

УДК 664.126.1

*А. І. ЖУЧЕНКО, К. Ю. МІЩЕНКО***ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ СОКООЧИСНИМ ВІДДІЛЕННЯМ ЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

В даній роботі проаналізовано техніко-економічні показники, які можуть бути використані як критерії оптимального керування сокоочисного відділення цукрового виробництва. Обрано та обґрунтовано критерій, який в більшій мірі характеризує роботу відділення та сформульовані обмеження як на якісні показники продукту, так і на керувальні дії. Визначена задача оптимального керування сокоочисного відділення цукрового заводу.

Ключові слова: цукрове виробництво, сокоочисне відділення, критерій оптимального керування, обмеження, задача керування.

Вступ. Цукробурякове виробництво умовно ділять на три основні технологічні відділення: бурякопереробне, у якому здійснюють підготовчі операції з буряком і добування дифузійного соку; сокоочисне, у якому очищують дифузійний сік від нецукрів і згущують його до сиропу; продуктове, де проводять викристалізацію сахарози із сиропу з одержанням готового продукту [1].

Однією з найважливіших стадій цукробурякового виробництва є сокоочисне відділення. Отриманий дифузійний сік містить 16...17 % сухих речовин, у тому числі 14...15 % сахарози й близько 2 % нецукрів. Він має майже чорний колір, кислу реакцію (рН 6,0...6,5), сильно піниється, містить обривки клітинних тканин, пластівці скоагульованого білка, розчинні нецукри, що заважають кристалізації сахарози, що й збільшують її втрати з мелясою. У зв'язку із цим одержати з нього цукор шляхом безпосереднього випарювання води й кристалізації сахарози неможливо. Тому виникає завдання видалення з дифузійного соку нецукрів. Таким чином, від роботи сокоочисного відділення значною мірою залежить вихід білого цукру та його якість, витрати енергетичних та природних ресурсів [2].

Задача підвищення ефективності роботи сокоочисного відділення не може бути вирішена без використання сучасних оптимальних систем керування. Тому **актуальним завданням** є розроблення та впровадження систем оптимального керування технологічними процесами сокоочисного відділення для отримання цукру потрібної якості при високих техніко-економічних показниках виробництва.

Аналіз попередніх досліджень. На сьогоднішній день відома значна кількість робіт, які присвячені автоматизації технологічних процесів сокоочисного відділення цукрового заводу [3 – 12].

Серед цих робіт можна відзначити роботу [3]. У цій роботі розглядаються технологічні процеси та їх визначальні параметри, а також їх вплив на сокоочищення.

У статті [4] розглянуто використання ПД- та нечіткого регулятора для керування процесом сокоочищення та проаналізовано їх переваги та недоліки.

Задачу керування з застосуванням ПД-регулятора і генетичних алгоритмів розглянуто у матеріалах конференції [5].

Задачу оптимізації значення рН цукрового соку з застосуванням адаптивного динамічного програмування та нелінійного динамічного програмування з застосуванням нейронних мереж розв'язувалася у [6]. Однак інші важливі параметри процесу і якісні показники продукції в роботі не були досліджені.

Патент [7] виданий на систему керування технологічними процесами сокоочисного відділення.

Однак задача оптимізації режимів функціонування технологічних процесів шляхом керування ними у згаданих вище роботах не розглядалася.

У патенті [8] розглядається створення оптимальних систем керування сокоочисним відділенням. За оптимальний критерій прийнято мінімізацію кольоровості, втрат сахарози та мінімізацію втрат діоксиду кальцію та діоксиду сірки, а також матеріальних витрат з урахуванням обмежень на температуру на початку і в кінці процесу, а також рН після дефекації та сульфитації. Проте, не враховується концентрація солей кальцію та вміст основних компонентів хімічного складу, що суттєво впливає на якість роботизованих та наступних технологічних процесів.

Серед вітчизняних досліджень слід виділити роботу [9]. У ній представлена автоматизована системи керування сокоочисним відділенням з налаштуванням ПІ- і ПІД-регуляторів для багаторівневих АСУ.

У дисертації [10] автор розглянув застосування нечіткої системи керування.

Синергетичними регуляторами для сокоочисного відділення займалися Заїка В. І. та Кишенько В. Д. [11]. Однак постановка задачі оптимального керування сокоочисним відділенням відсутня.

© А. І. Жученко, К. Ю. Міщенко. 2015

В дисертації [12] розглядається створення оптимальної системи керування сокоочисним відділенням. За критерій оптимізації прийнято економічність процесу. Де враховано ціну готового продукту, кількість виробленого продукту, затрати на: втрату цільового продукту, витрати енергії, якість продукції, втрати вапна з обмеженнями на допустимі втрати та витрату пари. На жаль даний критерій представлений у загальному вигляді, що обмежує його практичне використання у системах керування.

Постановка задачі. На сьогоднішній день використання сучасних комп'ютерних систем керування надає нові можливості для підвищення ефективності виробництва та економії матеріальних ресурсів шляхом створення оптимальних систем керування технологічними процесами. Такі можливості відкриваються і для сокоочисного відділення цукрового виробництва. Для побудови систем оптимального керування, перш за все, потрібно сформулювати задачу керування, яка включає у себе формулювання критеріїв оптимальності та технологічних обмежень.

У зв'язку з цим **метою даної роботи** є обґрунтований вибір критерію оптимальності системи керування технологічними процесами сокоочисного відділення цукрового заводу та формулювання обмежень на технологічні параметри процесу.

Вибір критерію оптимального керування. Перш за все необхідно проаналізувати техніко-економічні показники, які можуть бути використані як критерій оптимальності сокоочисного відділення цукрового заводу.

Аналізуючи критерії оптимальності необхідно зважити на наступне:

1. Сокоочисне відділення є проміжним в технологічній лінії цукрового заводу;

2. Ціна сировини і продукції в апаратах сокоочисного відділення є залежними від їх якості, а тому досить умовними, оскільки вони не є кінцевими продуктами виробництва.

Продуктивність – найважливіший показник режиму роботи відділення. Він, як правило, входить до всіх видів критеріїв керування і може слугувати самостійним критерієм. Як самостійний критерій керування продуктивність зазвичай застосовують у таких випадках [13]:

– якщо з метою оптимізації використовують способи, за яких продуктивність апарату або елемента схеми зростає, а решта економічних показників (якість готового продукту, питомі енерго- і трудовитрати) не погіршуються;

– якщо апарат або частина технологічної схеми, що входить до складу технологічного комплексу, є «вузьким» місцем виробництва і тому в інтересах підвищення ефективності роботи всього комплексу ставиться однозначна задача отримання максимальної продуктивності установки незалежно від зміни інших її економічних показників або за їх обмежень.

Прибуток виробництва – найбільш загальний показник ефективності роботи сокоочисного відділення:

$$P = V_K W_{d,s,K} - V_0 W_{d,s,0} - Q_E, \quad (1)$$

де V_0 – ціна сировини; V_K – ціна кінцевого продукту; $W_{d,s,0}$, $W_{d,s,K}$ – витрати дифузійного соку на вході та на

виході відповідно; Q_E – експлуатаційні витрати на ведення процесу за одиницю часу.

Експлуатаційні витрати визначаються енерго- та матеріальними витратами N і трудовитратами L на ведення процесу за одиницю часу роботи установки:

$$Q_E = N + L. \quad (2)$$

Для сокоочисного відділення енерговитрати та матеріальні витрати у вартістному вираженні можуть бути представлені у такому вигляді:

$$N = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 + a_4 D_4 + a_5 D_5 + a_6 D_6 + a_7 D_7, \quad (3)$$

де $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7$ – витрата пари, електроенергії, охолоджуючої води, вапняного молока, вуглекислого і сірчаного газу та луґу за одиницю часу відповідно; $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ – вартість одиниці пари, електроенергії, охолоджуючої води, вапняного молока, вуглекислого і сірчаного газу та луґу відповідно.

Трудовитрати на ведення процесу випарювання визначимо наступним чином:

$$L = L_1 + L_2 + L_3, \quad (4)$$

де L_1 – прямі трудовитрати, віднесені до одиниці часу роботи установки; L_2 – цехові витрати (зарплатня цехового персоналу, амортизаційні відрахування, утримання виробничих приміщень, тощо), віднесені до одиниці часу роботи установки; L_3 – загальнозаводські витрати (зарплатня загальнозаводського персоналу, утримання заводських лабораторій, тощо), віднесені до одиниці часу роботи установки.

У зв'язку з тим, що сокоочисне відділення є проміжною стадією виробництва, а кінцевий продукт виробництва у цьому відділенні є сировиною для наступного відділення і його ціна на даному етапі виробництва не визначається, тому не доцільно використовувати цей критерій як критерій оптимальності сокоочисного відділення.

Питома собівартість готової продукції. Питома собівартість кінцевого продукту складається із вартості експлуатаційних витрат і початкової сировини:

$$C_p = (a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_4 D_4 + a_5 D_5 + a_6 D_6 + a_7 D_7 + V_0 W_{d,s,0}) / W_{d,s,K}. \quad (5)$$

Характерною особливістю цього критерію керування є штучне зменшення складової, що визначається питомими експлуатаційними показниками та ін. Це відбувається тоді, коли ціна сировини стала або її зміна не пов'язана зі зміною експлуатаційних показників і режиму виробництва. Даний критерій доцільно застосовувати для оцінювання ефективності роботи сокоочисного відділення за умови зміни собівартості сировини, пов'язаної зі зміною її якості [13]. Проблема застосування цього критерію полягає у тому, що дуже складно оцінити величину ціни сировини на вході, оскільки вона є проміжним продуктом виробництва, постійно змінюється у часі, є величиною змінною і умовною.

Питома собівартість ведення процесу сокоочиснення у загальному вигляді визначається так:

$$C = \sum Q_E / W_{d,s}, \quad (6)$$

де $W_{d,s}$ – продуктивність за дифузійним соком.

Даний критерій застосовують тоді, коли оптимальна за критерієм продуктивність відділення є не меншою за продуктивність, необхідну для своєчасної якісної та повної переробки всієї кількості початкової сировини, що надходить.

У виразі (6) доцільно розглядати не продуктивність за дифузійним соком, а продуктивність за корисною складовою дифузійного соку, а саме сахарозою. Тоді вираз (6) набуває вигляду (7):

$$C_C = \sum Q_E / W_s = \sum Q_E / W_{d.s.} x_s, \quad (7)$$

де W_s – продуктивність за сахарозою; x_s – концентрація сахарози у дифузійному соці.

Трудовитрати є фактично сталою величиною, вони не залежить від режиму роботи сокоочисного відділення, тому їх можна не враховувати при оптимізації роботи останнього.

Таким чином, як критерій оптимальності у системі керування сокоочисним відділенням доцільно використовувати змінну складову питомої собівартості ведення процесу:

$$C_C = (a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + a_4D_4 + a_5D_5 + a_6D_6 + a_7D_7) / W_s. \quad (8)$$

Обмеження на технологічні змінні та керування. Розглянуті вище критерії оптимальності системи керування сокоочисного відділення не враховують показників якості продукту, що переробляється. Тому для формулювання задачі керування потрібно доповнити обмеженнями на технологічні параметри процесу з урахуванням якості продукту, а також обмеженнями на керування.

Якість – головна характеристика цукру, яка регламентується як державним стандартом ДСТУ 4623:2006, так і рекомендаціями фахівців [14]. До якості готового продукту, крім концентрації сахарози, належать зовнішній вигляд цукру, його запах і смак, чистота цукрового розчину, масова частка редукованих речовин, масова частка вологи, масова частка золи, що містяться у цукрі, кольоровість, міцність цукру, масова частка дріб'язку, масова частка феродомишок, величина окремих часток феродомишок, кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів, вміст плісневих грибів, дріжджів, бактерій групи кишкових паличок (коліформи), патогенних мікроорганізмів, в тому числі бактерії роду *Salmonella*, вміст ртуті, миш'яку, свинцю, кадмію у цукрі.

Зрозуміло, що більшість з названих показників не підлягають безпосередньому вимірюванню у процесі виробництва, а можуть бути визначені тільки у результаті лабораторних аналізів вже після отримання готового продукту. Це означає, що відхилення показників якості цукру від заданих стандартом норм можна тільки констатувати, а не використовувати у системі керування технологічними процесами виробництва реального часу.

Більше того, навіть якби регламентовані показники якості можна було б вимірювати у реальному часі, їх ніяк не можна було б використати для системи керування технологічними процесами сокоочисного відділення, яке передувє випуску готової продукції.

У цій ситуації єдиним виходом вбачається визначення показників дифузійного соку сокоочисного відділення, які у найбільшій мірі пов'язані з показниками якості готового цукру. Проаналізуємо такі показники.

Отримати продукт необхідної якості не можливо, не забезпечивши належне значення рН соку на всіх етапах виробництва та кольоровості соку після сульфатації та випарної станції.

Концентрація $\text{Ca}(\text{OH})_2$ вказує на якість і повноту проведення хімічних перетворень в соку, що очищується, а, отже, на якість кінцевого продукту і ефективність ведення технологічного процесу на всіх стадіях відділення. Все це також впливає на величину розкладання сахарози, а, отже, і прямих втрат кінцевого продукту на виробництві і у відділенні відповідно, що також в значній мірі впливає на собівартість процесу. Це викликає необхідність вводити обмеження на якість цукрового соку, що описують якість процесу:

$$\begin{aligned} Q_{\text{kol}}^{\min} \leq Q_{\text{kol}} \leq Q_{\text{kol}}^{\max}, \\ \text{pH}^{\min} \leq \text{pH} \leq \text{pH}^{\max}, \end{aligned} \quad (9)$$

де Q_{kol}^{\min} , Q_{kol} , Q_{kol}^{\max} – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення кольоровості продукту; pH^{\min} , pH , pH^{\max} – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення відхилення рН соку; $C_{\text{Ca}(\text{OH})_2}^{\min}$, $C_{\text{Ca}(\text{OH})_2}$, $C_{\text{Ca}(\text{OH})_2}^{\max}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення відхилення концентрації $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Як керування в сокоочисному відділенні можуть використовуватись: витрата дифузійного соку, вапняного молока, сатураційного газу, сульфатаційного газу, гострої пари, лугу. В результаті обмеження на керування будуть виглядати наступним чином:

$$\begin{aligned} G_{d.s.}^{\max} \leq G_{d.s.} \leq G_{d.s.}^{\min}, \\ G_{v.m.}^{\max} \leq G_{v.m.} \leq G_{v.m.}^{\min}, \\ G_{\text{sat.g.}}^{\max} \leq G_{\text{sat.g.}} \leq G_{\text{sat.g.}}^{\min}, \quad (10) \\ G_{\text{syl.g.}}^{\max} \leq G_{\text{syl.g.}} \leq G_{\text{syl.g.}}^{\min}, \\ G_{\text{para}}^{\max} \leq G_{\text{para}} \leq G_{\text{para}}^{\min}, \\ G_{\text{lug}}^{\max} \leq G_{\text{lug}} \leq G_{\text{lug}}^{\min}, \end{aligned}$$

де $G_{d.s.}^{\max}$, $G_{d.s.}$, $G_{d.s.}^{\min}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати дифузійного соку, $G_{v.m.}^{\max}$, $G_{v.m.}$, $G_{v.m.}^{\min}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати вапняного молока, $G_{\text{sat.g.}}^{\max}$, $G_{\text{sat.g.}}$, $G_{\text{sat.g.}}^{\min}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати сатураційного газу, $G_{\text{syl.g.}}^{\max}$, $G_{\text{syl.g.}}$, $G_{\text{syl.g.}}^{\min}$ – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати сульфатаційного газу, G_{para}^{\max} , G_{para} , G_{para}^{\min} – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати гострої пари, G_{lug}^{\max} , G_{lug} , G_{lug}^{\min} – мінімально допустиме, поточне та максимально допустиме значення витрати лугу.

Отже, задачею оптимального керування сокоочисного відділення є мінімізація критерію (7) при виконанні обмежень (9) та (10).

Висновки і шляхи подальших досліджень. На основі аналізу техніко-економічних показників, які можуть бути використані для оптимізації роботи сокоочисного відділення цукрового виробництва вибрано змінну складову собівартості ведення технологічних процесів як критерій, який в найбільшій мірі характеризує ефективність роботи сокоочисного відді-

лення. Сформульовані обмеження як на якісні показники процесу сокоочищення, так і на керувальні дії.

У результаті проведеного дослідження визначена задача оптимального керування сокоочисним відділенням – мінімізація змінної складової собівартості ведення технологічних процесів очищення соку з урахуванням обмежень на технологічні параметри та керування.

Для розв'язання поставленої задачі потрібно розробити математичні моделі технологічних процесів сокоочисного відділення, що і є предметом подальших досліджень.

Список літератури: 1. Сапронов, А. Р. Технология сахара [Текст]: для кадров массовых профессий [Текст] / А. Р. Сапронов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1975. – 232 с.: ил. – Библиогр.: С. 229. 2. Нечаев, А. П. Технологии пищевых производств [Текст] / А. П. Нечаев, И. С. Шуб, О. М. Аношина и др.; Под ред. А. П. Нечаева. – М.: КолосС, 2005. – 768 с.: ил. – (Учебники и учеб. Пособия для студентов высших учебных заведений). – 3000 экз. – ISBN 5-10-003813-6. 3. Moshе, Benziman. Purification and Regulatory Properties of the Oxaloacetate Decarboxylase of *Acetobacter xylinum* [Text] / Moshe Benziman, Anna Russo, Sarah Hochman, Haim Weinhouse // Journal of bacteriology American Society for Microbiology, Apr. 1978. - Vol. 134, №1. - P. 1-9. 4. Rukkumani, V. Chemical process control in sugar manufacturing unit [Text] / V. Rukkumani, S. Khavya, S. Madhumithra, Devi B. Nandhini // International Journal of Advances in Engineering & Technology, Jan. 2014. - Vol. 6, Issue 6. - P. 2732-2738. 5. Karthik, C. Modelling and Control of Chemical Process in Sugar Industry [Text] / C. Karthik, K. Valarmathi, R. Prasanna // International Conference on VLSI, Communication & Instrumentation (ICVCI), 2011. - P. 24-28. 6. Xiaofeng, Lin Neural Network Modeling and HDP for Neutralized pH Value Control in the Clarifying Process of Sugar Cane Juice [Text] / Xiaofeng Lin, Shengyong Lei and Huixia Liu // Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA, October 22 – 24, 2008. 7. Pat. 2003089673 USA, IC³ C13B20/12. A system to produce sugar from plant materials / David O Sanders. – Publ. 30.10.2003. 8. Pat. 2012042319 CH, IC³ C13B20/06. A system and a method for controlling purification of juice in a sugar mill / Arun Kumar Mani, Tarun Prakash Mathur, Koustubh Palnitkar, Babji Buddhi Srinivasa. – Publ. 05.04.2012. 9. Бабченко, Е. А. Автоматизация и моделирование технологических процессов отделения очистки диффузионного сока сахарного производства [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.07 [Текст] / Бабченко Е. А. Одесский гос. политехнический ун-т. – О., 1998. – 114 л. 10. Пархоменко, І. І. Автоматизована система управління ділянкою очищення дифузійного соку на базі нечіткої логіки [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.07 / Пархоменко І. І.; Український держ. ун-т харчових технологій. –

К., 2002. – 296 л. 11. Заїка, В. І. Синергетичний синтез ієрархічної системи керування технологічним комплексом цукрового заводу [Текст] / В. І. Заїка, В. Д. Кушенько // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 4/2 (64). – С. 46-51. 12. Суценько, Г. А. Автоматизоване управління технологічним комплексом очистки дифузійного соку з урахуванням взаємодії підсистем [Текст]: дис... канд. техн. наук: 05.13.07 / Суценько Ганна Анатоліївна; Український держ. ун-т харчових технологій. – К., 1998. – 164 л. – л. 138-147. 13. Жученко, А. І. Математичне моделювання та оптимальне керування випарними установками [Текст]: навч. посібник / А. І. Жученко. – К.: Хімджест, 2013. – 316 с. 14. Самольтов, В. М. Правила ведення технологічного процесу виробництва цукру з цукрових буряків. Правила ustalenoї практики 15.83-37-106:2007 [Текст] / В. М. Самольтов. – К.: Цукор України, 2007. – 419 с.

Bibliography (transliterated): 1. Sapronov, A. R. (1975). Tekhnolohiia sakhara. M.: Lehkaia i pishchevaia promyshlennost', 229. 2. Nechaev, A. P. (2005). Tekhnolohii pishchevykh proizvodstv. M. – Moscow: KolosS, 768. 3. Moshе, Benziman (1978). Purification and Regulatory Properties of the Oxaloacetate Decarboxylase of *Acetobacter xylinum*. JOURNAL OF BACTERIOLOGY American Society for Microbiology, Vol.134, №1, Apr. 1978, 1-9. 4. Rukkumani, V. (2014). Chemical process control in sugar manufacturing unit. International Journal of Advances in Engineering & Technology, Vol. 6, Issue 6, Jan. 2014, 2732-2738. 5. Karthik, C. (2011). Modelling and Control of Chemical Process in Sugar Industry. International Conference on VLSI, Communication & Instrumentation (ICVCI), 2011, 24-28. 6. Xiaofeng, Lin (2008). Neural Network Modeling and HDP for Neutralized pH Value Control in the Clarifying Process of Sugar Cane Juice. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, San Francisco, USA, October 22 – 24, 2008. 7. Pat. 2003089673 USA, IC³ C13B20/12. (2003). A system to produce sugar from plant materials. David O Sanders. Publ. 30.10.2003. 8. Pat. 2012042319 CH, IC³ C13B20/06. (2012). A system and a method for controlling purification of juice in a sugar mill. Arun Kumar Mani, Tarun Prakash Mathur, Koustubh Palnitkar, Babji Buddhi Srinivasa. Publ. 05.04.2012. 9. Babchenko, Ye. A. (1998). Avtomatizatsiia i modelirovanie tekhnolohicheskikh protsessov otdeleniia ochistki diffuzionnogo soka sakharnogo proizvodstva. Rukopis', 114. 10. Parkhomenko, I. I. (2002). Avtomatyzovana sistema diliankoiu ochyshchennia dyfuziinoho soku na bazi neचितkoi lohiky. Rukopys, 296. 11. Zaika, V. I. (2013). Synerhetychnyi syntez iierarkhichnoi systemy keruvannia tekhnolohichnym kompleksom tsukrovoho zavodu. Vostochno-Evropeiskii zhurnalпередovykh tekhnolohii, №4/2 (64), 46-51. 12. Syschenko, H. A. (1998). Avtomatyzovane upravlinnia tekhnolohichnym kompleksom ochystky dyfuziinoho soku z urakhuvanniam vziaemodii pidsystem. Rukopys, 164. 13. Zhuchenko, A. I. (2013). Matematyчне modeliuвання ta optymal'ne keruvannia vyparnymy ustanovkamy. Kiev: Khimdzhest, 316. 14. Samol'otov, V. M. (2007). Pravyla vedennia tekhnolohichnoho protsesu vyrobnytstva tsukru z tsukrovyykh buriakiv. Pravyla ustalenoї praktyky 15.83-37-106:2007. Kiev: Tsukor Ukrainy, 419.

Надійшла (received) 27.05.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Жученко Анатолій Іванович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», професор кафедри автоматизації хімічних виробництв інженерно-хімічного факультету; тел.: 067-770-54-66; e-mail: zhaniv@ukr.net.

Жученко Анатолій Іванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», профессор кафедры автоматизации химических производств инженерно-химического факультета; e-mail: zhaniv@ukr.net.

Zhuchenko Anatolii – Doctor of technical sciences, Professor, head of the department, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Professor at the Department of Automation of chemical productions, Faculty of Chemical Engineering; e-mail: zhaniv@ukr.net.

Мищенко Катерина Юрійвна – аспірант, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», кафедра автоматизації хімічних виробництв інженерно-хімічного факультету; тел.: 063-614-90-94; e-mail: mischenko_kate@ukr.net.

Мищенко Катерина Юрьевна – аспирант, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», кафедра автоматизации химических производств инженерно-химического факультета; тел.: 063-614-90-94; e-mail: mischenko_kate@ukr.net.

Mishchenko Kateryna – Graduate, National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”, Department of Automation of chemical productions, Faculty of Chemical Engineering; :063-614-90-94; e-mail: mischenko_kate@ukr.net.