

Отже, розроблені математичні моделі дають можливість здійснювати прогнозування складних екологічних процесів, а залучення інтелектуальних технологій — автоматизувати процес прийняття рішень для запобігання виникненню екологічних катастроф.

### Література

1. Горбійчук М.И. Метод картографического моделирования загрязнения почв на основе теории нейросетей / М.И. Горбійчук, М.А. Шуфнарвич / The third Planet from Sun: Modern Theories and Research Practice in the Field of Earth and Space sciences: Materials digest of the L International Research and Practice Conference and I stage of the Championship in Earth and Space sciences, London, May 21 – 26, 2013. London, 2013 — С. 131 — 135.
2. Горбійчук М.И. Метод оцінки стану ґрунтів з використанням fuzzy-технологій / М.И. Горбійчук, О.В. Пендерезький, М.А.Шуфнарвич // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2008. — № 3/5(33). — С. 29 — 32.
3. Горбійчук М.И. Computer system of monitoring and forecasting of water level rivers / М.И. Горбійчук, М.А. Shufnarovych / Journal of Hydrocarbon Power Engineering. — 2014. — Vol. 1, Issue 2. — P. 124 — 130.

УДК 621.31

Є.Є. Чайковська, канд. техн. наук, доц.,  
Б.І. Молодковець, магістр,  
Одес. нац. політехн. ун-т,  
eechaikovskaya@gmail.com

## ПІДТРИМКА ПРОЦЕСУ ЗДОБУТТЯ БІОГАЗУ У СКЛАДІ ЕКСПЕРТНОЇ КОГЕНЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Запропоновано підтримку розряду та заряду біогазової установки у складі когенераційної системи на основі теплового насоса, що використовує зброжене сусло у якості низькопотенційного джерела енергії та визначено точний термін відвантаження зброженого матеріалу та завантаження свіжого сусла для здобуття постійного виходу біогазу.

*Ключові слова:* когенераційна система; біогазова установка; тепловий насос; прийняття рішень.

Предложено поддержку разряда и заряда биогазовой установки в составе когенерационной системы на основе теплового насоса, использующего сброженное сусло в качестве низкопотенциального источника энергии и определены точные сроки отгрузки сброженного материала и загрузки свежего сусла для получения постоянного выхода биогаза.

*Ключевые слова:* когенерационная система; биогазовая установка; тепловой насос; принятия решений.

A support charge and discharge biogas plant as part of a cogeneration system based on a heat pump that uses the fermented wort as low-grade energy sources and determined the exact time of shipment of digested material and loading of fresh wort to produce a constant output of biogas.

*Keywords:* cogeneration; biogas plant; heat pump; decision-making.

**Вступ.** Когенераційні технології, що використовують біогаз, не пов'язані з виробництвом біогазу [1]. У зв'язку із не збігом цілодобового функціонування біогазової установки та відключенням когенераційних систем в години найменшого споживання електричної енергії виробництво біогазу потребує додаткового обладнання, в тому числі додаткового об'єму газгольдерів для зберігання біогазу та додаткових ємностей для зброженої сировини. Більш того, на підтримку процесу зброжування витрачають до 20...30 % виробленої енергії, а зброжене сусло, що має достатній енергетичний потенціал, не використовують у якості низькопотенційного джерела енергії. Вимірювання ж температури зброжування ускладнює підтримку процесу здобуття біогазу із-за значної теплової акумулюючої ємності сусла, а залежність температури свіжого матеріалу, що завантажують, від температури оточуючого середовища унеможливорює

визначення точного терміну відвантаження збродженого матеріалу та завантаження свіжого, що впливає на постійний вихід біогазу.

**Мета роботи.** Розробити структурну схему підтримки процесу здобуття біогазу у складі експертної когенераційної системи на основі інформаційної оцінки зміни температури зброджування при вимірюванні температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника, вбудованого в метантенк, яка змінюється раніше за часом, ніж температура зброджування. Визначити температуру теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника, при якій не можлива подальша підтримка процесу зброджування на основі теплового насоса, що використовує зброджене сушло у якості низькопотенційного джерела енергії. Виконати відвантаження збродженого матеріалу та завантажити свіжий матеріал, встановивши температуру теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник на основі теплового насоса щодо підтримки процесу зброджування.

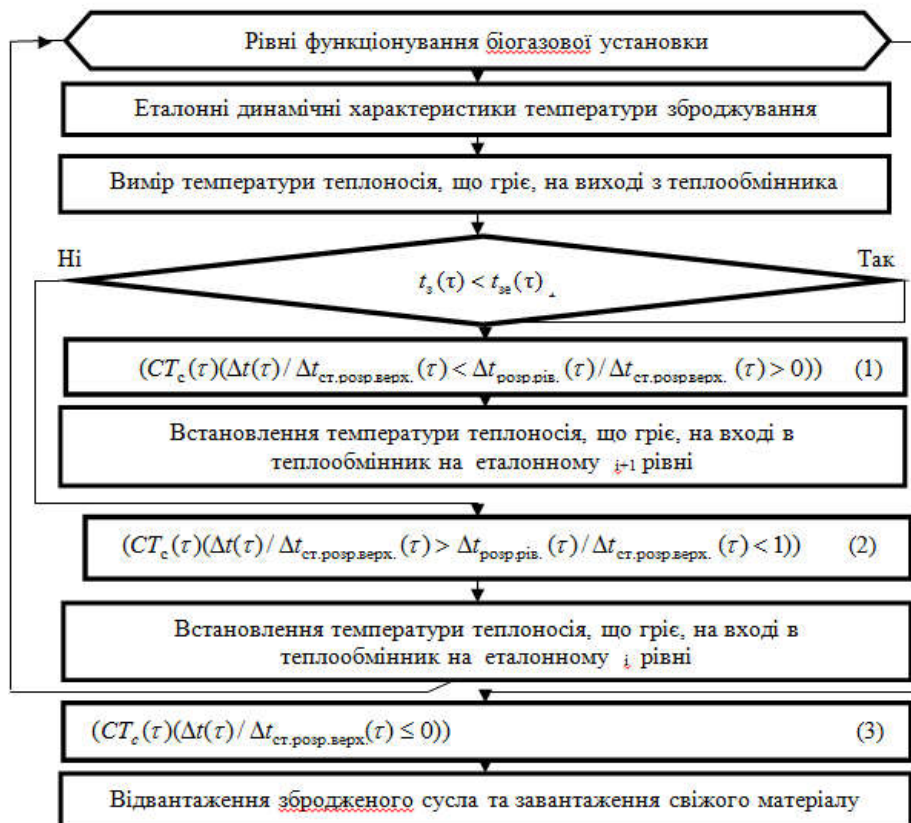


Рис. 1. Структурна схема підтримки процесу здобуття біогазу на рівні прийняття рішень:  $CT$  — контроль події;  $t$  — температура зброджування,  $K$ ;  $t_s$  — температура теплоносія, що гріє,  $K$ ;  $t_{se}$  — еталонне значення температури теплоносія, що гріє,  $K$ ;  $\tau$  — час,  $s$ . Индекси:  $c$  — контроль працездатності;  $i$  — число рівнів функціонування;  $верх.$  — перший рівень функціонування;  $розр. ст.$  — розрахункове, сталі значення параметра

**Основна частина роботи.** На основі методологічного та математичного обґрунтування архітектури експертних систем [2] запропонована архітектура експертної когенераційної системи, основою якої є інтегрована динамічна підсистема — когенераційна установка, біогазова установка, тепловий насос, що використовує зброджене сушло у якості низькопотенційного джерела енергії та блоки розряду, заряду, оцінки функціональної ефективності [3]. Виконано комплексне моделювання динаміки біогазової установки та теплообмінника, вбудованого в метантенк, для оцінки рівнів зміни температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник та на виході з теплообмінника. Встановлено рівні функціонування біогазової установки для під-

римки температури зброджування в межах 34...36 °С щодо зміни температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник та на виході з теплообмінника: перший рівень: 55...44,15 °С; другий рівень: 52,1...43,06 °С; третій рівень: 49,9...42,3 °С; четвертий рівень: 47,5...41,35 °С; п'ятий рівень: 45...40,3 °С, які відповідають зміні температури суслу на вході в біогазову установку: 5, 10, 14, 18, 22 °С [3]. На основі здобутої підсумкової інформації (1), (2) з використанням метода графа причинно-наслідкових зв'язків [2] можливо підтримувати розряд чи заряд біогазової установки, відповідно, з використанням теплового насоса, впливаючи на встановлення температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник [3]. Здобута підсумкова інформація (3) при досягненні температури теплоносія, що гріє, на виході з теплообмінника гранично низького рівня — 37 °С свідчить про завершення процесу виходу біогазу та потребує прийняття рішення на відвантаження збродженого суслу та завантаження свіжого матеріалу при встановленні температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник до гранично верхнього рівня — 55 °С [3].

**Висновки.** Так, використовуючи запропоновану структурну схему підтримки процесу здобуття біогазу та встановивши точний термін відвантаження збродженого суслу та завантаження свіжого матеріалу у складі когенераційної системи при виробництві, наприклад, 352,5 м<sup>3</sup>/добу біогазу можливо здобути економію біогазу 25,4 тис.м<sup>3</sup>/рік, що, при підвищенні товарності біогазової установки на 13,94 %, надає можливість в умовах когенераційної системи знизити собівартість виробництва електроенергії та теплоти в межах 20...30 % [3].

#### Література

1. Rade M. Ciric, Zoran Kuzmanovic. Techno-Economic Analysis of Biogas Powered Cogeneration / Ciric, M Rade, Kuzmanovic Zoran // *Journal of Automation and Control Engineering*. — 2014. — Vol. 2. — issue 1. — p. 89 — 93.
2. Чайковская Е.Е. Оптимизация энергетических систем на уровне принятия решений / Е.Е. Чайковская // *Промышленная теплотехника*. — 2013. — Т. 35, № 7. — С. 169 — 173.
3. Чайковська Є.Є. Розробка методу підтримки функціонування біогазової установки у складі когенераційної системи / Є.Є. Чайковська, Б.І. Молодковець // *Технологический аудит и резервы производства*. — 2015. — № 1/1 (21). — С. 41 — 46.