

УДК 658.5.012.7: 658.528

**ВИЗНАЧЕННЯ НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ
ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА РОЗРОБКА СИСТЕМИ
ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

Н. А. Заєць, кандидат технічних наук, доцент

e-mail: z-n@ukr.net

А. В. Роговик, студент магістратури

Національний університет харчових технологій

e-mail: andrey_rogovik@ukr.net

В. М. Штена, кандидат технічних наук, керівник НДЛ «Екоінженерія»

Поліський державний університет, Республіка Білорусь

e-mail: shns1981@gmail.com

Анотація. *Проведено аналіз, сформульовано та визначено класифікацію нештатних ситуацій, що виникають у результаті переходу із штатного до нештатного режиму функціонування електротехнологічного комплексу харчових виробництв. Розроблена структура системи підтримки прийняття рішень для моніторингу електротехнологічних процесів підприємства в реальному масштабі часу з метою локалізації прогнозованих або виявлених в результаті моніторингу нештатних ситуацій. Розроблено програмно-апаратний комплекс системи моніторингу і підтримки прийняття рішень, основним завданням якого є зменшення незапланованих зупинок виробництва та простою обладнання при виникненні нештатних ситуацій за рахунок прогнозування роботи електротехнологічного комплексу та збільшення швидкості реакції диспетчера при управлінні технологічним комплексом харчових виробництв.*

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

Актуальність. Розв'язання задач управління виробництвом на підприємствах харчової промисловості сучасними і перспективними методами вимагає застосування принципово нових підходів, що зумовлено різким ускладненням як самих об'єктів управління, так і більш жорсткими вимогами до ефективності керування технологічними об'єктами. Для харчових виробництв характерним є нестабільність технологічного процесу внаслідок зміни впливу

параметрів на його перебіг. Існує ряд заходів для стабілізації умов перебігу технологічного процесу, але вони дозволяють тільки зменшити нестабільність, тому алгоритм управління повинен змінюватись під час технологічного процесу залежно від поточної ситуації, яка склалася на виробництві. Тому управління електротехнологічним комплексом харчових виробництв як складним об'єктом має бути системно узгодженим не тільки відповідно з цілями, завданнями, ресурсами і очікуваними результатами, але і в оперативності та результативності взаємодії в реальних умовах нештатної ситуації [1].

Авторами запропонований системний підхід до вирішуваної проблеми, при якому досліджується весь цикл проходження технологічного процесу починаючи з вхідного потоку сировини, включаючи очистку стічних вод виробництва, і закінчуючи прийняттям рішень. Важливим елементом системи прогнозування і прийняття рішень є база даних, в якій знання накопичуються на основі розгляду нештатних ситуацій що відбуваються на підприємствах харчової промисловості. В цьому випадку частота промислових аварій не настільки велика і однотипна, щоб була реальна можливість навчати і тренувати персонал відповідальний за прийняття рішень, а наслідки неоптимальних рішень можуть бути суттєвими. В умовах обмеженого часу використання типових інструкцій по діям персоналу в нештатних ситуаціях виявляється малоефективним, тому що тільки інтелектуальна система прогнозування і прийняття рішень може із врахуванням поточного стану електротехнологічного процесу та обладнання змоделювати та запропонувати оптимальні рішення. Тому задача створення системи керування технологічним комплексом харчових виробництв, заснованій на системах штучного інтелекту з прогнозуванням та підтримкою прийняття рішень в нештатних ситуаціях, є актуальною. Актуальність цієї роботи визначається ще і тим, що ефективні системи керування електротехнологічним комплексом дають можливість в різних галузях харчової промисловості забезпечити отримання продукції високої якості при суттєвому зменшенні витрат на її виробництво.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З точки зору розроблюваної інтелектуальної системи прогнозування, суттєвим елементом являється нештатність ситуації. Для управління в стандартних(штатних) ситуаціях існує можливість використання класичних методів управління, в той час як в нештатних ситуаціях потрібно за обмежений час вирішувати нестандартні, неформалізовані задачі, використовуючи інтелектуальні методи пошуку рішень[2,3].

В [4] розроблено методологію гарантованої безпеки функціонування складної технічної системи та приведено алгоритм управління безпекою складних об'єктів в нештатних ситуаціях. Розроблена методологія дозволяє в реальному режимі часу виявити причину аварії, запобігти можливому переходу функціонування системи в нештатну ситуацію і прийняти рішення, що забезпечує «живучість» працездатності складної технічної системи. Проте дана методологія не забезпечує прогноз аварійних ситуацій та не враховує аналіз ефективності функціонування об'єкта в результаті прийнятих рішень.

В [5] розроблено інтелектуальні методи та засоби візуалізації позаштатних ситуацій в складних системах. Основну увагу приділено вдосконаленню інтерфейсів інтелектуальних систем на основі побудови і дослідження моделей інтелектуальної діяльності людини з використанням сучасних підходів до візуалізації, що дозволяє поліпшити якість взаємодії людини і машини. Проте при управлінні харчовими виробництвами не достатньо лише візуалізації проблеми, необхідною є розробка системи підтримки прийняття рішень (СППР) для оперативного втручання в процес управління.

Для харчових виробництв задачі управління в нештатних ситуаціях вирішувались лише для окремих технологічних агрегатів або відділень. Так у [6] розглянуті і визначені загальні вимоги до систем керування складними системами та описані нештатні ситуації при роботі вакуум-апарату. Із використанням мови ситуаційного управління авторами розроблені алгоритми визначення аварійних і конфліктних ситуацій, визначено структуру та створено фрейм конфліктних

ситуацій, який є складовою частиною бази знань для системи визначення нештатних ситуацій при роботі вакуум-апарата періодичної дії. Але виявлення та попередження нештатних ситуацій лише в одному цеху при неперервному виробництві продукту не достатньо ефективно з точки зору ефективності управління виробництвом в цілому.

Таким чином, незважаючи на міри по підтриманню заданого технологічного режиму роботи та мінімізації втрат електротехнологічного комплексу підприємства, у процес виробництва часто втручається людський фактор. Наявність на диспетчерському та операторському пунктах систем автоматизації і управління може привести як до позитивних, так і до негативних результатів. Будь-яке невірне рішення диспетчера з управління системами автоматики може привести до значних витрат сировини, фінансових втрат та екологічних катастроф. Особливо критичним людський фактор стає в умовах аварійної ситуації, в якій крім психологічної складової діє часовий фактор. Оскільки нештатні ситуації на харчових виробництвах виникають часто, а їх наслідки значно впливають на ресурсо- та енергоефективність виробництва, виникає гостра необхідність в прогнозуванні та розпізнаванні нештатної ситуації, в інформаційній підтримці диспетчерського персоналу, прийнятті термінових і адекватних заходів по її локалізації.

Мета дослідження – визначення класифікацій нештатних ситуацій, що виникають у результаті переходу із штатного до нештатного режиму функціонування електротехнологічного комплексу харчових виробництв та розробити систему підтримки прийняття рішень для моніторингу в реальному масштабі часу з метою локалізації прогнозованих або виявлених нештатних ситуацій.

Матеріали та методи дослідження. Нині проблеми підвищення рівня автоматизації процесів управління технологічними комплексами зводяться в основному до пошуку та вдосконалення правил прийняття управлінських рішень в СППР. 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. Складність вирішення цього завдання з загальносистемних позицій викликана низкою різноманітних причин. Після проведеного аналізу нештатних ситуацій при управлінні різноманітними складними організаційно-технологічними системами [3-6], можна зробити висновок що не існує типового класифікатора причин і наслідків виникнення нештатних ситуацій та систем підтримки прийняття рішень при виникненні нештатної ситуації на підприємствах харчової промисловості. Це суттєво ускладнює пошук і розробку загальносистемних методів і методик формування правил прийняття управлінських рішень в таких ситуаціях. Тому на шляху розробки загальносистемних підходів до вирішення проблеми створення СППР на об'єктах харчової промисловості доцільно в першу чергу сформулювати визначення цього поняття і вирішити задачу класифікації нештатних ситуацій.

Отже, введемо поняття нештатних ситуацій, які виникають у результаті переходу із штатного до нештатного режиму функціонування електротехнологічного комплексу харчових виробництв: не критичні, критичні, надзвичайні та аварійні (рис.1).

Не критична ситуація — це такий нештатний режим функціонування, в якому окремі показники технологічного процесу чи обладнання знаходяться поза інтервалами штатного режиму в таких межах, коли не існує загрози зупинки виробництва чи аварії.

Критична ситуація — це такий нештатний режим функціонування, в якому показники технологічного процесу чи обладнання знаходяться поза інтервалами штатного режиму в таких межах коли з'являється реальна загроза зупинки виробництва чи аварії.

Надзвичайна ситуація — це такий нештатний режим функціонування, в якому показники технологічного процесу чи обладнання знаходяться поза

інтервалами штатного режиму в межах, коли майже неминуче відбувається зупинка виробництва чи аварія.

Аварійна ситуація — це такий нештатний режим функціонування, в якому електротехнологічний комплекс переходить із працездатного стану в непрацездатний, що приводить до зупинки виробництва.

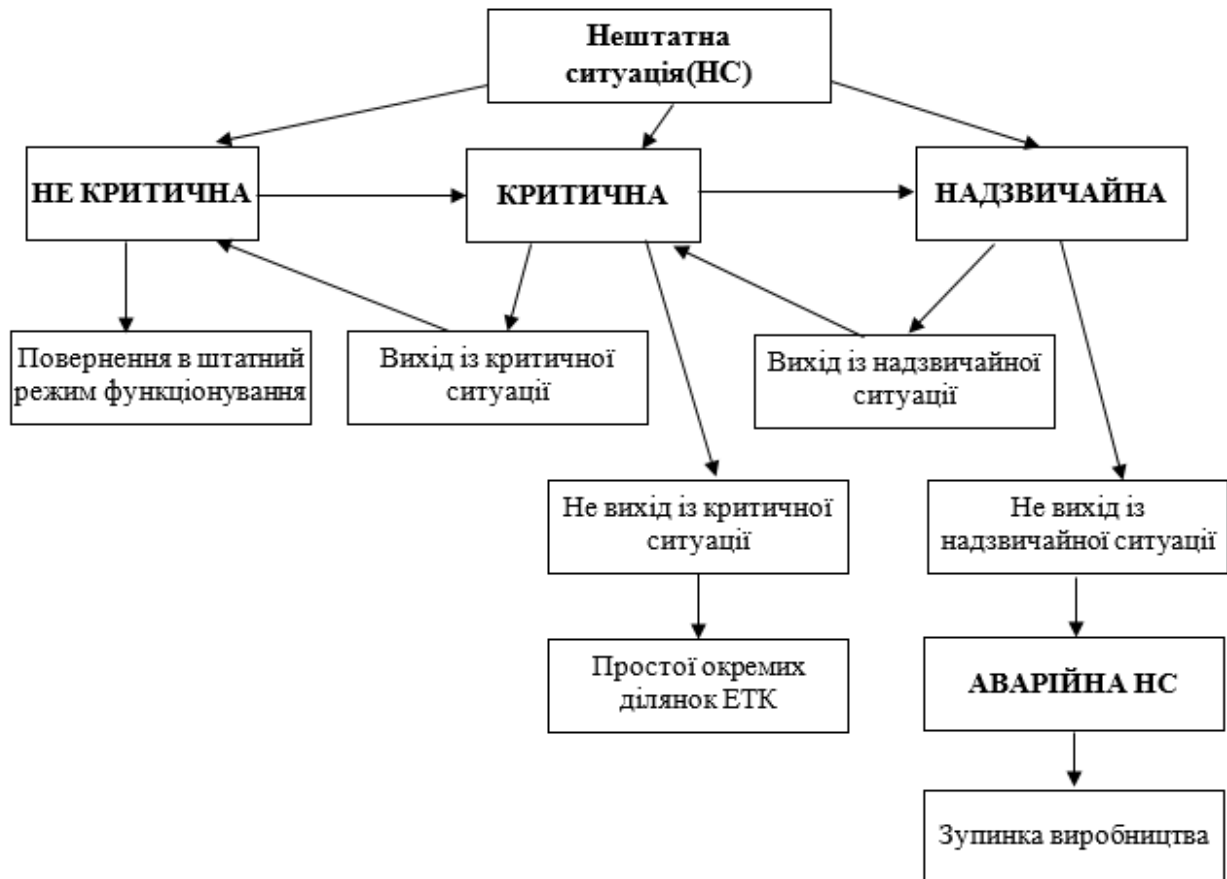


Рис. 1. Класифікація нештатних ситуацій електротехнологічного комплексу харчових виробництв

В результаті аналізу функціонування ТКХВ виявлено наступні причини виникнення нештатних ситуацій:

- припинення подачі енергоресурсів - пов'язане з раптовим відключенням електроенергії або зменшенням тиску газу в трубопроводі подачі на газорозділюваному пункті;

- структурні порушення - пов'язані з будь-яким структурним порушенням в роботі (відмова електротехнологічного обладнання, порив трубопроводу і т.д.);
- параметричні відхилення - будь-яке порушення заданого електротехнологічного режиму роботи, що реєструється як відхилення параметрів режимів роботи системи керування.

Наведені різноманітні ситуації нештатного режиму свідчать про практичну необхідність раціональних дій в умовах невизначеностей різної природи і багатофакторних ризиків. Основна ідея розроблюваної стратегії управління полягає в забезпеченні в реальних умовах функціонування ТКХВ своєчасного та вірогідного виявлення і розпізнавання НС, оцінювання факторів ризиків, прогнозування їх розвитку впродовж визначеного режиму експлуатації і на цій основі забезпечення своєчасного усунення причин ризиків до появи відмов та інших небажаних наслідків.

Характер диспетчерського управління технологічними процесами динамічно змінюється. Причини - підвищення складності об'єкта управління, посилення вимог до надійності, впровадження нових інформаційно-обчислювальних і програмних систем. У диспетчерській діяльності, поряд з базовою функцією контролю технологічного процесу, значне місце займає функція прийняття рішень. У зв'язку з цим поставлена задача розробки і вдосконалення інформаційно-алгоритмічного забезпечення системи моніторингу електротехнологічних процесів підприємства в реальному масштабі часу з метою локалізації прогнозованих або виявлених в результаті моніторингу нештатних ситуацій (НС).

Задачі, які ставляться перед розроблюваною СППР, включають вирішення проблеми покращення техніко-економічних показників роботи виробництва в цілому, а саме [7]:

- збільшення випуску продукції на існуючому обладнанні при наявних ресурсах;

- зменшення простоїв виробництва;

- охоплення системами управління як технологічних процесів і електротехнологічних комплексів, так і інших взаємопов'язаних сфер — енергетика водопостачання, підсистем електротехнічного та екологічного моніторингу;

- прийняття рішень в умовах невизначеності.

Для спрощення роботи особи що приймає рішення (ОПР) пропонується ввести 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.

Процес прийняття рішень людиною можна розділити на декілька стадій:

1. аналіз інформації;
2. постановка задачі;
3. генерація альтернатив;
4. вибір критерію;
5. аналіз альтернативи;
6. вибір альтернативи;
7. вироблення рішення.

Відомо, що самою повільною ланкою людино-машинної системи є сама людина. Пункти 1- 5 піддаються автоматизації з допомогою СППР, що значно спрощує процес прийняття рішень.

Результати досліджень та їх обговорення. Розроблено програмно-апаратний комплекс системи моніторингу і підтримки прийняття рішень, що для нормального функціонування повинен отримувати дані SCADA-системи автоматизованого управління виробництвом. Комплекс СППР прогнозує можливість виникнення нештатної ситуації, визначає наявність нештатної ситуації, здатний моделювати можливі ризики та наслідки і видавати рекомендації ОПР. 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 оперативно-диспетчерського 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 виготовленої продукції та витрати енергоресурсів;
- дистанційне управління підприємством.

Оперативно-диспетчерське управління здійснюється по ієрархічній схемі:

1. Центральне виробничо-диспетчерське управління, що забезпечує контроль роботи підприємства на організаційно-економічному рівні та видачу оперативних режимно-технологічних завдань виробництву.

2. Центральний диспетчерський пункт виробництва це диспетчерсько-координуюча станція що забезпечує контроль і оптимізацію електротехнологічних процесів харчових виробництв.

3. Диспетчерські пункти виробничих підрозділів що забезпечують управління локальними технологічними об'єктами чи цехами виробництва.

4. Локальні системи автоматичного управління, електротехнологічне обладнання та засоби автоматизації.

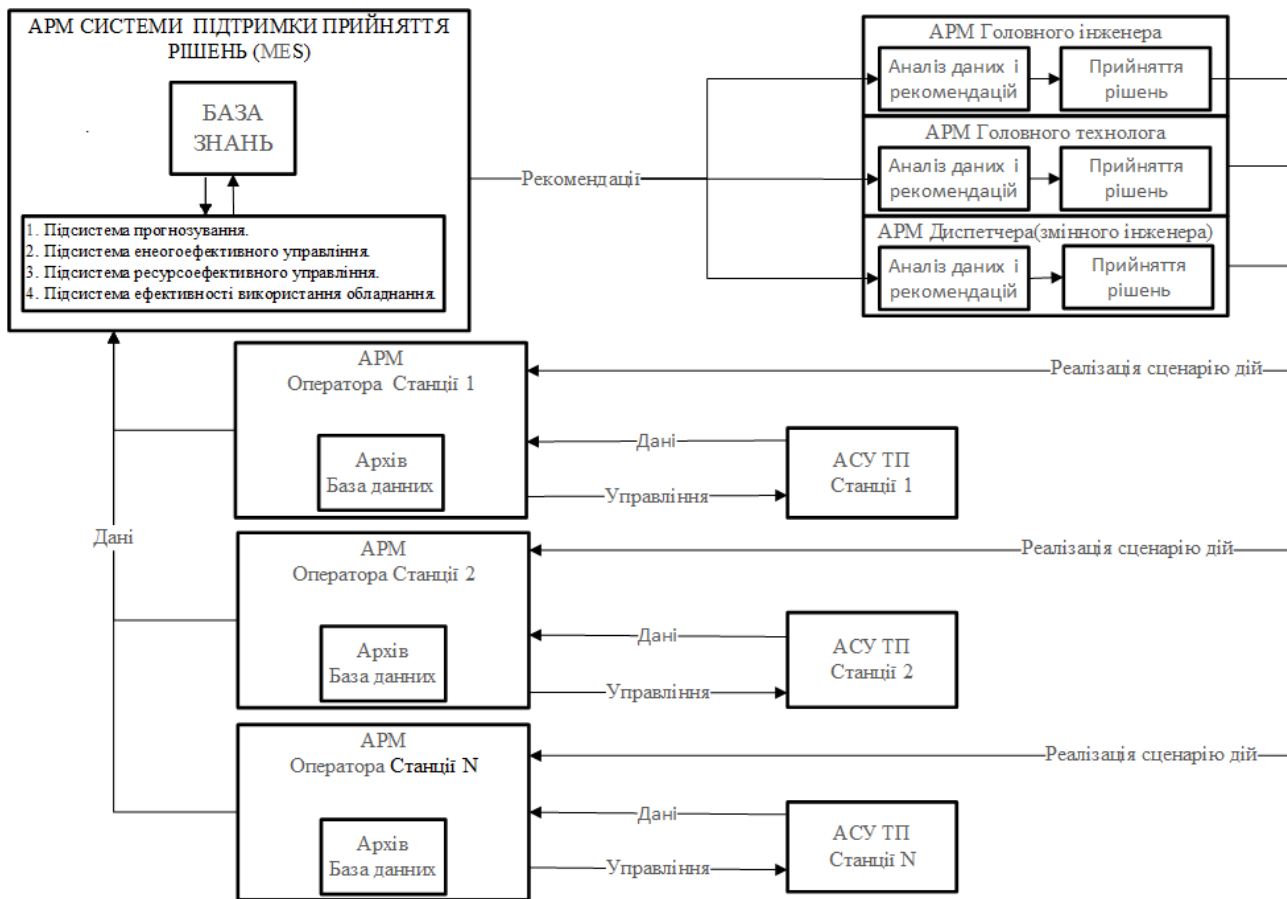


Рис. 2. Структура системи підтримки прийняття рішень.

Рівень центрального диспетчерського пункту є основним рівнем, що забезпечує автоматизований контроль, дистанційне управління та регулювання режимів роботи об'єкта. Таким чином, програмно-технічний комплекс диспетчерсько-координуючої станції є ключовою ланкою для забезпечення функціонування системи автоматизованого управління підприємством в режимі реального часу, зв'язку систем автоматизації нижніх рівнів відділень з системами верхніх рівнів диспетчерського управління та базою даних.

Для виконання зазначених вище функцій програмно-технічний комплекс 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 прогнозування та аналізу стану виробництва.

Отже, розроблювана система керування електротехнологічним комплексом харчових виробництв реалізується як підсистема автоматизованої системи управління технологічними процесами (АСУТП) на рівні центрального диспетчерського пункту виробництва. Прийmemo позначення S^{ASU} для множини функціональних підсистем АСУТП:

$$S^{ASU} = \langle S^{ODU}, S^{UV}, S^{UE}, S^{EM}, S^{TD} \rangle,$$

де $S^{ODU} = \{s_i^{ODU} | i = \overline{1, n^{ODU}}\}$ – підсистема оперативно-диспетчерського управління, що включає s_1^{ODU} - автоматизоване робоче місце (АРМ) змінного диспетчера; s_2^{ODU} - АРМ(сервер) прикладних задач прогнозування та моделювання; s_3^{ODU} – АРМ адміністратора комплексу програмно-технічних засобів реального часу; s_i^{ODU} – інші елементи підсистеми оперативно-диспетчерського управління; n^{ODU} - загальна кількість елементів даної підсистеми; $S^{UV} = \{s_i^{UV} | i = \overline{1, n^{UV}}\}$ - підсистема управління виробництвом, що включає s_1^{UP} - АРМ головного інженера; s_2^{UP} – головного спеціаліста відділення КВПіА; s_3^{UP} - АРМ головного технолога; s_4^{UP} - АРМ головного механіка; ; s_i^{UV} – інші елементи підсистеми управління виробництвом; n^{UV} - загальна кількість елементів даної підсистеми; S^{UE} - підсистема автоматизованого управління енергоспоживанням підприємства, що включає s_1^{UE} - АРМ головного енергетика; S^{EM} – підсистема екологічного моніторингу, що включає s_1^{EM} АРМ – станції очистки стічних вод підприємства; S^{TD} – підсистема технічної діагностики електротехнологічного обладнання підприємства.

Система S^{ASU} реалізує множини функцій диспетчерського контролю на рівні диспетчерсько-координуючої станції $F^{DK} = \{f_i^{DK} | i = \overline{1, n^{DK}}\}$, основними з яких є f_1^{DK} - регулювання заданих параметрів технологічного процесу; f_2^{DK} - координація та оптимізація технологічних потоків виробництва; f_3^{DK} – дистанційне управління технологічним процесом; f_4^{DK} – контроль і облік кількості винотовлюваної продукції згідно з асортиментним завданням; f_5^{DK} - контроль стану працездатності основного і допоміжного електротехнічного

обладнання; f_6^{DK} - локалізація нештатних ситуацій; f_7^{DK} - контроль планових ремонтів та ремонтних робіт; n^{DK} – загальна кількість функцій диспетчерського контролю.

Висновки і перспективи. Використання традиційних методів багатокритеріальної оптимізації для прийняття рішень з управління електротехнологічними комплексами харчових виробництв неможливе у зв'язку з необхідністю обробки та аналізу великих обсягів погано структурованої інформації. Завдяки створенню систем підтримки прийняття рішень, можливо отримати ефективні методи аналізу та прогнозування в області складних електротехнологічних процесів, що характеризуються великими обсягами інформації, яка погано формалізується процедурами логічного висновку для прийняття рішень. Для ефективного функціонування розроблюваної системи необхідно в повному обсязі реалізувати автоматизовані робочі місця всіх спеціалістів підприємства. Розроблена система підтримки прийняття рішень буде працювати тільки в режимі порадирика-консультанта, не виконуючи ніяких дій, при цьому диспетчер може повністю ігнорувати повідомлення системи і діяти самостійно, але рекомендації СППР здатні істотно підвищити якість прийнятних рішень.

Список літератури

1. Панкратова Н. Д. Системный анализ в динамике диагностирования сложных технических систем / Н. Д. Панкратова / Системні дослідження та інформаційні технології. – 2008. – № 1. – С. 33–49.
2. Химельблау Д. *Обнаружение и диагностика неполадок в химических и нефтехимических процессах: пер. с англ* / Д. Химельблау. – Л.: Химия, 1983. – 352 с.
3. Геловани В. А. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях / Геловани В. А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д.. – М.: Эдиториал, 2001. – 304 с.
4. Панкратова Н., Радюк А. Підхід до розпізнавання позаштатної ситуації в динаміці функціонування техногенно небезпечного об'єкту / Н. Панкратова, А. Радюк // Наукові вісті «КПП». – 2008. – № 3. – С. 43-52.
5. *Срохін А. Л.* Візуалізація позаштатних подій в складних системах з каналною структурою / А. Л. Срохін // Системи обробки інформації. – 2006. – №6. – С. 78-85.

6. Прокопенко Ю., Ладанюк А., Сокол Р. Визначення нештатних ситуацій при роботі вакуум-апарата періодичної дії / Ю. Прокопенко, А. Ладанюк, Р. Сокол // Технологический аудит и резервы производства. – 2015. – № 6/3(26). – С. 22-27.

7. Rasmussen, G. Real-time expert system a real gold mine – Режим доступу: <http://www.controlglobal.com/articles/2005/412> (дата звернення 10.10.2018)

References

1. Pankratova, N. D. (2008) Systemnyy analiz v dynamyke dyagnostyrovannya slozhnykh tekhnicheskikh system [System analysis in the dynamics of diagnosing complex technical systems]. System research and information technology, 1, 33–49.

2. 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.

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

4. Pankratova, N., Radyuk, A. (2008). Pidkhid do rozpoznavannya pozashtatnoyi sytuatsyy v dinamitsi funktsionuvannya tekhnohenno nebezpechnoho ob'yektu [Approach to the recognition of a freelance situation in the dynamics of the functioning of an technogenically dangerous object.]. Scientific news "KPI", 3, 43-52.

5. Yerokhin, A. L. (2006). Vizualizatsiya pozashtatnykh podiy v skladnykh systemakh z kanal'noyu strukturoyu [Visualization of extraordinary events in complex systems with channel structure]. Information processing systems, 6, 78-85.

6. Prokopenko, YU., Ladanyuk, A., Sokol, R. (2015). Vyznachennya neshtatnykh sytuatsiy pry roboti vakuum-aparata periodychnoyi diyi [Determination of unusual situations in the work of a vacuum apparatus of periodic action]. Technological audit and production reserves, 6/3(26),22-27.

7. Real-time expert system a real gold mine. Available at: <http://www.controlglobal.com/articles/2005/412>

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Н. А. Заец, А. В. Rogovik, В. Н. Штена

Аннотация. Проведен анализ, сформулировано классификацию нештатных ситуаций, возникающих в результате перехода из штатного в нештатный режим функционирования электротехнологического комплекса пищевых производств. Разработана структура системы поддержки принятия решений для мониторинга электротехнологических процессов предприятия в реальном масштабе времени, с целью локализации прогнозируемых или выявленных в

результате мониторинга нештатных ситуаций. Разработан программно-аппаратный комплекс системы мониторинга и поддержки принятия решений, основной задачей которого является уменьшение незапланированных остановок производства и простоя оборудования при возникновении нештатных ситуаций за счет прогнозирования работы электротехнологического комплекса и увеличения скорости реакции диспетчера при управления технологическим комплексом пищевых производств.

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

DETERMINATION EMERGENCY SITUATIONS IN THE FOOD INDUSTRY AND DECISION SUPPORT SYSTEM

N. Zaiets, A. Rogovik, V. Shtepa

Abstract. *The analysis has been carried out, the classification of abnormal situations arising as a result of the transition from the standard to the non-standard mode of operation of the electrotechnological complex of food production has been formulated. The structure of the decision support system has been developed for monitoring the enterprise's electrical technology processes in real time, in order to localize predicted or identified abnormal situations as a result of monitoring. A software and hardware complex of the monitoring system and decision support was developed, the main task of which is to reduce unplanned production stops and equipment downtime in the event of emergency situations by predicting the operation of the electrotechnological complex and increasing the response speed of the dispatcher when managing the technological complex of food production.*

Keywords: *emergency situation, accident, control system, decision support, food production*