

2. Концентрація жирних сполук у фільтраті значно залежить від концентрації жирів у концентраті. При максимальній концентрації 39 570 мг/л (фактор концентрування 6) вміст жирів у фільтраті більше ніж у 2 рази перевищує вихідний показник.

3. Застосування мембран ультрадіапазону 100 нм і 200 нм для обробки стічних вод з високим вмістом жирів не дозволяє отримати нормативних показників жирності. Фактичний вміст жирів у фільтраті майже у 5 разів більший за норму.

4. Для глибокого очищення жировмісних стічних вод ультрафільтрації недостатньо. Слід використовувати мембрани з більш вузьким розміром пор, наприклад, 20...50 нм, що означає перехід у ранг нанофільтрації, для якої слід очікувати більшого ефекту.

5. Застосування комбінації традиційних процесів очищення стічних жировмісних вод з мембранною обробкою дасть змогу заощадити енергію і реагенти на обробку і значно спростить увесь технологічний ланцюг для досягнення належних екологічних показників олійно-жирового виробництва.

**Перспективи подальших досліджень.** В перспективі подальші дослідження будуть проводитися за допомогою нанофільтраційних мембран, які виготовлені з хімічно та біологічно інертних матеріалів, що дозволить підвищити ефективність мембранної обробки жировмісних стічних вод.

#### Література

1. Мачигин В. С., Щербакова Л. Н., Яковлев В. И. Инновационные мембранные технологии очистки мыло- и жирсодержащих сточных вод. Водочистка, 2010, № 8, С.57–59.

2. Чальдберг А. О., Кузнецова Н. В, Мачигин В. С., Щербакова Л. Н. Очистка жирсодержащих сточных вод. Масла и жиры, 2008, № 2, С.14–16.

3. Мачигин В. С. Ультрафильтрация – альтернатива реагентным физико-химическим методам очистки жирсодержащих сточных вод. Масложировая промышленность, 2007, № 4, С.19–20.

4. Мачигин В. С., Щербакова Л. Н., Лялик В. А. Ультрафильтрация мыло- и жирсодержащих сточных вод на керамических мембранах нового поколения. Вестник ВНИИЖ, № 2, 2009, С.53–55.

5. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984. – 336 с.

*Стаття надійшла до редакції 1.09.2015*

УДК 621. 31.3. 321.

**Варивода Ю. Ю.**, к. т. н., доцент, **Тимошик А. М.**, к. т. н., доцент <sup>©</sup>

*Львівський національний університет ветеринарної медицини  
та біотехнологій імені С. З. Гжицького, Україна*

#### ОЦІНКА І КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

*Розглядаються теоретично-прикладні основи формалізації нечітких та вербальних знань про фізичну суть процесів, які негативно впливають на ресурс складних технологічних систем (СТС). Застосовано модель «чорної скрині» для комп'ютерного симулювання деградації і старіння СТС, на основі чого отримано*

інтегральний критерій оцінки технічного стану СТС.

В Україні 85% потужних СТС тривало працюють понад гарантійний ресурс. Необхідність запобігати зростанню економічних збитків у зв'язку із частими випадками аварійних зупинок через різні пошкодження потребує точніше планувати час виведення в ремонт, передбачати необхідні заміни зношених деталей елементів і вузлів. Як показують випробування, після різного періоду напрацювання ряд регламентованих параметрів СТС (температура, опір обмотки, питомі втрати та інші) [1] перевищують допустимі межі, оскільки ще в процесі комплектації і збирання вони суттєво різняться за якістю виготовлення, а після введення установок в експлуатацію різняться якістю ремонтів, умовами роботи, ступенем використання, графіками та режимами їх експлуатації.

**Ключові слова:** складні технологічні системи (СТС), нечітка логіка, інтегральний критерій, нечіткі експертні системи.

УДК 621. 31.3. 321.

**Варивода Ю. Ю.**, к. т. н., доцент, **Тимошик А. М.**, к. т. н., доцент,  
Львівський національний університет ветеринарної медицини  
і біотехнологій імені С. З. Гжицького, Україна

### ОЦЕНКА И КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассматриваются теоретико-прикладные основы формализации нечетких и вербальных знаний о физической сущности процессов, которые негативно влияют на ресурс сложных технологических систем (СТС). Применена модель «черного ящика» для компьютерного моделирования деградации и старения СТС, на основе чего получен интегральный критерий оценки технического состояния СТС.

В Украине 85% мощных энергоустановок длительно работающих продолжительнее гарантированного ресурса. Необходимость предотвращать рост экономических убытков в связи с частыми случаями аварийных остановок из-за различных повреждений требует точнее планировать время вывода в ремонт, предусматривать необходимые замены изношенных деталей элементов и узлов. Как показывают испытания после разного времени наработки ряд регламентированных параметров СТС (температура, сопротивление обмотки, удельные потери и другие) [1] превышают допустимые пределы, поскольку еще в процессе комплектации и сборки они существенно различаются по качеству изготовления, а после введения установок в эксплуатацию отличаются качеством ремонтных работ, условиями работы, степени использования, графиками и режимами их эксплуатации.

**Ключевые слова:** сложные технологические системы (СТС), нечеткая логика, интегральный критерий, нечеткие экспертные системы.

UDC 621. 31.3. 321.

**Varyvoda Yu.Yu.**, phd., associate professor, **Tymoshyk A.M.**, phd., associate professor  
Lvivsky National University of Veterinary Medicine and Biotechnology  
named after SZ Gzhytsky, Ukraine

### TECHNICAL EVALUATION AND CONTROL OF COMPLEX TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Theoretical and applied basis in formalizing fuzzy and verbal knowledge of the physical nature processes affecting the resource complex technological system are studied in the paper (CTS). The «black box» model for computer simulation of degrading and aging

CTS, has been applied on the bases on which the Integral criterion for assessing the technical condition of CTS has been received.

In Ukraine 85% of powerful power plants continued to operate over the warranty life. The need to prevent the growth of economic losses due to the increasing frequency of emergency stops through various damage needs to more precisely plan the withdrawal of all repairs, to provide a replacement of worn parts components and assemblies. As tests demonstrate after different working time a number of regulated parameters CTS (temperature, resistance of windings specific losses, etc.) [1] exceed the permissible limits, since the process of assembly they significantly differ the quality of manufacturing, and after putting the facilities in to operation into quality of repairs, the working conditions, the degree of use, schedules and modes of operation, appear to be quite different.

**Key words:** Complex technological systems (ITS), fuzzy logic, integral criterion, fuzzy expert systems.

**Вступ.** Формально сукупність експлуатаційних процесів, які впливають на ресурс при роботі СТС, можна представити у вигляді якісної моделі деградації, яка узагальнює тривалу дію сукупності експлуатаційних факторів, як суму попередніх і прямих результируючих впливів на зміну надійності [1].

$$P_j^t = P_j^{t-1} \oplus \sum_{i \neq j} F_t + (d_{Tij}, F_L(d_{Lij}, F_c(d_{cij}, P_j^t - P_j^{t-1}))) \quad (1)$$

де,  $F_t$  - функція часового аспекту (тривалості) сукупності факторів впливу;  $F_L$  - функція затримки впливів (інерції термоциклів);  $F_c$  - функція впливів амплітуди змін навантаження.

Недоліком моделі [1] є відсутність причинно-наслідкових механізмів динаміки несправностей і пошкоджень СТС, що виключає можливість її практичного використання для прогнозування їх залишкового ресурсу.

При змінах навантажень, а також внаслідок зупинок і запуску СТС, тривалість термоциклів «нагрівання – охолодження – нагрівання» струмопровідних частин значно менша від тривалості термоциклів масивних частин. Відмінність в швидкості нагрівання-охолодження активних частин відносно масивних елементів обумовлена їх різною тепловою інерцією, різними температурними коефіцієнтами матеріалів та різною інтенсивністю впливу на них агресивного середовища (електромагнітних полів, температури і тиску). Внаслідок температурних зміщень між спряженими елементами виникають циклічні термодинамічні напруження у відповідних матеріалах ( $F_v$ ), які негативно впливають протягом тривалого часу. Одночасно має місце зростання вібрації і шуму елементів СТС ( $F_{100} = var$ ) [2]. Через складнощі моніторингу цих параметрів технічний стан СТС оцінюється в значній мірі суб'єктивно. Оскільки в умовах роботи СТС поступові дефекти і незначні пошкодження в більшості випадків не можуть бути своєчасно виявлені існуючими методами, то за тривалий період напружування накопичуються кількісні і якісні зміни параметрів їх стану від «справного» до «працездатного» і, надалі, «не працездатного».

До числа домінуючих факторів, які ініціюють пошкодження і відмови нової, введеної в експлуатацію СТС відносяться, відповідно: дефекти при виготовленні збірних елементів, якість технології збирання (або ремонтів), мікрodefekти у висхідних матеріалах, агресивне середовище ( $F_s$ ).

З урахуванням сукупності цих факторів, представимо в загальному вигляді інтегральний показник інтенсивності зміни індивідуальної надійності ( $M_2$ ) СТС.

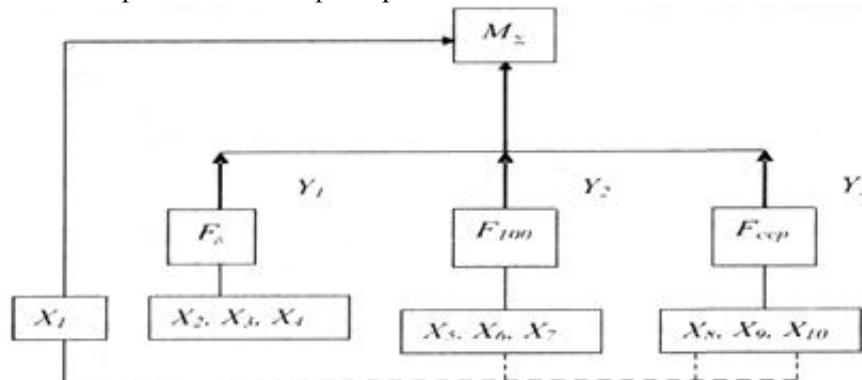
$$M_{\Sigma} = f(F_s, F_{100}, F_v) A \exp(-\alpha \sigma) \quad (2)$$

Керуючись різномірними ( в тому числі теоретичними і емпіричними) масивами даних в динаміці, враховуючи їх нелінійність і неповноту, вирішувати задачу контролю і управління індивідуальною надійністю СТС існуючими, класичними методами і засобами практично неможливо. Пропоновану модель розв'язку представимо у вигляді інтелектуальної моделі [2,3]. Основу моделі складають формалізовані за допомогою теорії нечітких множин лінгвістичні висновки, які базуються на інформації з нормативно-технічної документації, аналізу фізичної суті процесів та наявних результатів експериментальних і теоретичних досліджень (Рис. 1.)



**Рис.1. Причинно-наслідкові фактори впливу на надійність СТС**

Структуруємо лінгвістичні знання у вигляді графу причинно-наслідкових зв'язків, які мають відношення до інформації про фактори впливу на технічний стан СТС в процесі роботи (Рис.2). Вершина графа - вихідний інтегральний показник ( $M_{\Sigma}$ ), термінальні вершини - нечіткі фактори впливу  $Y_1, Y_2, Y_3$ , нетермінальні вершини - класи факторів.



**Рис. 2. Граф експлуатаційних факторів, які впливають на ресурс СТС**

На блок-схемі (Рис. 2) представлена наступна множина вхідних змінних, які впливають на індивідуальну надійність  $M_{\Sigma}$ :  $Y_1$  – термомеханічні напруження ( $F_v$ );  $Y_2$  – електродинамічні процеси ( $F_{100}$ );  $Y_3$  –агресивність середовища; на які

впливають:  $X_1$  - температура мідних елементів;  $X_7$  – добовий графік активного і реактивного навантаження ( $P_{MBm}, Q_{MBap}$ );  $X_8$  – температура охолоджуючого агенту;  $X_9$  - вологість охолоджуючого агенту;  $X_{10}$  - тиск охолоджуючого агенту:

$$M_{\Sigma} = f(Y_1, Y_2, Y_3, X_1), \tag{3}$$

де,  $Y_1 = M_5(X_2, X_3, X_4)$ ;  $Y_2 = M_2(X_5, X_6, X_7)$ ;  $Y_3 = M_3(X_8, X_9, X_{10})$ ;  $X_1 = f(X_6, X_8, X_{10})$ .

Інтегральний показник  $M_{\Sigma} = f(Frez)$  повинен бути чутливим до найбільш вагомих факторів, які ініціюють деградацію СТС і реагувати на поступове зростання інтенсивності впливу масиву факторів по мірі зношення СТС.

Процедура оцінювання індивідуальної надійності СТС базується на спільному застосуванні множини локальних правил і знань, кожне з яких вирішує окрему задачу. Для прикладу запишемо умови, які відповідають логічній і фізичній суті лінгвістичних нечітких змінних інтенсивності впливу:

**ЯКЩО**  $(Y_1) \subset (H, C, B)$ , і  $(Y_2) \subset (H, C, B)$ ,  $(Y_3) \subset (H, C, B)$ , **ТО**  $M_{\Sigma} \subset (H, C, B)$  (табл.1), де  $M_{\Sigma}$  - вихідна лінгвістична змінна, якою оцінюється технічний стан СТС в термінах: Високий, Середній, Низький - рівень індивідуальної надійності.

$Y_1, Y_2, Y_3$  – нечіткі вхідні змінні,  $X_1, X_2, X_{10}$  - параметри – причини впливу нечітких вхідних змінних. А системна інтелектуальна база правил на основі нечіткої логіки виконує роль з'єднання окремих логічних рішень у вигляді бази знань (таблиця 1).

Таблиця 1

**База знань для структурної ідентифікації впливу факторів на технічний стан СТС**

№ правила	$M_{\Sigma}(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10})$															
	$Y_1$				$Y_2$				$Y_3$							
	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$Y_1$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$Y_2$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$Y_3$	$X_6$	$X_8$	$X_{10}$	$X_1$
1	В	В	В	В	В	В	С	В	В	В	В	В	В	В	В	В
2	В	В	С	В	В	С	Н	В	В	В	С	В	С	В	С	С

Комп'ютерний аналіз взаємодіючих факторів здійснюється за одним принципом: різномірні покази вимірювальних приладів і якісних показників фазифікуються (перетворюються в нечіткий формат), обробляються, дефазифікуються (перетворення нечіткої інформації у чіткі форми) і у вигляді сигналів подаються на виконавчий орган. Задача прийняття рішення полягає в тому, щоб на основі кількісних і якісних множин вхідних режимних і технічних змінних визначити ступінь зношення СТС.

Експериментальні дослідження були проведені на турбогенераторах як одному із варіантів запропонованої моделі для оцінки і контролю технічного стану СТС [4].

**Висновки.**

1. Розроблені науково-прикладні основи структурної ідентифікації масиву параметрів технічного стану СТС, які характеризують динаміку їх індивідуальної надійності в умовах недостатнього об'єму інформації.

2. Експертна система контролю може бути реалізована на комп'ютері для інтелектуальної підтримки рішень про індивідуальну надійність широкого класу типів і потужностей СТС з вичерпаним ресурсом. Це підвищить їх надійність за

рахунок встановлення ошадних параметрів навантаження (оптимізації), знизить ступінь суб'єктивізму та зменшить ризики при прийнятті рішень.

#### Література

1. Праховник А. В. Качественный подход к моделированию и управлению режимами системы электроснабжения / А. В. Праховник, Т. А. Таран, О. В. Разумовский // Изв. вузов. Энергетика. – 1991. – №12. – С. 81–86.
2. Тимошик А. М. Критерії інтегрального контролю технічного стану турбогенераторів / А. М. Тимошик. – Энергетика и электрификация. – 2012. – №8. – С.50–53.
3. Сявавко М. С. Інформаційна система «Нечіткий експерт», Львів, 2007. 317с.
4. Спосіб інтегрального контролю технічного стану статора синхронних турбогенераторів. Патент на корисну модель №70437. Зареєстровано 11.06.2012. Автори: Тимошик А. М., Варивода Ю. Ю.

Стаття надійшла до редакції 8.09.2015

УДК 664.8.036.5

**Верхівкер Я. Г.**, д. т. н., професор (E-mail: j.g.v.2007@mail.ru) ©

**Мирошніченко О. М.**, к. т. н., доцент, (E-mail: kushnir.99@mail.ru)

*Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна*

### **РОЗРОБКА ПАРАМЕТРІВ КОНСЕРВУВАННЯ ТОМАТНИХ СОУСІВ І КЕТЧУПІВ У ПОЛІМЕРНІЙ ТАРИ**

*Досліджено різні методи зберігання харчових продуктів від псування - теплова стерилізація методом «гарячого розливу», застосування консервантів, асептичне консервування та їх комбінації для томатних соусів і кетчупів. Розроблені та затверджені параметри, режими теплової обробки соусів і кетчупів в полімерній тарі, а так само умови досягнення промислової стерильності продуктів.*

*У роботі наведені результати дослідження теплових режимів для виробництва кетчупів і соусів на основі томатопродуктів (томатного соку, томатного пюре і томатної пасти). Дослідження включали в себе підбір температурних параметрів, що забезпечують промислову стерильність готової продукції і комбіновані способи консервування з використанням консервуючих речовин і теплової обробки. При комбінованому способі консервування забезпечується більш повне збереження поживних речовин, що входять до складу соусів і кетчупів, знижується енергоємність виробництва готової продукції. Використання різноманітних сучасних видів споживчої тари для яких розроблені режими теплової обробки, дозволяє збільшити асортимент випущеної промисловістю продукції і створити конкуренцію різних підприємств на споживчому ринку. У статті наведені нормативні значення основних техніко-хімічних характеристик кетчупів і соусів, що випускаються промисловістю.*

**Ключові слова:** *теплова стерилізація, консерванти, полімерна тара, промислова стерильність, томатні соуси, кетчупи*

УДК 664.8.036.5

**Верхівкер Я. Г.**, д. т. н., професор, **Мирошніченко Е.М.**, к. т. н., доцент

*Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса, Украина*