

3. Кузма-Китча, Ю. А. Улучшение характеристик элементов парогенерирующей техники путем интенсификации теплообмена [Текст] / Ю. А. Кузма-Китча, А. С. Комендантов, Г. Барч // In: Proc. 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum. – Minsk, Belarus. – 2000. – pp. 215–222.
4. Wojcik, T. M. Experimental investigations of boiling heat transfer hysteresis on sintered, metal-Fibrous, porous structures [Текст] / T. M. Wojcik // Experimental Thermal and Fluid Science – 2009 – March (Vol. 33, Iss. 3) – pp. 397–404.
5. Cieslinski, J. T. Nucleate pool boiling on porous metallic coatings [Текст] / J. T. Cieslinski // Experimental Thermal and Fluid Science. – 2002. – January (Vol. 25, Iss. 7) – pp. 557–564.
6. Das, A. K. Performance of different structured surfaces in nucleate pool boiling [Текст] / A. K. Das, P. K. Das, P. Saha // Applied Thermal Engineering. – 2009. – December (Vol. 29, Iss. 17–18) – pp. 3643–3653.
7. Алексеик, О. С. Интенсивность теплоотдачи при кипении на поверхности малого размера [Текст] / О. С. Алексеик, В. Ю. Кравец, И. А. Копчевская // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2012. – №1. – С.49-53.
8. Kravets, V. Yu. Boiling Heat-Transfer Intensity on Small-Scale Surface [Текст] / V. Yu. Kravets, O. S. Alekseik // International Review of Mechanical Engineering. – March 2012. – Vol. 6, N. 3, Part A. – pp. 479–484.
9. Шаповал, А. А. Теплообмен при кипении воды и ацетона на поверхностях с металловолокнистыми капиллярно-пористыми покрытиями. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 01.04.14 [Текст] / А. А. Шаповал – Киев, Институт технической теплофизики, 1985. – 23 с.
10. Семена, М. Г. Тепловые трубы с металловолокнистыми капиллярными структурами [Текст] / М. Г. Семена, А. Н. Гершуни, В. К. Зарипов. – К: Вища шк. Головное изд-во, 1984 – 215 с.
11. Смирнов, Г. Ф. Теплообмен при парообразовании в капиллярах и капиллярно-пористых структурах [Текст] / Г. Ф. Смирнов, А. Д. Цой – М.: Из-во МЭИ, 1999 – 440 с.

*Запропоновано використання прогнозуючої аналітичної оцінки зміни температури зброджування та принцип інтелектуального управління теплонасосним енергопостачанням щодо зміни витрати холодагента в випарнику теплового насоса в залежності від температури відвантаженої сировини. Такий підхід надає можливість приймати упереджені рішення на своєчасне відвантаження зброженої сировини в режимі розряду біогазової установки та завантаження еквівалентної витрати свіжої сировини в режимі заряду*

*Ключові слова: біогазова установка, тепловий насос, прийняття рішень*

*Предложено использовать прогнозирующую аналитическую оценку изменения температуры сбраживания и принцип интеллектуального управления теплонасосным энергоснабжением для изменения расхода хладагента в испарителе теплового насоса в зависимости от температуры выгружаемого сырья. Такой подход предоставляет возможность принимать упреждающие решения на своевременную выгрузку сброженного сырья в режиме разряда биогазовой установки и загрузку эквивалентного расхода свежего сырья в режиме заряду*

*Ключевые слова: биогазовая установка, тепловой насос, принятия решений*

УДК 621.182.2.001.57

## ІНТЕГРОВАНА ТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ

**Є. Є. Чайковська**

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент  
Кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики  
Одеський національний політехнічний університет  
пр. Шевченка, 1,  
м. Одеса, Україна, 65044  
E-mail: eechaikovskaya@list.ru

### 1. Вступ

Статичні методи оптимізації енергетичних систем не враховують оцінку зміни теплової акумулюючої ємності, яка, відтворюючи виробництво та споживання енергії у співвідношенні, надає можливість прогнозувати зміну параметрів технологічного процесу, а не ліквідувати наслідки їх зміни [1 – 3]. Існуючі системи підтримки функціонування біогазових установок не завжди достовірно використовують вимірювання температури зброджування сировини, що обумовлено її значною тепловою акумулюючою ємністю. Більш того,

регулюючим впливом при зміні температури зброджування є зміна витрати суслу, що може порушити необхідний баланс свіжої та зброженої сировини [4, 5].

### 2. Постановка задачі

Для підтримки технологічного процесу здобуття біогазу у зв'язку із значною тепловою акумулюючою ємністю суслу необхідно здобути прогнозуючу аналітичну оцінку зміни температури зброджування. Такий підхід надасть можливість прийняття уперед-

жених рішень на встановлення обов'язкових балансів свіжої та збродженної сировини.

### 3. Рішення задачі

На основі методологічного та математичного обґрунтування архітектури експертних систем запропоновано експертну систему процесу здобуття біогазу, основою якої є динамічна підсистема – біогазова установка, що знаходиться в узгодженій взаємодії з блоками підтримки динамічної рівноваги процесу збродження щодо оцінки зміни теплової акумулюючої ємності сировини, зміни режимних умов функціонування та функціональної оцінки ефективності біогазової установки. Такий підхід надає можливість на основі прогнозування зміни температури збродження підтримувати динамічну рівновагу процесу здобуття біогазу за рахунок відключення при розряді (рис. 1) та включення при заряді секцій вбудованого в метантенк теплообмінника для підгріву субстрату. Використано вимірювання температури теплоносія, що гріє на виході із теплообмінника, що змінюється за часом раніше, ніж температура збродження [6 – 9].

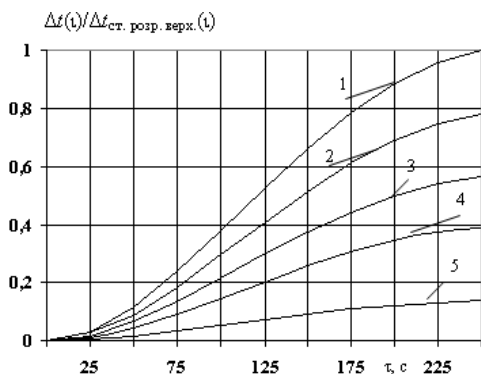


Рис. 1. Інтелектуальна система підтримки динамічної рівноваги процесу здобуття біогазу: 1, 2, 4 - гранично припустима працездатність для верхнього, середнього та низького рівнів функціонування, відповідно; 3, 5 – розряд та ідентифікація розряду верхнього та середнього рівнів, відповідно, де  $t$  - температура збродження,  $K$ ;  $\tau$  - час, с. Індекс: ст. розр. верх. – стале розрахункове значення температури збродження верхнього рівня функціонування

Так, на основі методологічного та математичного обґрунтування архітектури експертних систем [6 – 8, 10] запропонована інтелектуальна система управління теплонасосним енергопостачанням з використанням інтегрованої інтелектуальної інформації як міри відтворення співвідношення виробництва та споживання енергії в інформаційному просторі: випарник - компресор та компресор – конденсатор, що дозволяє: не використовувати інерційні виміри параметрів теплоносіїв у випарнику та конденсаторі теплового насоса щодо підтримки функціонування теплонасосного енергопостачання; приймати рішення щодо зміни витрати холодагента у випарнику теплового насоса в залежності від температури низькопотенційного джерела енергії щодо його повного випаровування та забезпечення надійності компресора; узгоджувати рівень витрати холодагента у

випарнику теплового насоса із рівнем потужності компресора теплового насоса щодо економного стиску пари; узгоджувати рівень подачі пари у конденсатор теплового насоса із рівнем подачі пари у випарник теплового насоса при використанні ємності води, що нагрівається, в повній мірі; не використовувати додаткові теплові насоси щодо глибокого охолодження низькопотенційного джерела енергії.

Для встановлення балансів свіжої та збродженної сировини необхідно розширити експертну систему виробництва біогазу [9] за рахунок нової динамічної підсистеми – теплового насоса та блок підтримки динамічної рівноваги доповнити додатковими блоками, що прогнозують відвантаження та завантаження сировини при неможливості збереження її балансу в умовах підтримки динамічної рівноваги процесу збродження (рис. 2).

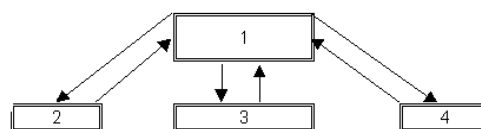


Рис. 2. Архітектура інтегрованої експертної системи виробництва біогазу: 1 - динамічна підсистема (біогазова установка та тепловий насос); 2 – інтегрована система підтримки динамічної рівноваги процесу збродження; 3- блок зміни режимних умов функціонування; 4 – блок оцінки функціональної ефективності

Так, взаємодія динамічних підсистем у складі інтегрованої експертної системи виробництва біогазу та блоків у її складі дозволяє визначити наступне. Зниження температури відвантаженого суслу при розряді метантенка на основі контролю працездатності випарника теплового насоса надає можливість отримати таку підсумкову інформацію:

$$(CT_c(\tau)(\Delta x(\tau) / \Delta x_{ст. розр.}(\tau) > \Delta x_{розр. рв.}(\tau) / \Delta x_{ст. розр.}(\tau)),$$

що потребує прийняття рішення на збільшення подачі холодагента у випарник теплового насоса для його повного випаровування (рис. 3):

$$(P(\tau)(G_{хл}(\tau)(+)), Z_{cc}(\tau).$$

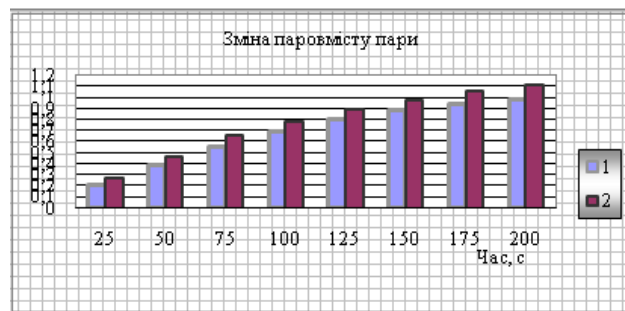


Рис. 3. Підтримка функціонування системи випарник - компресор на рівні прийняття рішень: 1 – гранично припустима працездатність випарника та ідентифікація прийняття рішення; 2 – діагностування збільшення витрати холодагента

Здобуття ж інформації на основі контролю працездатності компресора теплового насоса:

$$(CT_c(\tau)(\Delta G(\tau)/\Delta G_{\text{макс.розр.верх}}(\tau) < \Delta G_{\text{розр.}}(\tau)/\Delta G_{\text{макс.розр.верх}}(\tau)))$$

надає можливість забезпечити стиск збільшеної витрати пари (рис. 4),

$$(P(\tau)(G(\tau)(-)), Z_{cc}(\tau).$$

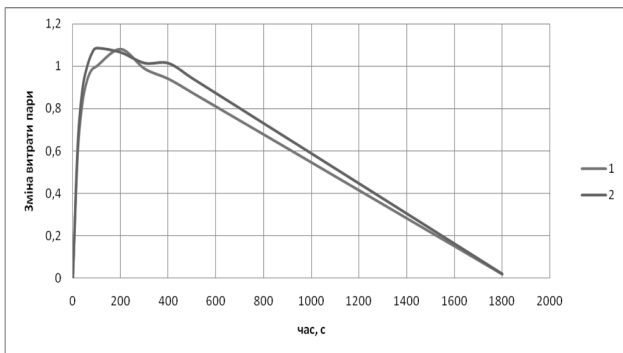


Рис. 4. Підтримка функціонування системи випарник - компресор та компресор - конденсатор на рівні прийняття рішень; 1 - діагностика зменшення за часом витрати пари холодагента, G, кг/с; 2 - діагностика збільшення за часом, витрати пари холодагента, G, кг/с

Прийняття рішень (рис. 3, 4) та використання підсумкової інформації на основі контролю працездатності конденсатора теплового насоса:

$$(CT_c(\tau)(\Delta t(\tau)/\Delta t_{\text{ст.розр.низ}}(\tau) < \Delta t_{\text{розр.рів.}}(\tau)/\Delta t_{\text{ст.розр.низ}}(\tau) < 0)),$$

забезпечують працездатність системи компресор - конденсатор щодо збільшення перепаду пари у конденсатор теплового насоса, що дозволяє приймати упереджені рішення на збільшення температури теплоносія, що гріє, для підтримки заряду метантенка (рис. 5).

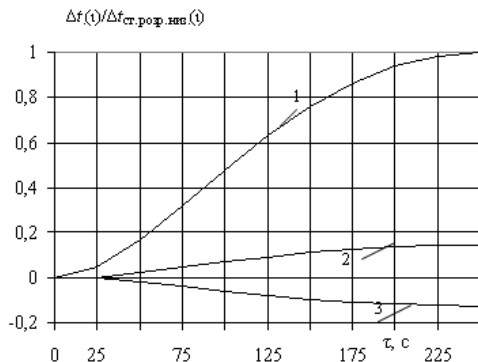


Рис. 5. Підтримка функціонування системи компресор - конденсатор на рівні прийняття рішень: 1 - гранично припустима працездатність підігріву теплоносія, що гріє; 3, 2 - прийняття рішення та його ідентифікація щодо діагностування збільшення витрати холодагента, де t - температура теплоносія, що гріє, K; τ - час, с. Індекс: ст. розр. низ. - стале розрахункове значення температури теплоносія, що гріє, низького рівня функціонування

де CT - контроль події; Z - логічні відносини в динамічній підсистемі; G- витрата речовини, кг/с; t - температура робочого тіла, K; x - паровміст робочого тіла; τ - час, с. Індеси: c - контроль працездатності; ст. розр. верх. - стале розрахункове значення параметра верхнього рівня функціонування; ст. розр. - розрахункове значення параметра рівня функціонування; макс. розр. верх.- максимальне розрахункове значення параметра верхнього рівня функціонування; розр. - розрахункове значення параметра; хл - холодагент.

#### 4. Висновки

Прогнозування зміни температури суслу щодо встановлення рівня зміни витрати холодагента у випарнику теплового насоса надає можливість прийняття упереджених рішень на своєчасне відвантаження зброженої сировини в режимі розряду біогазової установки та завантаження еквівалентної витрати свіжого матеріалу в режимі заряду. Використання відвантаженого зброженого матеріалу у якості низькопотенційного джерела енергії у тепловому насосі в режимі розряду надає можливість прийняття упереджених рішень на зміну температури теплоносія, що гріє, на вході в теплообмінник для підігріву субстрату в режимі заряду. Використання узгодженої взаємодії динамічних підсистем - біогазової установки та теплового насоса у складі інтегрованої технологічної системи дозволяє, встановлюючи баланси свіжої та зброженої сировини, забезпечити постійний вихід біогазу в умовах збільшення товарності біогазової установки до 10-15%.

#### Література

1. Мацевитый, Ю.М. Термoeкономический анализ теплонасосной системы теплоснабжения [Текст] / Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин, М.А. Кузнецов // Проблемы машиностроения. - 2010. - №1, т.13. - С.42-51.
2. Козырский, В.В. К вопросу эксергетического анализа при оптимизации энергетических систем [Текст] / В.В. Козырский, В.В. Каплун // Энергетика та Електрифікація. - 2008. - №1. - С. 35-37.
3. Редько, А.А. Исследование термодинамических режимов геотермальных теплонасосных установок [Текст] / А.А. Редько, Д.Х. Харлампиди // Вісник Донбаської національної академії будівництва і архітектури. - 2009. - №2(76). - С.86 - 98.
4. Ратушняк, Г.С. Інтенсифікація теплообміну та термостабілізація біореакторів [Текст] / Г.С. Ратушняк, В.В. Деджула // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2006. - №2 С. 26 - 31.
5. Ратушняк, Г.С. Автоматичне управління в системах біоконверсії [Текст] / Г.С. Ратушняк, В.В. Деджула // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2006. - №6. - С. 116-121.
6. Чайковская, Е.Е. Энергозберігаючі технології на основі інтелектуального управління тепломасобменными процессами [Текст] / Е.Е. Чайковская // Abstracts of the reports and communication XIV Minsk International Heat and Mass Transfer Forum. - Минск. - 2012, T.2, Ч.1. - С.378-382.

7. Чайковська, Є.Є. Функціонування енергетичних систем на рівні прийняття рішень [Текст] / Є.Є. Чайковська // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2012. – №5/8(59). – С.4–6.
8. Чайковська, Є.Є. Енергозберігаючі технології на рівні прийняття рішень [Текст] / Є.Є. Чайковська // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Серія ” Нові рішення в сучасних технологіях ”. – Харків, 2012. – №33. – С.103–108.
9. Чайковська, Є.Є. Підтримка функціонування біопаливних установок [Текст] / Є.Є. Чайковська, К.О. Кустов // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2012. – №2/10(56). – С.41–44.
10. Чайковська, Є.Є. Інтелектуальна система управління теплонасосним енергопостачанням [Текст] / В.В. Стефанюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – №5. – С. 76–83.

**В результаті проведених теоретичних та експериментальних робіт встановлені склад шихти і хімічний склад синтезованих термітних графітованих сталей. Виявлено вплив металотермічного методу на хімічний склад термітних сталей, мікроструктуру і їх фазовий склад. При компонованні шихти для синтезу вказаних марок графітованих сталей запропоновано використовувати вторинні відходи металорізального та термічного виробництва**

**Ключові слова: металотермія, терміт, синтез, властивості, критичні точки, мікроструктура, графітовані сталі**

**В результате проведенных теоретических и экспериментальных работ установлены состав шихты и химический состав синтезированных термитных графитизированных сталей. Выведено влияние металлотермического метода на химический состав термитных сталей, микроструктуру и их фазовый состав. При компоновке шихты для синтеза указанных марок графитизированных сталей предложено использовать вторичные отходы металлорежущего и термического производств**

**Ключевые слова: металлотермия, термит, синтез, свойства, критические точки, микроструктура, графитизированные стали**

УДК 620.22; 669.017

## ТЕХНОЛОГІЯ СИНТЕЗУ ТЕРМІТНИХ ГРАФІТОВАНИХ СТАЛЕЙ

Ю. Ю. Жигуц

Доктор технічних наук, професор  
Кафедра технології машинобудування  
Ужгородський національний університет  
вул. Підгірна, 46, м. Ужгород, Україна, 88000  
E-mail: yuzhiguts@gmail.com

В. Ф. Лазар

Кандидат технічних наук, доцент кафедри  
Кафедра інформаційних технологій  
Мукачівський державний університет  
вул. Ужгородська, 26,  
м. Мукачево, Україна, 88000  
E-mail: yuzhiguts@gmail.com

### 1. Вступ

В практиці виготовлення заготовок і деталей машин останнім часом все частіше використовують металотермічні методи. Це зумовлено, в першу чергу, широкими можливостями їх застосування і перевагами при використанні у спеціальних умовах. До таких можливостей відносять як технології металотермічного виплавлення розплаву та подальшого його застосування для отримання виливків, термітного зварювання, наплавлення поверхонь, так і використання розплаву у технологіях термітних ливарних додатків високого температурного градієнту для обігріву ливарних додатків екзотермічними сумішами [1 – 8].

Переваги металотермічних технологій відомі з початку ХХ сторіччя, коли перші дослідники почали отримувати залізо в результаті алюмінотермічної взаємодії залізної окалини з порошковим алюмінієм. До цих переваг відносять синтез матеріалів без використання крупних промислових джерел електроенергії, без складного ливарного обладнання, можливість

швидкого переходу від дослідних робіт до промислових технологій, не в останню чергу звертає увагу на себе і використання для металотермічного синтезу матеріалів вторинних ресурсів (залізної окалини, млива алюмінієвої стружки, відсіву та пилу з фільтрів ливарних і термітних цехів, млива недопалених частин графітових електродів з дугових сталеплавильних печей та ін.) [1, 2]. Одночасно відомо, що для виготовлення штампів, ножів, сепараторів підшипників, колінчастих валів, зубчастих коліс, гальмівних колодок та інших деталей як правило використовують графітовані промислові сталі.

### 2. Мета роботи

Встановити можливість отримання графітованих термітних сталей, дослідити їх мікроструктуру, фізико-механічні, технологічні і службові властивості та виявити можливість заміни промислових графітованих сталей термітними сталями.