

**СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ДЛЯ  
ВИЯВЛЕННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ НА ХАРЧОВИХ  
ПІДПРИЄМСТВАХ**

*Н. А. Заєць, кандидат технічних наук, доцент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*E-mail: [z-n@ukr.net](mailto:z-n@ukr.net)*

*А. В. Роговик, магістр кафедри інтегрованих автоматизованих систем  
управління*

*Національний університет харчових технологій*

*E-mail: [andrey\\_rogovik@ukr.net](mailto:andrey_rogovik@ukr.net)*

**Анотація.** *Нині на шляху формування правил прийняття управлінських рішень стосовно нештатних ситуацій виникають істотні перешкоди.*

*Мета дослідження – розробка системи моніторингу технологічного процесу для виявлення нештатних ситуацій та підтримки прийняття рішень, яка б допомагала оператору в реальному масштабі часу правильно оцінити ситуацію і прийняти відповідне рішення.*

*Проведено аналіз технологічного процесу основних стадій цукрового виробництва, розроблено параметричну схему та сформовано таблицю взаємовпливу обраних параметрів і їх межі при виникненні нештатних ситуацій: не критичної, критичної, надзвичайної. Розроблено програмно-апаратний комплекс системи моніторингу і підтримки прийняття рішень, що для нормального функціонування повинен отримувати дані SCADA-системи автоматизованого управління виробництвом. За допомогою комплексного середовища програмування від Siemens TIA Portal v14 і інтегрованого в нього середовища програмування контролерів сімейства Simatic S7 STEP7 була розроблена програма користувача. В статті також описано функції виявлення і класифікації нештатних ситуацій, генерації рекомендацій оператору та налаштувань параметрів, що дає змогу інженеру, технологу, розробнику вносити зміни меж нештатних ситуацій. Приведено зовнішній вигляд системи та вікон налаштувань меж нештатних ситуацій, моніторингу та візуалізації нештатних ситуацій, рекомендацій щодо усунення нештатної ситуації.*

*Для покращення роботи особи що приймає рішення, пропонується ввести систему моніторингу та підтримки прийняття рішень в контур управління диспетчера підприємства. Розроблена система не просто надає набір значень*

*вимірюваних факторів, але на основі їх аналізу класифікує нештатну ситуацію, що склалася та видає пораду щодо виходу з неї.*

**Ключові слова:** *нештатна ситуація, аварія, система моніторингу, підтримка прийняття рішень, харчове виробництво*

**Актуальність.** Для створення ефективних систем управління харчових виробництв, що дозволяють використовувати накопичений досвід експертів значного розвитку набули інтелектуальні системи управління. Однак, незважаючи на значне число робіт в області інтелектуального управління, більшість з них спрямовані на вирішення задач ефективного управління лише певних ділянок виробництва, а не підприємства в цілому.

Процедура прийняття управлінських рішень в будь-якій сфері діяльності заснована на виборі необхідних даних та їх обробки [1]. Тільки узагальнений аналіз чинників, що характеризують досліджувану область, дає можливість прийняти обґрунтоване рішення. В результаті прийняті рішення реалізуються у вигляді оцінок нештатних ситуацій, планів, проектів і т.д. Процес прийняття рішень ґрунтується на аналізі з використанням системного підходу експертної методології та сучасних економіко-математичних і статистичних методів обробки даних, що виступає в ролі науково обґрунтованої методології.

Нині проблеми підвищення рівня автоматизації процесів управління електротехнологічними комплексами зводяться в основному до пошуку та вдосконалення правил прийняття управлінських рішень. При цьому стосовно штатних умов і ситуацій (при виконанні яких передбачається, що керована система повинна мати передбачувану поведінку) створення таких правил в багатьох випадках не викликає особливих проблем, то стосовно нештатних ситуацій на шляху їх формування виникають істотні перешкоди.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Наведені різноманітні ситуації нештатного режиму [2] свідчать про практичну необхідність раціональних дій в умовах невизначеностей різної природи і багатофакторних ризиків. У роботі [3] розглядаються принципи і методи створення інтелектуальних систем підтримки

прийняття рішень (СППР) в області складних процесів. Автор значну увагу приділяє представленню знань в СППР, аналізу і синтезу бази знань та бази правил, проектуванню та структурі інформаційних систем. Детально описано існуючі СППР в області природного середовища, гідрометеології, атомних станцій. Але автор при розробці інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень не враховує можливість моделювання процесу з подальшим розрахунком та прогнозом економічної ефективності від прийняття рішення в нештатній ситуації.

Велика кількість робіт присвячена підвищенню ефективності функціонування окремих технологічних установок харчових виробництв. Наприклад в роботі [4] розглянуто сучасні методи керування брагоректифікаційними установками, а в [5] з метою побудови енергоефективних систем управління розроблено алгоритм експериментально-аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод.

Як показує проведений в [6, 7] аналіз, перспективи побудови прогнозуючих систем значною мірою пов'язані з можливостями застосування багаторівневих інтелектуальних систем управління і контролю. При цьому, в складі алгоритмічного забезпечення систем управління електротехнологічного комплексу з'являться алгоритми управління, засновані на використанні знань, методів навчання, нейронних мереж та нечіткої логіки [6, 7, 8].

Основна ідея розроблюваної стратегії управління полягає в забезпеченні в реальних умовах функціонування виробництва своєчасного та вірогідного виявлення і розпізнавання НС, оцінювання факторів ризиків і на цій основі забезпечення своєчасного усунення причин ризиків до появи відмов та інших небажаних наслідків.

**Мета дослідження** – розробка системи моніторингу технологічного процесу для виявлення нештатних ситуацій та підтримки прийняття рішень, яка б допомагала оператору в реальному масштабі часу правильно оцінити ситуацію і прийняти відповідне рішення.

**Матеріали і методи дослідження.** Невід'ємною частиною в процесі управління харчовим виробництвом є оператор, що втручається в роботу системи у разі порушень технологічного режиму, з якими не може впоратись автоматизована система управління. Ефективність прийнятих рішень залежить від професіоналізму оператора, вміння швидко виявити причину порушення і виробити адекватні дії оперативного реагування. Доцільно доповнити існуючі системи автоматизації харчових виробництв системою моніторингу технологічного процесу для виявлення нештатних ситуацій та підтримки прийняття рішень з метою їх локалізації.

Реалізацію розроблюваної системи моніторингу технологічного процесу виконаємо за допомогою TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) компанії Siemens. Проста розробка в TIA Portal дозволяє здійснити повний доступ до загальної системи цифрової автоматизації. В рамках програмного забезпечення Digital Enterprise Software Suite, TIA Portal, разом з PLM (Product-Lifecycle-Management) і MES (Manufacturing Execution System), доповнює цілісну серію програмного забезпечення компанії Siemens для підприємств в процесі переходу до Індустрії 4.0.

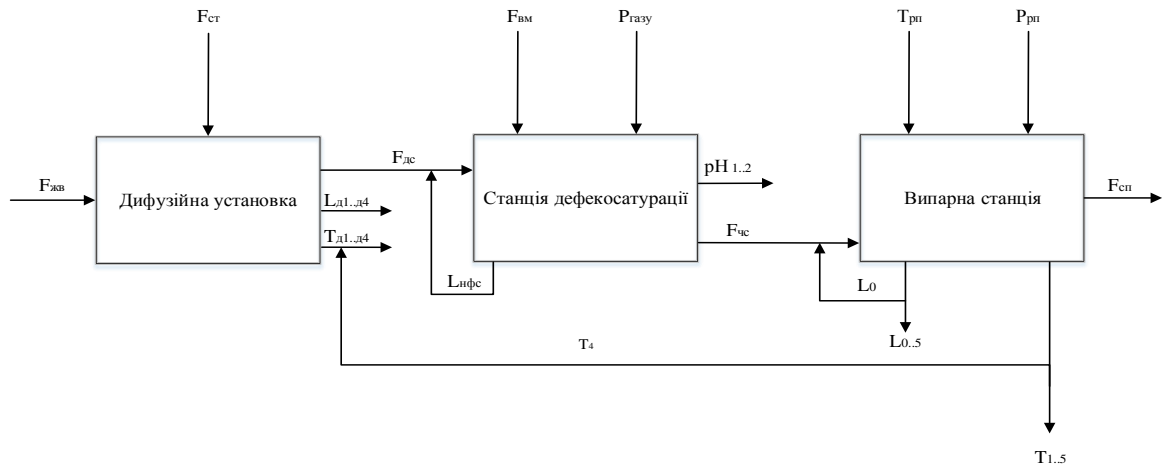
У TIA Portal інтегровані наступні програмні пакети:

- Simatic Step 7, для програмування контролерів S7-1200, S71500, S7-300, S7-400 і WinAC;
- Simatic WinCC, для розробки людино-машинного інтерфейсу (від найпростіших кнопоківих панелей до складних змін рівня SCADA);
- Sinamics StartDrive для параметрування, програмування та діагностики приводів Sinamics;
- Simatic PLCSIM - симулятор ПЛК;
- Simatic Step 7 Safety;
- Simatic Visualization Architect;
- Simatic Energy Suit;

Головною причиною вибору програмного забезпечення від Siemens TIA Portal v14 sp1 стала можливість симуляції роботи програмуємих контролерів SIMATIC на

комп'ютері без наявності реальної апаратури управління, а також можливість інтеграції готового продукту у будь-яку систему автоматизації. Це дозволяє виявити програмні помилки на ранніх стадіях реалізації проекту, підвищити якість програм, прискорити і удешевити виконання пуско-налагоджувальних робіт.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Розробку системи моніторингу нештатних ситуацій виконаємо на прикладі цукрового заводу, для чого необхідно проаналізувати процес виготовлення цукру [9]. Визначено основні параметри технологічного процесу та розроблено параметричну схему основних відділень цукрового заводу (Рис. 1), де показано три відділення цукрового заводу (дифузійне, дефекосатураційне, випарна станція) та взаємозв'язок основних параметрів роботи цих станцій.



**Рис. 1. Параметрична схема основних відділень цукрового заводу**

Де  $F_{жв}$  - витрата живильної води в дифузійну установку,  $F_{ст}$  - витрата бурякової стружки в дифузійну установку,  $F_{дс}$  - витрата дифузійного соку з дифузійної установки,  $F_{нфс}$  - рівень нефільтрованого соку (в холодному дефекаторі),  $F_{вм}$  - витрата вапняного молока на основну дефекацію,  $P_{газу}$  - тиск сатураційного газу,  $F_{чс}$  - витрата чистого соку на випарну станцію,  $T_{рп}$  - температура ретурної пари,  $P_{рп}$  - тиск ретурної пари,  $F_{сп}$  - витрата сиропу на вакуум апарати,  $T_{1..5}$  - температура над-сокового простору 5ти корпусів випарної станції,  $L_{1..5}$  - рівень по корпусам випарної станції,  $L_0$  - рівень в збірнику чистого соку перед випарною станцією,  $T_{д1..д4}$  - температури по зонах дифузії,  $L_{д1..д4}$  - рівні по зонах дифузії,  $pH_{1..2}$  - рН соку в I і II сатураторах.

В результаті обробки думок експертів було визначено, які параметри впливають на перебіг процесів в конкретній станції і які впливають на процеси в

суміжних станціях, а також межі відхилень основних параметрів в залежності від типу НС. Було побудовано таблицю взаємовпливів для кожної станції та для трьох основних станцій в цілому (рис. 2) і таблицю меж нештатних ситуацій (рис. 3).

| Станція             | Назва параметра                                 | Познач | Фжв | Фст | Фдс | Тд1 | Тд2 | Тд3 | Тд4 | Лд1 | Лд2 | Лд3 | Лд4 |
|---------------------|---|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Дифузійна установка | Витрата живильної води в дифузійну установку    | Фжв    | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 1   |
|                     | Витрата бурякової стружки в дифузійну установку | Фст    | 1   | 1   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                     | Витрата дифузійного соку з дифузійної установки | Фдс    | 1   | 0,5 | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 1   | 1   | 1   | 1   |
|                     | Температура по 1-ї зони дифузії                 | Тд1    | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                     | Температура по 2-ї зони дифузії                 | Тд2    | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                     | Температура по 3-ї зони дифузії                 | Тд3    | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                     | Температура по 4-ї зони дифузії                 | Тд4    | 0   | 0   | 0   | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                     | Рівень 1-ї зони дифузії                         | Лд1    | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                     | Рівень 2-ї зони дифузії                         | Лд2    | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                     | Рівень 3-ї зони дифузії                         | Лд3    | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |
|                     | Рівень 4-ї зони дифузії                         | Лд4    | 1   | 0   | 1   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   |

Рис.2. Фрагмент таблиці «Взаємовплив основних параметрів»

| Станція             | Познач | Норма        | вище норми   |              |              | нижче норми  |              |             |
|---------------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
|                     |        |              | Не критична  | Критична     | Надзвичайна  | Не критична  | Критична     | Надзвичайна |
| Дифузійна установка | Фжв    |              |              |              |              |              |              |             |
|                     | Фст    | 78-82 т/год  |              |              |              |              |              |             |
|                     | Фдс    | 115-120%     | 121%-125%    | 126%-130%    | 130%-135%    | 110%-114%    | 105%-109%    | 100%-104%   |
|                     | Тд1    | 65-68°C      | 69-72°C      | 73-76°C      | 76-79°C      | 61-64°C      | 57-60°C      | 53-56°C     |
|                     | Тд2    | 70-72°C      | 73-76°C      | 76-79°C      | 79-81°C      | 66-69°C      | 62-65°C      | 58-61°C     |
|                     | Тд3    | 70-72°C      | 73-76°C      | 76-79°C      | 79-81°C      | 66-69°C      | 62-65°C      | 58-61°C     |
|                     | Тд4    | 68-70°C      | 69-71°C      | 72-75°C      | 75-77°C      | 64-67°C      | 60-63°C      | 56-59°C     |
|                     | Лд1    | 65-70%       | 71-78%       | 79-82%       | 83-87%       | 60-64%       | 55-59%       | 51-54%      |
|                     | Лд2    | 55-65%       | 66-71%       | 72-75%       | 76-81%       | 50-54%       | 46-49%       | 42-45%      |
|                     | Лд3    | 40-47%       | 48-56%       | 57-60%       | 61-65%       | 36-39%       | 32-35%       | 28-31%      |
| Лд4                 | 40-50% | 50-55%       | 56-59%       | 60-65%       | 39-36%       | 32-35%       | 28-31%       |             |
| Дефектосагурація    | Гнфс   | 40-50%       | 51-60%       | 61-70%       | 71-80%       | >40%         | ***          | ***         |
|                     | Гвм    | 8-10 м3/год  | 11-14 м3/год | 15-17 м3/год | 18-20 м3/год | 5-7 м3/год   | 3-5 м3/год   | >3 м3/год   |
|                     | Ггазу  | 52-58кПа     | 59-63кПа     | 64-67кПа     | 68-72кПа     | 47-51кПа     | 42-46кПа     | 37-41кПа    |
|                     | Гчс    | 73-80 м3/год | 81-83 м3/год | 84-87 м3/год | 87-90 м3/год | ***          | ***          | ***         |
|                     | рН1    | 10,8-11 рН   | 11,1-11,4 рН | 11,5-11,8 рН | 11,8-12 рН   | 10,4-10,7 рН | 10,1-10,4 рН | 10-10,3рН   |
|                     | рН2    | 9,0-9,2 рН   | 9,3-9,6 рН   | 9,6-9,9 рН   | 10-10,3 рН   | 8,6-8,9 рН   | 8,2-8,5 рН   | 7,9-8,2 рН  |
|                     | Тгд    | 85-90°C      | 91-93°C      | 94-96°C      | 97-100°C     | 81-84°C      | 77-80°C      | 73-76°C     |
|                     | Тд2саг | 93-97°C      | 98-100°C     | 101-103°C    | 104-107°C    | 89-92°C      | 85-88°C      | 81-84°C     |
| Аларна станція      | Трп    | 150-165°C    | 166-170°C    | 171-174°C    | 175-178°C    | 176-149°C    | 142-145°C    | 138-141°C   |
|                     | Ррп    | 180-190 кПа  | 191-194 кПа  | 195-196 кПа  | 197-200 кПа  | 176-179 кПа  | 172-175 кПа  | 168-171 кПа |
|                     | Фсп    | 30-33 м3     | 34-36 м3     | 37-40 м3     | 41-45 м3     | 29-32 м3     | 26-29 м3     | 22-25 м3    |
|                     | Т1     | 136-139°C    | 140-143°C    | 144-147°C    | 148-151°C    | 132-135°C    | 128-131°C    | 124-127°C   |
|                     | Т2     | 127,5-130°C  | 131-133°C    | 134-137°C    | 138-141°C    | 123-126°C    | 118-122°C    | 114-117°C   |

Рис. 3. Фрагмент таблиці «Межі нештатних ситуацій»

Характер диспетчерського управління технологічними процесами динамічно змінюється. Причини - підвищення складності об'єкта управління, посилення вимог до надійності, впровадження нових інформаційнообчислювальних і програмних систем. У диспетчерській діяльності, поряд з базовою функцією контролю технологічного процесу, значне місце займає функція прийняття рішень.

Для спрощення роботи особи що приймає рішення (ОПР) пропонується ввести систему підтримки прийняття рішень (СППР) в контур управління диспетчера підприємства. СППР не просто надає набір значень вимірюваних факторів, але на основі їх аналізу прогнозує можливість виникнення НС чи видає пораду щодо виходу з НС при її виникненні.

На основі детального розгляду технологічного процесу, поведінки електротехнологічного комплексу в нештатних ситуаціях, аналізу бази даних та порад експертів була сформована база знань для видачі рекомендацій щодо дій оператору в нештатних ситуаціях.

Розроблено програмно-апаратний комплекс системи моніторингу і підтримки прийняття рішень, що для нормального функціонування повинен отримувати дані SCADA-системи автоматизованого управління виробництвом.

Базовою частиною СППР служить модуль аналізу показів датчиків технологічного процесу, а основною частиною СППР диспетчера повинна стати можливість прогнозування ризиків та наслідків застосування того чи іншого рішення диспетчера. Основним завданням комплексу моніторингу є зменшення незапланованих зупинок виробництва та простою обладнання при виникненні нештатних ситуацій за рахунок прогнозування роботи електротехнологічного комплексу та збільшення швидкості реакції диспетчера. Для підвищення якості та оперативності прийняття рішень по управлінню електротехнологічним комплексом в харчовій промисловості представлена і поетапно реалізується задача створення багаторівневої системи оперативнодиспетчерського управління, основні цілі якої:

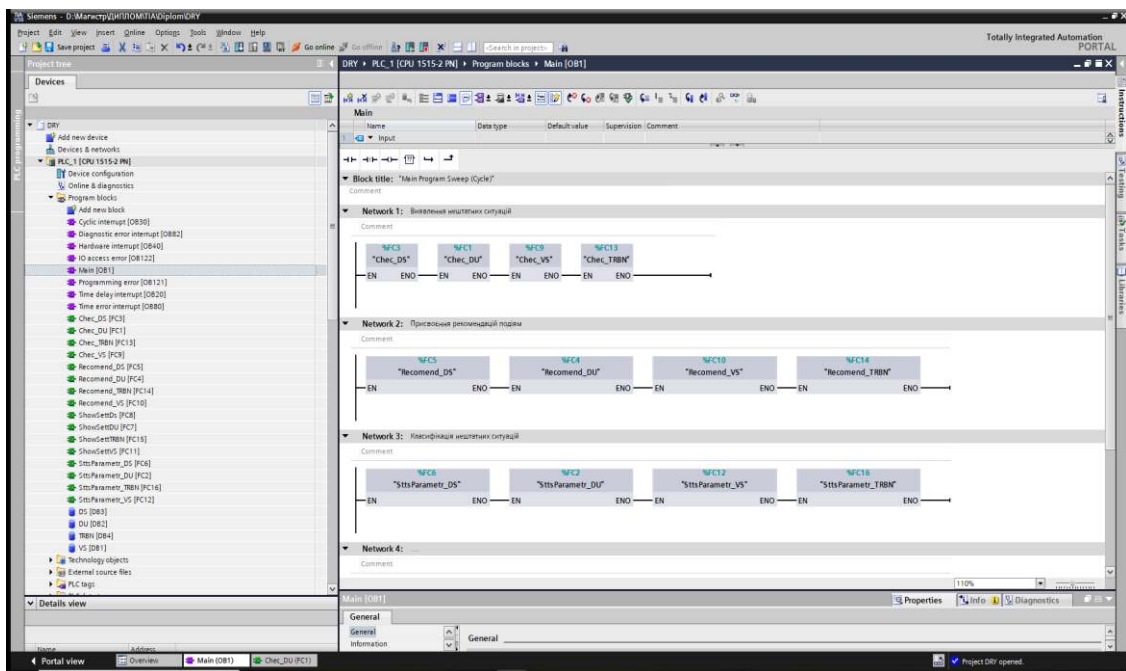
- безперервний диспетчерський контроль за технологічними процесами;
- представлення технологічної інформації в реальному масштабі часу;
- оперативне виявлення та попередження аварійних ситуацій;
- локалізація нештатних ситуацій;
- представлення комерційної інформації про кількість і якість

Отже, розроблювана система керування електротехнологічним комплексом харчових виробництв реалізується як підсистема автоматизованої системи

управління технологічними процесами на рівні центрального диспетчерського пункту виробництва. Для ефективного функціонування розроблюваної системи необхідно в повному обсязі реалізувати автоматизовані робочі місця всіх спеціалістів підприємства. Програма користувача була розроблена за допомогою комплексного середовища програмування від Siemens TIA Portal v14 і інтегровано в нього середовища програмування контроллерів сімейства simatic S7 STEP7.

Всі логічні операції, всі функції знаходяться в організаційному блоці «Main» (OB1), що працює циклічно, тобто після завершення виконання програми користувача, програма починає виконуватись спочатку (Рисунок 4).

Даний організаційний блок написаний на мові програмування FBD (Function Block Diagram / мова функціональних блоків). Завдяки цьому зручно відслідкувати порядок виконання програми.



**Рис. 4. Головна задача «Main» виконання**

В даному організаційному блоці знаходяться розроблені функції виявлення, класифікації нештатних ситуацій, генерація рекомендацій оператору та функція налаштувань параметрів, яка дає змогу інженеру, технологу, розробнику вносити зміни меж нештатних ситуацій. Функції «Chec\_DS», «Chec\_DU», «Chec\_VS», «Chec\_TRBN» типові. Відрізняються лише кількістю вхідних даних і зсилаються



на різні блоки даних «DS»(DB3), «DU» (DB2), «VS» (DB1), «TRBN» (DB4) відповідно. «DS»(DB3)- блок даних станції дефекосатурації, «DU» (DB2) – блок даних станції дифузії, «VS» (DB1) – блок даних випарної станції, «TRBN» (DB4)- блок даних ТЕЦ.

Функція «Сhes\_DS» порівнює поточне значення параметрів роботи станції дефекосатурації з заданими межами нештатних ситуацій, які зберігаються у відповідному блоці даних «DS» (DB3) у енергонезалежній пам'яті (Рисунок 5). Дана функція написана на мові програмування ST (Structure Text), що дозволяє швидко знаходити потрібну інформацію в коді.

| Name    | Data type             | Start value | Retain                   | Accessible f...          | Write...                 | Visible in...            | Setpoint                 | Supervision              | Comment |
|---------|-----------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| ID1     | Int                   | 0           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| i       | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Hmin    | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Hmax    | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHmin   | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHmax   | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHHmin  | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHHmax  | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Lmin    | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Lmax    | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLmin   | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLmax   | Array[0..8] of Real   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Halim   | Array[0..8] of Bool   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHalim  | Array[0..8] of Bool   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Lalim   | Array[0..8] of Bool   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLalim  | Array[0..8] of Bool   |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Htxt1   | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Htxt2   | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Htxt3   | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHtxt1  | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHtxt2  | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHtxt3  | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHHtxt1 | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHHtxt2 | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| HHHtxt3 | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Ltxt1   | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Ltxt2   | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| Ltxt3   | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLtxt1  | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLtxt2  | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLtxt3  | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLLtxt1 | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLLtxt2 | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |
| LLLtxt3 | Array[0..8] of String |             | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |         |

Рис. 5. Блок даних станції дефекосатурації

Функція «SttsPArametр\_DS» написана на мові програмування ST (Structure Text / структурований текст). Вона класифікує нештатну ситуацію, або її відсутність. Функції «SttsPArametр\_DS», «SttsPArametр\_DU», «SttsPArametр\_VS», «SttsPArametр\_TRBN» типові та відрізняються лише кількістю вхідних даних і зсилаються на різні блоки даних «DS» (DB3), «DU» (DB2), «VS» (DB1), «TRBN» (DB4) відповідно.

Функція «Recommend\_DS» написана на мові програмування ST (Structure Text / структурований текст) генерує рекомендації оператору відповідно параметру, на

якому сталася НС, та її типу. Функції «Recommend\_DS», «Recommend\_DU», «Recommend\_VS», «Recommend\_TRBN» типові. Відрізняються лише кількістю вхідних даних і зсилаються на різні блоки даних «DS» (DB3), «DU» (DB2), «VS» (DB1), «TRBN» (DB4) відповідно.

На (рис. 6) зображено робоче вікно системи моніторингу та підтримки прийняття рішень дифузійного відділення. У верхній частині вікна знаходяться кнопки навігації основної АСУ ТП, переходу на диспей графіків історії, журналу подій та повернення до головної мнемосхеми, інформаційна панель критичних повідомлень, кнопка авторизації та виходу з системи.



The screenshot shows a software interface for monitoring and decision support. At the top, there are navigation buttons: 'ЖУРНАЛ', 'ГРАФІКИ', 'ГОЛОВНА', 'КВИТ', 'ЗНЯТИ ЗВУК', 'ЗВУК ВКЛ', and a status bar with '12:24:58' and '14.02.2019'. Below the navigation is a row of buttons: 'Дифузійна установка', 'Станція дефекосатурації', 'Випарна станція', 'ТЕЦ', and 'Налаштування'. The main area contains a table with 11 rows of data.

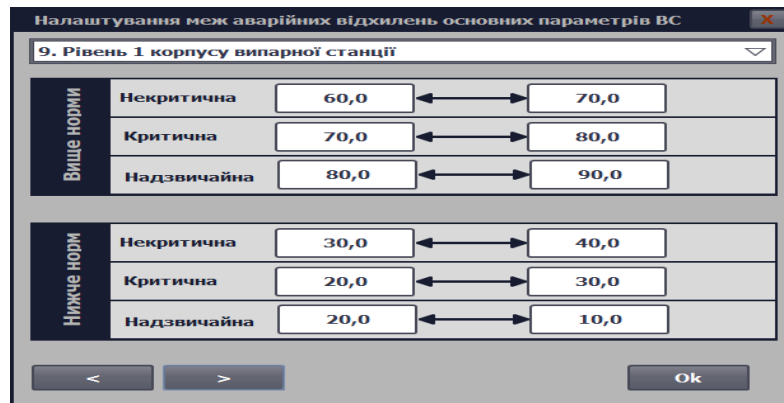
| Параметр                          | Поточне                  | Стан          |
|-----------------------------------|--------------------------|---------------|
| 1. Витрата живильної води в ДУ    | 50,0 м <sup>3</sup> /год | Штатний режим |
| 2. Витрата бурякової стружки в ДУ | 20,0 т/год               | Штатний режим |
| 3. Витрата дифузійного соку з ДУ  | 61,0 м <sup>3</sup> /год | Штатний режим |
| 4. Температура в I зоні ДУ        | 66,0 °С                  | Штатний режим |
| 5. Температура в II зоні ДУ       | 67,0 °С                  | Штатний режим |
| 6. Температура в III зоні ДУ      | 68,0 °С                  | Штатний режим |
| 7. Температура в IV зоні ДУ       | 61,0 °С                  | Штатний режим |
| 8. Рівень в I зоні ДУ             | 50,0 %                   | Штатний режим |
| 9. Рівень в II зоні ДУ            | 50,0 %                   | Штатний режим |
| 10. Рівень в III зоні ДУ          | 45,0 %                   | Штатний режим |
| 11. Рівень в IV зоні ДУ           | 45,0 %                   | Штатний режим |

Рис. 6. Зовнішній вигляд системи

Робоча зона зображена в зручному для користувача вигляді таблиці у якій показано назву параметра, його поточне значення, та стан цього параметра відповідно до розподілення по надзвичайним ситуаціям (штатний режим, некритична, критична, надзвичайна НС). Система має можливість змінювати межі аварійних ситуацій по кожному параметру станцій. Для цього треба авторизуватись як інженер або технолог. Кнопка «Налаштування» знаходиться з правого боку в навігаційній зоні на відеокадрах кожної станції (рисунок 7).

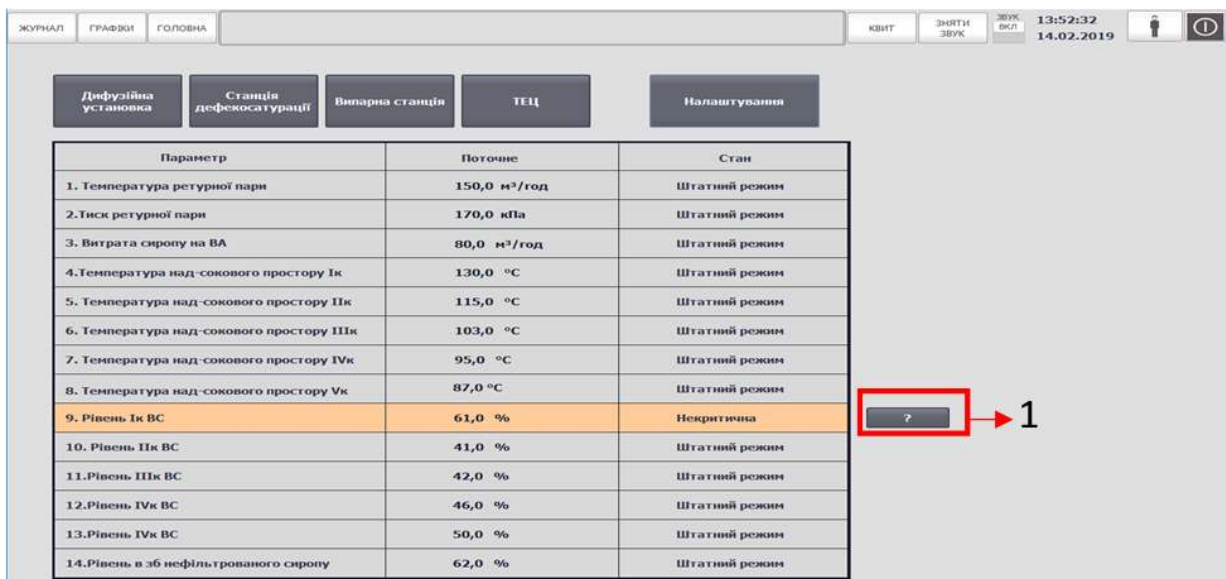
Якщо «надзвичайна» нештатна ситуація відсутня за деякими параметрами, то поле вводу меж даної нештатної ситуації залишаєм нульовим і система не буде класифікувати даний параметр як нештатну ситуацію такого типу.

Перевірка роботи системи проводилась за допомогою емуляційного режиму роботи (значення вхідних параметрів вводилися вручну).



**Рис.7. Зовнішній вигляд вікна налаштувань меж нештатних ситуацій випарної станції з визначеними межами нештатних ситуацій для параметра «Рівень 1 корпусу випарної станції»**

При досягненні меж некритичної нештатної ситуації рядок відповідного параметру підсвічується помаранчевим кольором. А стан параметра змінюється з «Штатного режиму» у «Некритична» (рис.8).



**Рис. 8. Візуалізація некритичної нештатної ситуації**

При активній нештатній ситуації параметру біля рядка стану параметра з'являється кнопка виклику вікна рекомендацій дій оператору 1 (рис.8). Якщо дії оператора не дали результат і значення параметру перейшло в «Критичну» нештатну ситуацію, то рядок відповідного параметру підсвічується жовтим кольором. А стан параметра змінюється на «Критична». Також змінились рекомендації щодо усунення даної нештатної ситуації. Рекомендації базуються на твердженні, що оператор виконав попередні, але ситуація не покращилась.



| Параметр                                  | Поточне                   | Стан          |
|---|---------------------------|---------------|
| 1. Температура ретурної пари              | 150,0 м <sup>2</sup> /год | Штатний режим |
| 2. Тиск ретурної пари                     | 170,0 кПа                 | Штатний режим |
| 3. Витрата сиропу на ВА                   | 80,0 м <sup>3</sup> /год  | Штатний режим |
| 4. Температура над сокового простору Ік   | 130,0 °С                  | Штатний режим |
| 5. Температура над сокового простору Ікк  | 115,0 °С                  | Штатний режим |
| 6. Температура над сокового простору ІІк  | 103,0 °С                  | Штатний режим |
| 7. Температура над сокового простору ІІкк | 95,0 °С                   | Штатний режим |
| 8. Температура над сокового простору ІІкк | 87,0 °С                   | Штатний режим |
| 9. Рівень Ік ВС                           | 71,0 %                    | Критична      |
| 10. Рівень ІІк ВС                         | 60,0 %                    | Штатний режим |
| 11. Рівень ІІІк ВС                        | 50,0 %                    | Штатний режим |
| 12. Рівень ІІІкк ВС                       | 48,0 %                    | Штатний режим |
| 13. Рівень ІІІккк ВС                      | 50,0 %                    | Штатний режим |
| 14. Рівень в зб нефільтрованого сиропу    | 62,0 %                    | Штатний режим |

Рис.9. Візуалізація критичної нештатної ситуації

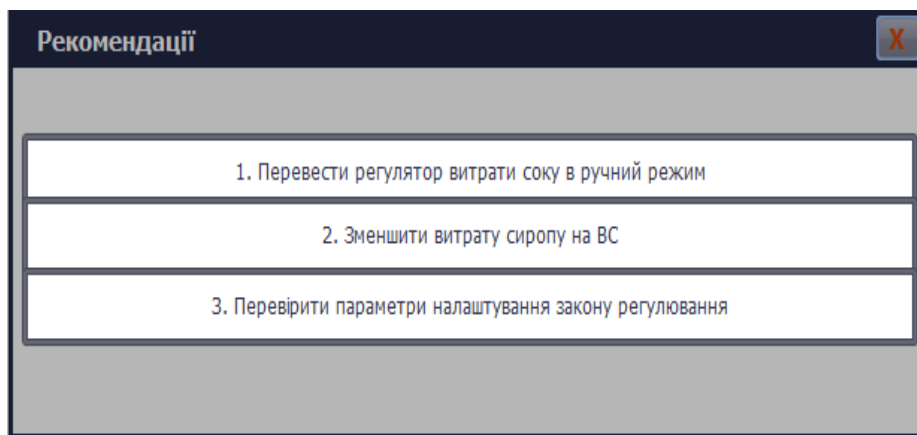


Рис. 10. Зовнішній вигляд вікна рекомендацій щодо усунення критичної нештатної ситуації параметра «Рівень в 1к ВС»

Для виконання зазначених вище функцій програмно-технічний комплекс управління для харчових виробництв повинен створюватися на базі сучасних засобів SCADA, оснащених інтерфейсами в відкритих міжнародних стандартах для зв'язку з суміжними рівнями систем автоматизованого керування та можливості використання сучасних інтелектуальних засобів для аналізу стану виробництва.

Розроблена система моніторингу нештатних ситуацій та ППР буде працювати тільки в режимі порадики-консультанта, не виконуючи ніяких дій, при цьому диспетчер може повністю ігнорувати повідомлення системи і діяти самостійно, але її рекомендації здатні істотно підвищити якість прийнятих рішень.

**Висновки і перспективи.** Розв'язання задач сучасними і перспективними методами в системах керування електротехнологічними комплексами харчових виробництв вимагає застосування принципово нових парадигм і підходів, що зумовлено ускладненням як самих об'єктів управління, так і більш жорсткими вимогами до ефективності керування ними.

Наявність на диспетчерському та операторському пунктах систем автоматизації і управління може привести як до позитивних, так і до негативних результатів, оскільки будь-яке невірне рішення диспетчера з управління системами автоматизації може привести до значних витрат сировини, фінансових втрат та екологічних катастроф. Впровадження розробленої системи моніторингу та підтримки прийняття рішень на підприємствах харчової промисловості дозволить вирішити задачі оперативного розпізнавання нештатної ситуації та інформаційної підтримки диспетчерського персоналу у прийнятті термінових і адекватних заходів по її локалізації.

### **Список літератури**

1. Зыбин Д.Г., Калач А.В., Бокадаров С.А. Обзор современных систем поддержки принятия управленческих решений в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций. Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. №1. С.99-109.
2. Заєць Н.А., Роговик А.В., Штепа В.М. (2018). Визначення нештатних ситуацій на підприємствах харчової промисловості та розробка системи підтримки прийняття рішень. Енергетика і автоматика. 2018. № 5. С. 34-47.

3. Воробьев Ю. Л., Малинецкий Г. Г., Махутов Н. Л. Теория риска и технологии обеспечения безопасности: подход с позиций нелинейной динамики ЧП. Проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 1999 № 1. С.18—40

4. Гриценко Н.Г. Ладанюк А.П., Луцька Н.М., Смітюх Я.В., Кириленко Р.Г. Сучасні методи керування брагоректифікаційними установками. Науковий вісник НУБІП України, 2016. № 3(29). С. 68–78.

5. Штепа В. М. Обґрунтування алгоритму експериментально-аналітичних досліджень режимів електротехнічної очистки стічних вод агропромислових об'єктів з метою побудови енергоефективних систем управління. Енергетика і автоматика, 2012. №1 (11), С.43-51.

6. Поляков А.О., Смирнов Ю.М. Технология интеллектуальных систем: учеб. пособие. СПбГПУ, 2004. 144 с.

7. Химельблау Д. Обнаружение и диагностика неполадок в химических и нефтехимических процессах: пер. с англ. Л.: Химия, 1983. 352 с.

8. Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях. М.: Эдиториал, 2001. 304 с.

9. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств. К.: Вища школа, 1991. 340 с.

### **References**

1. Zybin D.G., Kalach A.V., Bokadarov S.A. (2018) Obzor sovremennykh sistem podderzhki prinyatiya upravlencheskikh resheniy v usloviyakh vozniknoveniya chrezvychnykh situatsiy [Overview of modern decision support systems in emergency situations.]. Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service EMERCOM of Russia, 1, 99-109.

2. Zaiets N.A., Rohovyk A.V., Shtepa V.M. (2018). Vyznachennya neshtatnykh sytuatsiy na pidpryyemstvakh kharchovoyi promyslovosti ta rozrobka systemy pidtrymky pryynyatya rishen [Identification of emergency situations at food industry enterprises and development of support system for decision-making]. Power engineering and automation, 5, 34-47.

3. Vorob'yev YU. L., Malinetskiy G. G., Makhutov N. L. (1999). Teoriya riska i tekhnologii obespecheniya bezopasnosti: podkhod s pozitsiy nelineynoy dinamiki CHP [The theory of risk and security technology: an approach from the standpoint of nonlinear PE dynamics]. Safety issues in emergency situations. 1, 18—40.

4. Hrytsenko N.H. Ladanyuk A.P., Luts' ka N.M., Smityukh YA.V., Kyrylenko R.H. (2016). Suchasni metody keruvannya brahorektyfikatsiynymy ustanovkamy [Modern methods of control of bragocratic installations]. Scientific Bulletin of NUBIP of Ukraine, 3(29), 68–78.

5. Shtepa V. M. (2012). Obgruntuvannya alhorytmu eksperymental' no-analitychnykh doslidzhen' rezhyziv elektrotekhnichnoyi ochystky stichnykh vod ahropromyslovykh ob" yektiv z metoyu pobudovy enerhoefektyvnykh system upravlinnya [Substantiation of the algorithm of experimental and analytical researches of the modes of

electrical wastewater treatment of agro-industrial objects for the purpose of construction of energy-efficient control systems]. Power Engineering and Automation, 1 (11), 43-51.

6. Polyakov A.O., Smirnov YU.M. (2004). Tekhnologiya intellektual'nykh sistem: ucheb. posobiye [Intellectual systems technology: studies. allowance.]. SPbGPU, 144.

7. Khimel'blau D.(1983) Obnaruzheniye i diagnostika nepoladok v khimicheskikh i neftekhimicheskikh protsessakh [Detection and diagnosis of problems in chemical and petrochemical processes] Leningrad: Khimiya, 352.

8. Gelovani V.A., Bashlykov A.A., Britkov V.B., Vyazilov Ye.D. (2001). Intellektual'nyye sistemy podderzhki prinyatiya resheniy v neshtatnykh situatsiyakh [Intellectual decision support systems in emergency situations]. Moscow: Editorial, 304.

9. Ostapchuk N.V. (1991). Osnovy matematicheskogo modelirovaniya protsessov pishchevykh proizvodstv [Fundamentals of mathematical modeling of food production processes]. Vishcha shkola, 340.

## **СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

*Н. А. Заец., А. В. Роговик*

**Аннотация.** В настоящее время на пути формирования правил принятия управленческих решений относительно нештатных ситуаций возникают существенные препятствия.

Цель исследования - разработка системы мониторинга технологического процесса для выявления нештатных ситуаций и поддержки принятия решений, которая помогала оператору в реальном масштабе времени правильно оценить ситуацию и принять соответствующее решение.

Проведен анализ технологического процесса основных стадий сахарного производства, разработана параметрическая схема и сформирована таблица взаимовлияния выбранных параметров и их границы при возникновении нештатных ситуаций: не критичной, критичной, чрезвычайной. Разработан программно-аппаратный комплекс системы мониторинга и поддержки принятия решений, что для нормального функционирования должен получать данные SCADA-системы автоматизированного управления производством. С помощью комплексной среды программирования от Siemens TIA Portal v14 и интегрируемых в него среды программирования контроллеров семейства Simatic S7 STEP7 была разработана программа пользователя. В статье также описаны функции обнаружения и классификации нештатных ситуаций, генерации рекомендаций оператору и настроек параметров, что позволяет инженеру, технологу, разработчику вносить изменения границ нештатных ситуаций. Приведены внешний вид системы и окон настроек границ нештатных ситуаций, мониторинга и визуализации нештатных ситуаций, рекомендаций по устранению нештатной ситуации.

Для улучшения работы лица принимающего решение, предлагается ввести систему мониторинга и поддержки принятия решений в контур управления диспетчера предприятия. Разработана система не просто предоставляет набор

значений измеряемых факторов, но на основе их анализа классифицирует нештатную сложившуюся ситуацию и выдает совет по выходу из нее.

**Ключевые слова:** *нештатная ситуация, авария, система мониторинга, поддержка принятия решений, пищевое производство*

## **SYSTEM OF MONITORING OF TECHNOLOGICAL PROCESS FOR DETERMINING EMERGENCY SITUATIONS ON FOOD ENTERPRISES**

*N. Zaiets, A. Rogovik*

**Abstract.** *Currently, there are significant obstacles to the formation of rules for the adoption of management decisions in relation to emergency situations.*

*The purpose of the study is to develop a system for monitoring the technological process for identifying abnormal situations and supporting decision-making that would help the operator in real time to correctly assess the situation and make the appropriate decision.*

*The analysis of the technological process of the main stages of sugar production was carried out, a parametric scheme was developed and a table of the mutual influence of the selected parameters and their boundaries in the event of emergency situations: non-critical, critical, emergency. A hardware-software complex of the monitoring and decision support system has been developed that, for normal operation, it should receive data from the SCADA-system for automated production management. Using the integrated programming environment from Siemens TIA Portal v14 and the Simatic S7 STEP7 controller family of controllers integrated into it, a user program was developed. The article also describes the functions of detecting and classifying abnormal situations, generating recommendations to the operator and setting parameters, which allows an engineer, technologist, developer to make changes to the boundaries of abnormal situations. The appearance of the system and windows of setting limits for emergency situations, monitoring and visualization of emergency situations, recommendations for eliminating emergency situations are given.*

*To improve the work of the decision maker, it is proposed to introduce a monitoring and decision support system into the control circuit of the dispatcher of the enterprise. The developed system not only provides a set of values of measurable factors, but on the basis of their analysis, classifies an abnormal situation that has developed and gives advice on how to get out of it.*

**Key words:** *emergency situation, accident, monitoring system, decision support, food production*