум-апаратів періодичної дії, а також створення багаторівневої ієрархічних систем управління цукровим виробництвом.

### Література

1. Ладанюк, А. П. Методи сучасної теорії управління [Текст] / А. П. Ладанюк, В. Д. Кишенько, Н. М. Луцька, В. В. Івашук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
2. Ладанюк, А. П. Системний аналіз складних систем управління [Текст]: навч. посіб. / А. П. Ладанюк, Я. В. Смітюх, Л. О. Власенко та ін. – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
3. Кулиниченко, В. Р. Промышленная кристаллизация сахаристых веществ [Текст]: монография / В. Р. Кулиниченко, В. Г. Мирончук. – К.: НУПТ, 2012. – 426 с.
4. Akinnuwesi, V. A. A framework for user-centric model for evaluating the performance of distributed software system architecture [Text] / V. A. Akinnuwesi, F.-M. E. Uzoka, S. O. Olabiyisi, E. O. Omidiora // Expert Systems with Applications. – 2012. – Vol. 39, № 10. – P. 9323–9339. doi:10.1016/j.eswa.2012.02.067
5. Прокопенко, Ю. В. Застосування бази знань при управлінні комплексом вакуум-апаратів періодичної дії [Текст] / Ю. В. Прокопенко, А. П. Ладанюк // Технологічний аудит та резерви виробництва. – 2015. – № 3/2 (23). – С. 16–20. doi:10.15587/2312-8372.2015.44769
6. Девятков, В. В. Системы искусственного интеллекта [Текст]: учеб. пос. / В. В. Девятков. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 352 с.
7. Котенко, И. В. Командная работа агентов в реальном времени [Текст] / И. В. Котенко, Л. А. Станкевич // Новости искусственного интеллекта. – 2003. – № 3 (57). – С. 25–31.
8. Уэно, Х. Представление и использование знаний [Текст]: пер. с япон.; Х. Уэно, М. Исидзука; под ред. Х. Уэно. – М.: Мир, 1989. – 280 с.
9. Минский, М. Фреймы для представления знаний [Текст]: пер. с англ. / М. Минский. – М.: Энергия, 1979. – 130 с.
10. Якимова, Е. В. Система оперативного управления процессом подготовки нефти в нештатных ситуациях [Электронный режим] / Е. В. Якимова // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011. – № 3. – С. 4–16. – Режим доступа: \www/URL: http://ogbus.ru/authors/Yakimova/Yakimova\_1.pdf
11. Прокопенко, Ю. В. Использование фреймовых структур в системах координации и управления комплексом вакуум-аппаратов периодического действия [Текст] / Ю. В. Прокопенко, А. П. Ладанюк, Р. М. Сокол // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 5/3 (25). – С. 38–42. doi:10.15587/2312-8372.2015.52008
12. Прокопенко, Ю. В. Застосування ситуаційного підходу для формування алгоритмів управління вакуум-апаратом періодичної дії [Текст] / Ю. В. Прокопенко, А. П. Ладанюк // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – № 3/2 (75). – С. 42–47. doi:10.15587/1729-4061.2015.43758
13. Эндрю, А. Искусственный интеллект [Текст]: пер. с англ. / А. Эндрю. – М.: Мир, 1985. – 460 с.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ РАБОТЕ ВАКУУМ-АППАРАТА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Рассмотрены и определены общие требования к системам управления сложными системами. Выполнен обзор основных стадий работы вакуум-аппарата периодического действия. Описаны нештатные ситуации при работе вакуум-аппарата. Определена структура фрейма интеллектуальной системы для определения нештатных ситуаций при работе вакуум-аппарата периодического действия. С использованием языка ситуационного управления разработаны алгоритмы определения аварийных и конфликтных ситуаций.

**Ключевые слова:** сложная система, технологический комплекс, вакуум-аппарат, нештатная ситуация, фрейм конфликтной ситуации.

*Прокопенко Юрій Володимирович, аспірант, кафедра автоматизації технологічних процесів, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна, e-mail: yv\_prokopenko@ukr.net, yv\_prokopenko@mail.ru.*

*Ладанюк Анатолій Петрович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації технологічних процесів, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна. Сокол Ростислав Михайлович, аспірант, кафедра автоматизації технологічних процесів, Національний університет харчових технологій, Київ, Україна.*

*Прокопенко Юрий Владимирович, аспирант, кафедра автоматизации технологических процессов, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.*

*Ладанюк Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.*

*Сокол Ростислав Михайлович, аспирант, кафедра автоматизации технологических процессов, Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина.*

*Prokopenko Yuri, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine, e-mail: yv\_prokopenko@ukr.net, yv\_prokopenko@mail.ru. Ladanyuk Anatoly, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine. Sokol Rostislav, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine*