

УДК 664.12:303.446.33

О. В. ШКОЛЬНА, В. Д. КИШЕНЬКО, А. П. ЛАДАНИЮК**ПРОГНОЗУВАННЯ ДИНАМІКИ СПОЖИВАННЯ ВТОРИННОЇ ПАРИ З ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ**

Розглядається метод прогнозування динаміки споживання вторинної пари з випарної установки, що може використовуватись при реалізації випереджувального керування випарною установкою як складовою теплотехнологічного комплексу цукрового заводу. Вибір методу для прогнозування часових рядів, а саме методу нечітких елементарних тенденцій, обґрунтовано та наведено приклад його реалізації в заданій предметній області. Також оцінено адекватність та точність розробленої моделі на основі нечітких елементарних тенденцій в заданій предметній області. Результати досліджень можуть бути використані при реалізації випереджувального керування випарною установкою.

Ключові слова: прогнозування часових рядів, нечіткі елементарні тенденції, випереджувальне керування, випарна установка.

Рассматривается метод прогнозирования динамики потребления вторичного пара из испарительной установки, который может использоваться при реализации упреждающего управления испарительной установкой как составной теплотехнологического комплекса сахарного завода. Выбор метода для прогнозирования временных рядов, а именно метода нечетких элементарных тенденций, обосновано и приведен пример его реализации в заданной предметной области. Также оценены адекватность и точность разработанной модели на основе нечетких элементарных тенденций в заданной предметной области. Результаты исследований могут быть использованы при реализации опережающего управления испарительной установкой.

Ключевые слова: прогнозирование временных рядов, нечеткие элементарные тенденции, упреждающее управление, выпарная станция.

In terms of control the evaporator system as a part of thermal technological complex at the sugar refinery is nonlinear, multidimensional, multiply, complex object. Therefore, the energy efficiency of its operations is advisable to use the methods and approaches to predictive control. For the implementation of predictive control, above all, necessary to solve the problem of time series prediction. The paper presents solved this problem by using a method of analysis and time series forecasting based on fuzzy basic trends. The method proved and an example of its implementation on the basis of time series values of the actuator position on burning steam defecator characterizing the dynamics of consumption of secondary steam from the evaporation unit for a particular customer. As a result, the resulting model for predicting time series based on this method, and assessed its adequacy and accuracy. Determined that the T-model, built by NET capable of successfully and adequately predict fuzzy basic trends and values of the time series position actuator supply second pair of evaporator station on burning defecator, and that the forecasting method can be used in the implementation of advanced control evaporators sugar factory.

Keywords: time series prediction, fuzzy basic trends, predictive control, evaporator.

Вступ. Існуючі системи автоматизації випарної установки [1–3] розглядають останню як складову технологічного комплексу цукрового заводу, метою якої є забезпечення необхідних показників якості вихідного продукту, тобто цукрового сиропу, але, крім цього, ВУ виконує і теплотехнічну функцію – забезпечення вторинною парою споживачів, тому, з метою підвищення енергоефективності ВУ та виробництва в цілому, варто при автоматизації ВУ розглядати її як складову теплотехнологічного комплексу, що одночасно виконує дві вищезазначені функції.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Дедалі частіше при вдосконаленні систем автоматизації використовують сучасні інтелектуальні методи [4, 5]. Останнім часом в промисловості набула розвитку методологія випереджувального керування [6], що заснована на вирішенні задач поточної оптимізації процесів в реальному часі при заданих технічних умовах. Алгоритм випереджувального керування заснований на розрахунку керувальних впливів на технологічний процес з метою оптимізації його майбутньої поведінки, від поточного моменту часу до певного горизонту прогнозу.

З точки зору керування випарна установка як складову теплотехнологічного комплексу цукрового заводу є нелінійною, багатомірною, багатозв'язною системою з складним характером перехідних процесів, що викликані, зокрема, технологічними режимами вироблення та використання енергетичних ресурсів, тому, для підвищення енергоефективності виробництва, доцільно використовувати методологію випереджувального керування. Для цього, в першу чергу, необхідно вирішити задачу прогнозування часових рядів ВУ.

Часто, при прогнозуванні часових рядів (ЧР), невизначеність поведінки моделюється в рамках стохастичних моделей на основі представлення ЧР, як реалізації випадкового процесу, але невизначеність поведінки не завжди може бути адекватно змодельована методами теорії випадковості, в цьому випадку застосовують інтелектуальні методи аналізу часових рядів, що активно використовують знання експертів [7]. Серед них - методи прогнозування ЧР з використанням нечіткого згладжування [8], метод побудови прогнозу на основі розв'язання системи рівнянь методом простих ітерацій; метод прогнозування ЧР на основі нейромережевого підходу [9]; прогнозування часових рядів на основі нечітких елементарних тенденцій [10]. Вибір методу прогнозування часових рядів обраної предметної області та його реалізація є актуальною задачею.

Ціль та задачі дослідження. Метою дослідження є прогнозування динаміки споживання вторинної пари з випарної установки.

Задачею дослідження є визначення методів та підходів, що дадуть можливість прогнозувати динаміку використання вторинної пари споживачами за межами ВУ, таких як: парові камери дифузії, різноманітні підігрівники, вакуум апарати та ін.

Для досягнення поставленої мети були поставлені наступні завдання:

1. Визначити основний підхід до прогнозування динаміки споживання вторинної пари.
2. Обрати та реалізувати метод прогнозування ЧР для кожного зі споживачів вторинної пари.
3. Оцінити точність отриманого прогнозу та перспективу його використання.

Матеріали та методи прогнозування динаміки споживання вторинної пари з випарної установки. Динаміку споживання вторинної пари з випарної установки можна оцінити аналізуючи динаміку використання вторинної пари кожного з споживачів вторинної пари, серед яких [11]: підігрівники соку перед ВУ першої, другої та третьої групи; вакуум апарати першого, другого та третього продукту; парові камери дифузії; пароконтактні підігрівники жомпресової води (№1 та №2); підігрівники соку I сатурації перед фільтрацією; підігрівники соку перед основною гарячою дефекацією (третьої та четвертої групи) та ін.. Саме зміна паровідбору для конкретного споживача з того чи іншого корпусу ВУ вносить збурення в роботу випарної установки та призводить до зміни динаміки споживання вторинної пари, тому для аналізу загальної динаміки зміни паровідбору з ВУ варто зосередитись на споживачах, витрата вторинної пари для яких є змінною величиною. Як правило, на цукрових заводах витратоміри в трубопроводах вторинної пари не встановлюють, тому оцінювати зміну витрати пари для таких споживачів пропонуємо за часовими рядами положення виконавчого механізму подачі пари на певний підігрівник. Споживачі, для яких не передбачено зміну паровідбору, на загальну динаміку витрати вторинної пари впливу не матимуть, а тому не потребують уваги в контексті поставленої задачі. Отже, щоб оцінити, або прогнозувати загальну динаміку споживання вторинної пари з ВУ необхідно виділити споживачів, паровідбір для яких є регульованою величиною та оцінити, або прогнозувати паровідбори для кожного з них. На основі прогнозованих значень паровідборів по кожному з динамічних споживачів оцінюється загальна динаміка споживання вторинної пари з ВУ.

Дедалі ширшого використання та розвитку здобувають інтелектуальні методи аналізу часових рядів, основою яких є нечітка модель часового ряду, яку називають [12] нечітким часовим рядом (НЧР). НЧР – це впорядкована послідовність спостережень, в яких за допомогою нечітких міток виражені значення, які приймає деяка змінна в певний момент часу. Моделювання розвитку процесу в лінгвістичних термінах проводиться на основі часового ряду нечітких тенденцій.

Для прогнозування будемо використовувати методи прогнозування часових рядів на основі нечітких елементарних тенденцій, що оперують наступними поняттями:

– нечітка елементарна тенденція (НЕТ) τ , визначена на \tilde{Y}_Δ , є сукупність впорядкованих пар $\tau = \{\tilde{y}_\Delta, \mu_\tau(\tilde{y}_\Delta)\}$, де $\mu_\tau(\tilde{y}_\Delta)$ – степінь приналежності \tilde{y}_Δ до НЕТ; $\tilde{y}_\Delta = \{\tilde{y}_1, \dots, \tilde{y}_m\}$ – нечіткий часовий ряд лінгвістичної змінної $\tilde{Y}, T_y, U_y, G_y, M_y$; $\tilde{Y}_\Delta = \{\tilde{y}_\Delta\}$ – множина нечітких часових рядів однакової, або змінної довжини [10];

– часовий ряд нечіткої тенденції є впорядкована в часі нечітка множина $\tau_i = \{t, \mu_\tau(\tilde{y}_\Delta)\}$, де $\{\tilde{y}_\Delta\}$ –

множина нечітких часових рядів довжиною m , $\tilde{y}_\Delta = \{\tilde{y}_{t-m+1}, \dots, \tilde{y}_t\}$, $\tilde{y}_t \in \tilde{Y}$. Для лінгвістичної змінної «тенденція» часовий ряд визначають сукупністю значень усіх видів нечітких тенденцій [10]:

$$\tau_i = \{t, \tau_i^1, \dots, \tau_i^p\}; \quad (1)$$

– модель нечітких тенденцій (МНТ) з параметрами (n, p, m, l) визначають сукупністю компонент та рівнянь [13]:

$$\tilde{y}_i^j = \text{Fuzzy}[y_i], \quad y_i^j = \text{deFuzzy}[\tilde{y}_i^j], \quad (2)$$

$$\tau_i^j = \text{Tend}[\tilde{y}_{t-m_j+1}, \dots, \tilde{y}_t], \quad (3)$$

$$\tilde{y}_i^u = \text{deTend}[\tau_i, \dots, \tau_{i+m-1}], \quad (4)$$

$$\tau_i = f(\tau_{i-1}, \dots, \tau_{i-l}), \quad i = 1..n, \\ j = 1..p, \quad m = \max(m_j), \quad (5)$$

де $\tilde{y}_i = \{\tilde{y}_i^j\}$ – нечіткий часовий ряд; n – кількість термів нечіткого часового ряду; Fuzzy – функціонал фазифікації; $\tau_i = \{\tau_i^j\}$ – часовий ряд нечіткої тенденції; p – кількість термів нечіткої тенденції; m_j – інтервал визначення нечіткої тенденції; Tend – функціонал розпізнавання НЕТ; f – функціональна залежність; $\tilde{y}_i^u = \{\tilde{y}_i^u\}$ – нечіткий часовий ряд, що отриманий з часового ряду нечіткої тенденції; deTend – функціонал отримання нечіткого часового ряду з оцінки нечіткої тенденції; \tilde{y}_i^j – дефазифікований часовий ряд; deFuzzy – функціонал отримання чіткого часового ряду з НЧР.

Модель нечіткого ЧР задають розподілом нечіткості на універсальній множині, яка включає діапазон зміни значень ЧР. Розподіл нечіткості моделюється лінгвістичною змінною з заданою кількістю нечітких термів та отримують в результаті нечіткий часовий ряд значень (спостережень), який також називають «НЧР класу 1» [12], та нечіткий часовий ряд нечітких елементарних тенденцій (НЧР класу 2). Кожне значення нечітких ЧР класів 1 та 2 представляють нечітким термом (нечіткою множиною).

Для фазифікації числового ЧР та його перетворення в нечіткий ЧР класу 1 використовують АСЛ-шкалу (Absolute&Comparative Linguistic) [12, 13], що призначена для нечіткої оцінки спостережень, при цьому, абсолютні оцінки, отримані по АСЛ-шкалі, відповідають нечітким оцінкам (міткам) значень НЧР, а порівняльні оцінки відповідають нечітким різницям, тобто елементарним тенденціям НЧР.

В якості числового часового ряду візьмемо ЧР зміни положення виконавчого механізму, що регулює подачу вторинної пари з ВУ на гарячий дефекатор, що виражене у відсотках та характеризує динаміку витрати вторинної пари на гарячий дефекатор (рис. 1).

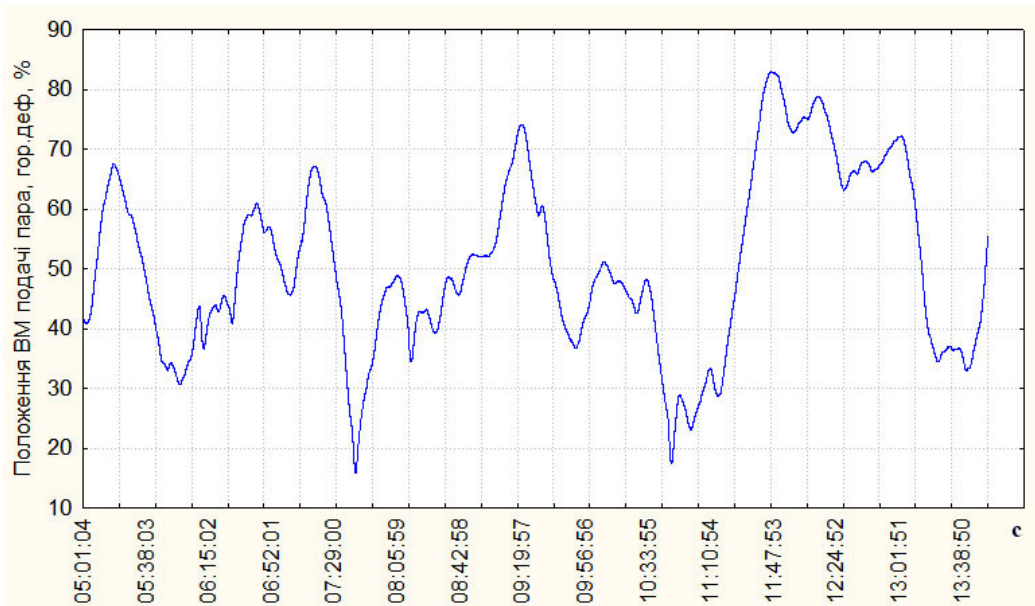


Рис. 1 – Графік зміни положення виконавчого механізму, що регулює подачу вторинної пари з ВУ на гарячий дефекатор

Математична модель ACL-шкали має вигляд [1]:

$$C = \{H, \Omega, \Psi\}, \quad (6)$$

де $H = \{X, \tilde{X}, V, A, \tilde{V}, \tilde{A}\}$ – множина об'єктів оцінювання; $\Omega = \{F_T, F_C, F_P, F_Er\}$ – множина операцій (функцій та предикатів), визначених на множині H ; операції-функції

$F_T = \{Fuzzy, deFuzzy, TTend, RTend\}$ для оцінки нечітких значень НЧР та компонент НЕТ; операції-функції $F_C = \{STend, GTend\}$ для розрахунку нових нечітких значень нечіткої тенденції; операції-предикати $F_P = \{P_p, P_n\}$ для аналізу базових типів нечітких тенденцій; операції-функції $F_Er = \{Er_V, Er_A, Er_v, Er_a, Er_x, Er_x\}$

для розрахунку похибок лінгвістичного та числового оцінювання; Ψ – множина параметрів шкали $\Psi = \{E, d, MF, n\ min, n\ max\}$, де E – тип ACL-шкали, d – допустимий рівень відхилення в даних, що оцінюють; MF – вид функції приналежності нечітких множин $\tilde{X}, \tilde{V}, \tilde{A}$; $n\ min, n\ max$ – мінімально та максимально допустимі значення шкали.

Шляхом адаптації ACL-шкали до предметної області визначимо значення вектора її параметрів $\Psi = \{E, d, MF, n\ min, n\ max\}$ наступним чином: E –

«квазіінтервальна»; ε – допустимий рівень похибки в 10 % від розмаху шкали; MF – трикутна функція приналежності; довжина інтервалу функції належності нечітких термів ACL-шкали $d = 2\varepsilon = 20\%$, $n\ min = 2 * \min = 2 * 0 = 0$,

$n\ max = 2 * \max = 2 * 100 = 200$, де \min – мінімальне, \max – максимальне значення числового ЧР.

Визначимо кількість градувань ACL-шкали за формулою:

$$m = \frac{2 \cdot (x_{\max} - x_{\min})}{d} + 1 = \frac{2 \cdot (100 - 0)}{20} + 1 = 11 \quad (7)$$

Використавши теорему про потужність шкали [1]:

$$m = \text{int}\left(\frac{2 \cdot (x_{\max} - x_{\min})}{n \cdot \delta} \cdot S\right) + 1, \quad (8)$$

де

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}, \quad \text{при } n = 32000, \quad S = 698,9293 \quad (9)$$

визначимо значення максимальної середньої відносної похибки:

$$\delta_{\max} = \left(\frac{2 \cdot (x_{\max} - x_{\min})}{n \cdot (m-1)} \cdot S\right) = \frac{2 \cdot (100 - 0)}{32000 \cdot (11 - 1)} \cdot 698,9293 = 0,44 \quad (10)$$

Використаємо вбудовані операції ACL-шкали для оцінки нечітких значень та нечітких елементарних тенденцій:

$$\tilde{x} = Fuzzy(x_i), \quad (11)$$

$$\tilde{v}_i = TTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_{i+1}), \quad (12)$$

$$\tilde{a}_i = RTend(\tilde{x}_i, \tilde{x}_{i+1}), \quad (13)$$

$$\mu_i(v_i) = \min(\mu(x_{i-1}), \mu(x_i)), \quad (14)$$

де \tilde{v}_e – тип; \tilde{a}_e – інтенсивність; R_0, R_1, \dots, R_{10} – значення інтенсивностей; $\mu_i(v_i) = \min(\mu(x_{i-1}), \mu(x_i))$ – степінь належності нечіткій тенденції.

Для побудови нечіткої Т-моделі ЧР як нечіткої моделі нечіткого динамічного процесу з нечіткими приростами першого порядку, сформуємо нечіткі

правила послідовності типів нечітких елементарних тенденцій:

$$R_0 : \{ \text{зрос} \rightarrow \text{стаб}, \text{стаб} \rightarrow \text{зрос}, \text{зрос} \rightarrow \text{спад}, \text{спад} \rightarrow \text{зрос} \}, (15)$$

та інтенсивностей нечітких елементарних тенденцій:

$$R_a : \{ R_2 \rightarrow R_0, R_0 \rightarrow R_1, R_1 \rightarrow R_1, R_1 \rightarrow R_2 \} . (16)$$

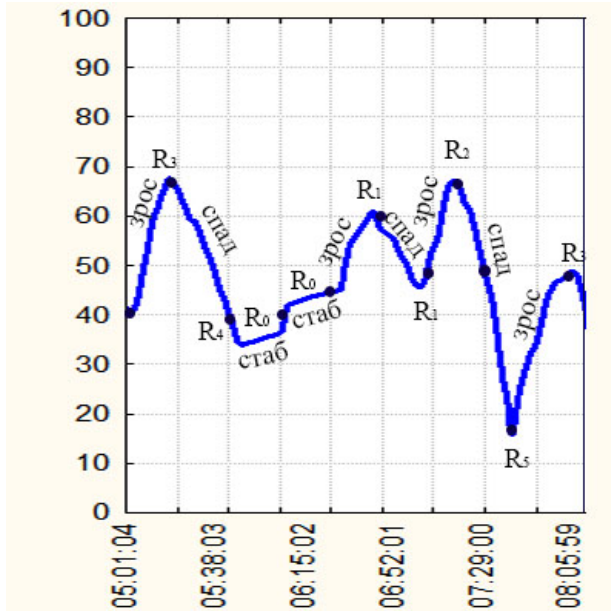


Рис. 2 – Результат оцінювання нечітких елементарних тенденцій ЧР по ACL-шкалі

В результаті отримаємо нечітку Т-модель у вигляді бази нечітких правил типів НЕТ наступного вигляду: якщо «Зростання», то «Спадання» та бази нечітких правил залежності інтенсивностей НЕТ вигляду - якщо R_2 , то R_1 .

Отримана нечітка Т-модель у вигляді бази нечітких правил дозволить проводити прогнозування часового ряду положення виконавчого механізму подачі вторинної пари на горячий дефекатор.

Результати прогнозування динаміки споживання вторинної пари з випарної установки. Для вихідного моменту часу $t_4 = 05:00:59$ хв, що характеризується нечіткою елементарною тенденцією типу «Стабільність», прогнозуємо тип нечітких елементарних тенденцій на 2 інтервал, при цьому, використовуємо відповідні правила з бази правил R_0 :

Якщо «Стабільність» (1), то «Стабільність» (0,6);
Якщо «Стабільність» (0,6), то «Зростання» (1).

В результаті розв'язку системи виділених нечітких правил отримаємо агреговану функцію належності цих нечітких термів. Визначимо значення X^* методом «центра ваги» для агрегованої функції належності та шляхом фазифікації визначимо тип НЕТ $Fuzzy(\tilde{x}^*) = \text{«Зростання»}$. Прогнозоване значення можна визначити за формулою:

$$x'_{t+1} = x_t + v'_{t+1} \cdot a'_{t+1} (17)$$

де v'_i визначають за залежністю:

$$defuzzy(v'_i) = \begin{cases} 0, \text{якщо } \tilde{v}_i = \text{«стабільніс»} \\ -1, \text{якщо } \tilde{v}_i = \text{«спадання»} \\ 1, \text{якщо } \tilde{v}_i = \text{«зростання»} \end{cases} (18)$$

Для прогнозного моменту часу $t_5 = 06:00:15$ хв дефазифіковане значення $R_2 = 1,6$, прогнозне значення типу НЕТ $\tilde{v}'_i = \text{«зростання»}$ отже за формулою (17):

$$x'_{t+1} = 40 + 1 \cdot 1,6 = 41,6 (19)$$

Прогнозування нечітких елементарних тенденцій та числових значень часового ряду в моменти часу $t_6, t_7, t_8, t_9, t_{10}, t_{11}$ та t_{12} проводиться аналогічно.

В результаті застосування нечіткої Т-модель отримали прогнозовані значення компонент нечітких елементарних тенденцій та числових значень ЧР на 2 інтервали вперед по 16 хвилин (рис. 3).

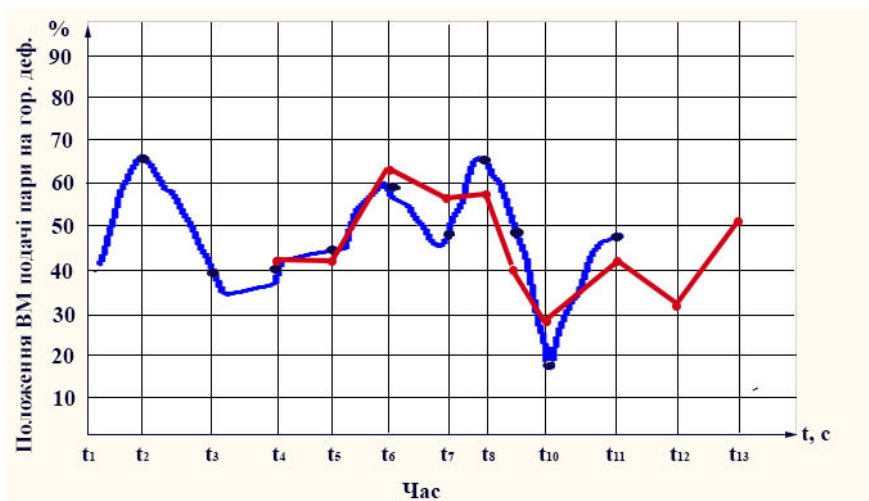


Рис. 3 – Результати прогнозування ЧР методом НЕТ (синій колір – вихідний ЧР, червоний – прогнозоване значення ЧР)

Обговорення результатів прогнозування динаміки споживання вторинної пари з випарної установки. Для оцінки точності прогнозування числових значень використаємо показник середньої абсолютної відносної похибки δ :

$$\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - x'_i}{x_i} \right|. \quad (20)$$

За даними прогнозованих значень розрахуємо $\delta = 0,16$. Показник точності моделі δ не перевищує її максимального значення $\delta_{\max} = 0,44$, що підтверджує адекватність побудованої ACL-шкали та моделі ЧР.

Щоб оцінити адекватність перевіримо модель по критерію d_a , тобто перевіримо чи всі значення абсолютних похибок не перевищують допустимий рівень похибок $\varepsilon = 10$, що був заданий до побудови моделі:

$$d_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta x_i, \quad \Delta x_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } |\varepsilon_i| > d, \\ 0, & \text{якщо } |\varepsilon_i| \leq d. \end{cases} \quad (21)$$

Відповідно до таблиці 3 модель адекватна по показнику d_a , оскільки $d_a = 0$.

Висновки

1. В якості основного підходу до прогнозування загальної динаміки споживання вторинної пари з ВУ запропоновано виділити динамічних споживачів вторинної пари та провести для кожного з них прогнозування споживання вторинної пари, використавши часові ряди положень виконавчих механізмів подачі вторинної пари для відповідного споживача.

На основі прогнозованих значень паровідборів по кожному з споживачів можна буде оцінити загальну тенденцію зміни динаміки споживання вторинної пари з ВУ.

2. Для прогнозування часових рядів положень виконавчих механізмів подачі вторинної пари динамічних споживачів обрано метод нечітких елементарних тенденцій. В результаті прогнозування значень часового ряду методом НЕТ отримано прогнозовані значення на 2 інтервали вперед, кожен з яких дорівнює 16 хвилин.

3. В результаті оцінки результатів прогнозування встановлено, що обраний метод забезпечує необхідну точність та адекватність прогнозу та може бути застосований для прогнозування загальної динаміки споживання вторинної пари з ВУ, як одна зі складових методології випереджувального керування.

Список літератури:

1. Уліцька, О. О. Програмно-технічна структура системи управління випарною установкою [Текст] / О. О. Уліцька // Холодильная техника і технологія. – 2011. – № 2 (130). – С. 84–87.
2. Власенко, Л. О. Підвищення ефективності функціонування випарної станції цукрового заводу за рахунок використання методів статистичної діагностики [Текст]: міжн. наук. конф. / Л. О. Власенко, М. А. Сич // Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчової промисловості, 2014. – С. 259.
3. Засць, Н. А. Моделювання процесу випарювання для синтезу автоматизованої системи керування [Текст] / Н. А. Засць, Н. М. Луцька // Національний вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2011. – № 161. – С. 180–186.
4. Кишенько, В. Д. Нелінійний рекурентний аналіз поведінки складного технологічного об'єкта [Текст] / В. Д. Кишенько, А. П. Ладанюк, М. А. Сич, О. В. Школьна // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – № 4/2 (82). – С. 59–65. doi: [10.15587/1729-4061.2016.73111](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.73111)
5. Ладанюк, А. П. Розробка алгоритму визначення стану випарної установки з використанням нейронних мереж [Текст] / А. П. Ладанюк, В. Д. Кишенько, О. В. Школьна, М. А. Сич // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2016. – № 5/2 (83). – С. 54–62. doi: [10.15587/1729-4061.2016.79322](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.79322)
6. Шнайдер, Д. А. Метод упреждающего управления сложными технологическими комплексами по критерию энергетической эффективности [Текст] / Д. А. Шнайдер, Л. С. Казаринов // Управление большими системами. – 2011. – № 32. – С. 221–240.
7. Батыришин, И. З. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика [Текст] / И. З. Батыришин, А. О. Недосекин, А. А. Стецко, А. Язенин, В. Тарасов, Н. Ярушкіна. – Физико-математическая литература, 2007. – 208 с.
8. Садовникова, Н. А. Анализ временных рядов и прогнозирование [Текст] / Н. А. Садовникова, Р. А. Шмойлова. – Москва: Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2001. – 67 с.
9. Кузьмин, А. Н. Прогнозирование технического состояния штанговых глубинных насосов на основе нейросетевых технологий [Текст] / А. Н. Кузьмин, И. А. Вялых // Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2016. – № 3. – С. 9–19.
10. Афанасьева, Т. В. Метод прогнозирования временных рядов на основе нечетких тенденций [Текст]: тр. седьмой междунар. конф. / Т. В. Афанасьева // Математическое моделирование физических, экономических, технических, социальных систем и процессов, 2009. – С. 33–35.
11. Школьна, О. В. Мережеві моделі в задачах автоматизованого керування випарною станцією цукрового заводу [Текст] / О. В. Школьна, А. П. Ладанюк, В. Д. Кишенько // Харчова промисловість. – 2016. – № 19. – С. 119–124.
12. Афанасьева, Т. В. Прогнозирование временных рядов: нечеткие модели [Текст] / Т. В. Афанасьева, А. М. Наместников, И. Г. Перфильева, А. А. Романов, Н. Г. Ярушкіна. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 145 с.
13. Афанасьева, Т. В. Модель ACL-шкалы для генерации лингвистических оценок в принятии решений [Текст] / Т. В. Афанасьева // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. Т. 2. Серия «Технические науки» – 2008. – № 4 (14). – С. 91–97.

Bibliography (transliterated):

1. Ulitska, O. O. (2011). Programno-tekhnichna struktura systemy upravlinnia vyparnoiu ustanovkoiu. holodylna tekhnika i tehnolohiia, 2 (130), 84–87.
2. Vlasenko, L. O., Sych, M. A. (2014). Pdivyshchennia efektyvnosti funktsionuvannia vyparnoi stantsii tsukrovoho zavodu za rakhunok vykorystannia metodiv statystychnoi diahnostyky. Novi idei v kharchovii nauksi – novi produkty, 259.
3. Zaets, N. A., Lutska, N. M. (2011). Modeliuvannia protsesu vypariuvannia dlia syntezu avtomatyzovanoi systemy keruvannia. Natsionalnyi visnyk Natsionalnoho univertsytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy, 161, 180–186.
4. Kyshenko, V., Ladanyuk, A., Sych, M., Shkolna, O. (2016). Non-linear recurrent analysis of the behavior of a complex technological object. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(2(82)), 59–65. doi: [10.15587/1729-4061.2016.73111](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.73111)
5. Ladanyuk, A., Kyshenko, V., Shkolna, E., Sych, M. (2016). Development of the algorithm of determining the state of evaporation station using neural networks. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(2 (83)), 54–62. doi: [10.15587/1729-4061.2016.79322](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.79322)
6. Schneider, D. A., Kazarynov, L. S. (2011). Metod uprezhdajushhego upravlenija slozhnymi tehnologicheskimi kompleksami po kriteriju jenergeticheskoi jeffektivnosti. Upravlenie bol'shimi sistemami, 32, 221–240.

7. Batyrshin, I. Z., Nedosekin, A. O., Stecko, A. A., Jazenin, A., Tarasov, V., Jarushkina, N. (2007). Nechetkie gibridnye sistemy. Teorija i praktika. Fiziko-matematicheskaja literatura, 208.
8. Sadovnikova, N. A., Shmoilova, N. A. (2001). Analysis of Time Series and Prediction. Moscow: Moskovskij gosudarstvennyj universitet jekonomiki, statistiki i informatiki, 67.
9. Kuzmin, A. N., Vlikh, I. A. (2016). Prognozirovanie tehničeskogo sostojanija shtangovyh glubinyh nasosov na osnove nejrosetevykh tehnologij. Vestnik permskogo nacional'nogo issledovatel'skogo politehničeskogo universiteta. Himičeskaja tehnologija i biotehnologija, 3, 9–19.
10. Afanasyeva, T. V. (2009). Metod prognozirovanija vremennyh rjadov na osnove nechetkih tendencij. Matematicheskoe modelirovanie fizičeskikh, jekonomičeskikh, tehničeskikh, social'nyh sistem i processov, 33–35.
11. Shkolna, O. V., Ladanyuk, A. P., Kyshenko, V. D. (2016). Network Model in the Tasks of Automated Control Evaporator Plant Sugar Factory. Food Industry, 19, 119–24.
12. Afanasyev, T. V., Namestnykov, A. M., Perfyleva, I. G., Romanov, A. A., Yarushkina, N. G. (2014). Prognozirovanie vremennyh rjadov: nechetkie modeli. Ulyanovsk: UIGTU, 145.
13. Afanasyeva, T. V. (2008). Model' ACL-shkaly dlja generacii lingvisticheskikh ocenok v prinjatii reshenij. Voprosy sovremennoj nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo. T.2. Serija «Tehničeskije nauki», 4 (14), 91–97.

Надійшла (received) 07.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Прогнозування динаміки споживання вторинної пари з випарної установки/ О. В. Школьна, В. Д. Кишенько, А. П. Ладанюк// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 50(1222). – С.127–132. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Прогнозирование динамики потребления вторичного пара из испарительной установки/ Е. В. Школьная, В. Д. Кишенько, А. П. Ладанюк// Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – No 50(1222). – С.127–132. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-5459.

Predicting of secondary steam consumption dynamics at the evaporator state О. V. Shkolna, V. D. Kyshenko, A. P. Ladanyuk//Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2016. – No 50 (1222). – P.127–132. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-5459.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Школьна Олена Валентинівна – аспірант, Національний університет харчових технологій, асистент кафедри «Автоматизації та інтелектуальних систем керування»; вул. Володимирська, 68, м Київ, Україна 01033; e-mail: evlens@ukr.net

Кишенько Василь Дмитрович – кандидат технічних наук, Національний університет харчових технологій, професор кафедри «Автоматизації та інтелектуальних систем керування»; вул. Володимирська, 68, м Київ, Україна 01033; e-mail: vdk.nuft@gmail.com

Ладанюк Анатолій Петрович – доктор технічних наук, Національний університет харчових технологій, професор, завідувач кафедри «Автоматизації та інтелектуальних систем керування»; вул. Володимирська, 68, м Київ, Україна 01033; e-mail: ladanyuk@ukr.net

Школьная Елена Валентиновна – аспірант, Національний університет пищевих технологій, асистент кафедри «Автоматизации и интеллектуальных систем управления»; ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина 01033; e-mail: evlens@ukr.net

Кишенько Василий Дмитриевич – кандидат технических наук, Национальный университет пищевых технологий, профессор кафедры «Автоматизации и интеллектуальных систем управления»; ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина 01033; e-mail: vdk.nuft@gmail.com

Ладанюк Анатолій Петрович – доктор технических наук, Национальный университет пищевых технологий, профессор, заведующий кафедры «Автоматизации и интеллектуальных систем управления»; ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина 01033; e-mail: ladanyuk@ukr.net

Shkolna Olena – graduate student, National University of Food Technologies, asistent of the department “Automation and intelligent control systems”; Vladimirskaya str., 68, Kyiv, Ukraine 01033; e-mail: evlens@ukr.net

Kyshenko Vasily – PhD, National University of Food Technologies, professor of the department “Automation and intelligent control systems”; Vladimirskaya str., 68, Kyiv, Ukraine 01033; e-mail: vdk.nuft@gmail.com

Ladanyuk Anatoly – doctor of engineering, National University of Food Technologies, professor, head of the department “Automation and intelligent control systems”; Vladimirskaya str., 68, Kyiv, Ukraine 01033; e-mail: ladanyuk@ukr.net