

**V. Bokov, M. Popova, R. Lysenko**  
*Kirovograd National Technical University*

### **Usage of autumn leaves for production of alternative types of fuel**

The objective of the work is the elaboration of low-cost technology of making firewood (briquettes and pellets) of fallen leaves without adding other material, particularly wax.

The article presents the results of experimental research of the process of production of firewood using fallen leaves, which include the following stages:

- for producing pellets: collection of leaves; grinding leaves; pressing-out pellets and modeling the process; test on burning of some pellets and modeling the process; test on burning of the group of pellets;
- for briquettes: collection of leaves; grinding leaves; pressing briquettes and determination of effort of deformation; test on burning of some briquettes.

Conclusion:

- the technology of pressing briquettes of autumn leaves was improved due to the development of low-cost technology of pressing without adding other material, particularly wax, which allows to lower the price in 90...100 times;
- the technology of direct pressing-out of pellets of autumn leaves was suggested, studied and developed for the first time.

**autumn leaves, pellets, briquettes, direct pressing-out, pressing**

Одержано 16.04.13

**УДК 681.5**

**О.В. Козлов, асп.**

*Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова*

## **Автоматизація процесів керування технологічним комплексом екопірогенезису**

В статті наведені результати аналізу основних задач керування технологічним процесом екопірогенезису (ЕПГ), на основі якого проведений синтез функціональної структури та селективних технологічних параметрів (як керованих координат) ієрархічної комп'ютеризованої системи автоматичного керування (ІКСАК) комплексу ЕПГ. Застосування ІКСАК з запропонованою функціональною структурою дає змогу значно підвищити точність керування основними технологічними параметрами, ефективність роботи та економічні показники комплексу ЕПГ.

**екопірогенезис, система автоматичного керування, технологічний комплекс**

**А.В. Козлов**

*Національний університет кораблестроения им. адм. Макарова*

**Задачи и структурная организация системы управления технологическим комплексом экопирогенезиса**

В статье приведены результаты анализа основных задач управления технологическим процессом экопирогенезиса (ЭПГ), на основе которого проведен синтез функциональной структуры и селективных технологических параметров как управляемых координат иерархической компьютеризированной системы автоматического управления (ИКСАУ) комплекса ЭПГ. Применение ИКСАУ с предложенной функциональной структурой позволяет значительно повысить точность управления основными технологическими параметрами, эффективность работы и экономические показатели комплекса ЭПГ.

**экопирогенезис, система автоматического управления, технологический комплекс**

**Вступ.** Забруднення навколишнього середовища є найактуальнішою проблемою сучасності, викликаною стрімким розвитком промисловості та ростом урбанізації в багатьох країнах світу. Серед найбільш ефективних шляхів вирішення даної проблеми необхідно виділити принципово нову технологію утилізації відходів з отриманням альтернативного палива, яка отримала назву «екопірогенезіс» [1]. Дана технологія об'єднує процеси багатоконтурного циркуляційного піролізу (БЦП) [2] та термостабільної двозонної газифікації (ТДГ) [3] в одну технологічну лінію, що дозволяє повністю утилізувати весь об'єм органічної частини твердих відходів та низькосортного вугілля в екологічно безпечних й енергозберігаючих режимах. Також застосування даної технології дозволяє отримувати на виході рідкі та газоподібні фракції альтернативного палива, придатні для використання у двигунах внутрішнього згорання без додаткового очищення [4].

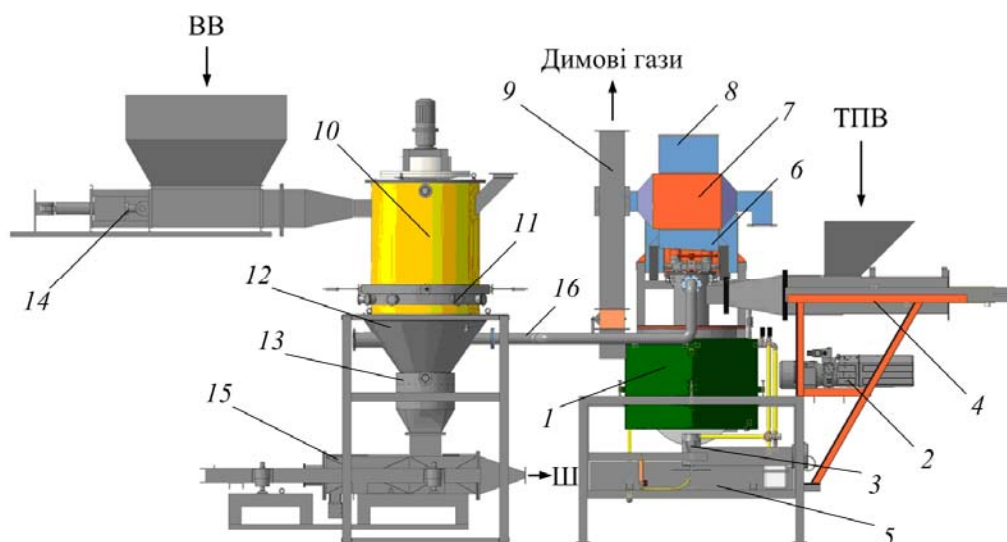
Для реалізації технології ЕПГ використовуються спеціалізовані технологічні комплекси, які, в свою чергу, являють собою складні багатоконпонентні технічні об'єкти і потребують наявності спеціальної ієрархічної комп'ютеризованої системи автоматичного керування [5]. Комплексна автоматизація технологічних комплексів даного типу дозволяє значно підвищити їх ефективність роботи та економічні показники.

Розв'язання задачі синтезу ІКСАК технологічним комплексом ЕПГ доцільно здійснювати на основі аналізу основних властивостей та технічних характеристик технологічного процесу ЕПГ з селекцією параметрів (сигналів, координат), що підлягають керуванню [5, 6].

**Метою даної статті** є аналіз основних задач автоматизації процесів керування технологічним комплексом ЕПГ, а також синтез функціональної структури та селективних технологічних параметрів (як керованих координат) ієрархічної комп'ютеризованої системи автоматичного керування комплексом ЕПГ.

**Принципова схема комплексу ЕПГ.** Типовий комплекс ЕПГ (рис. 1) складається з двох взаємопов'язаних технологічних вузлів: ДГГ та БПУ – для переробки вологих та твердих полімерних відходів, відповідно [1].

Принцип дії ДГГ полягає в наступному [3]: вологі відходи завантажуються в корпус газогенератора 10 за допомогою плунжерної системи завантаження 14. На газові пальники фурмового поясу 9 подається зріджений газ, який згорає і запалює завантажені відходи. При частковому горінні відходів в умовах нестачі кисню в верхній (зворотній) зоні ДГГ 12 відбувається процес газифікації, під час якого утворюється генераторний газ (ГГ) і шлак Ш. Шлак Ш з високою температурою (900-1000°C) надходить до нижньої (прямої) зони газифікації 13, де він змішується з перегрітим водяним паром, який утворюється і подається до зони 13 за допомогою парогенератора (на рис. 1 не показаний). В результаті потрапляння перегрітого водяного пару на гарячий шлак Ш утворюється горючий водяний газ, який потрапляє в верхню зону газифікації 12 і змішується з генераторним газом. Утворений в результаті змішення газ з температурою близько 600°C подається через щільний пояс видалення газу та патрубок 16 до піролізного реактора БПУ. Відпрацьований шлак, в свою чергу, видаляється з нижньої зони газифікації 13 за допомогою плунжерної системи вивантаження 15.



1 – піролізний реактор багатоконтурної піролізної установки (БПУ); 2 – маслостанція гідроприводів завантаження відходів комплексу ЕПГ; 3 – газовий пальник, призначений для нагріву піролізного реактора БПУ; 4 – плунжерна система завантаження твердих полімерних відходів (ТПВ); 5 – система вентиляції газового пальника БПУ; 6, 7, 8 – перший, другий та третій контури охолодження багатоконтурної циркуляційної системи (БЦС) БПУ, відповідно; 9 – труба, призначена для викиду димових газів; 10 – двозонний газогенератор (ДГГ); 11 – фурмовий пояс ДГГ; 12 – верхня (зворотна) зона газифікації; 13 – нижня (пряма) зона газифікації; 14 – плунжерна система завантаження вологих відходів (ВВ); 15 – плунжерна система вивантаження шлаку (Ш) з газогенератора; 16 – патрубок, через який генераторний газ потрапляє до піролізного реактора

Рисунок 1 - Принципова схема узагальненого комплексу ЕПГ

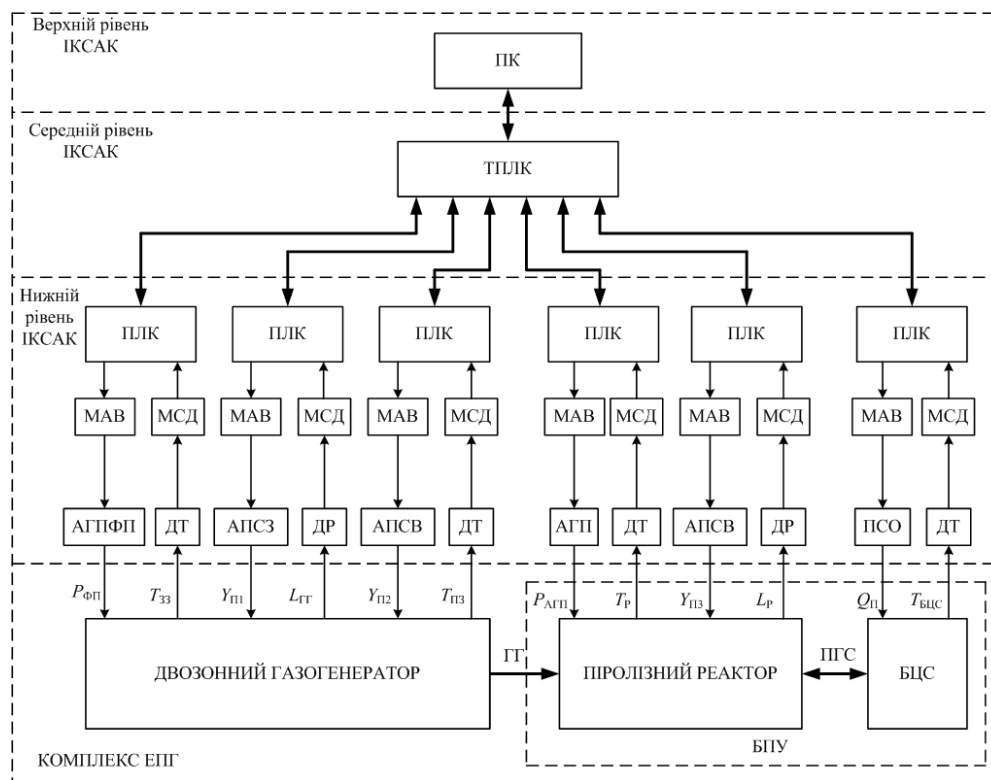
Принцип дії БПУ полягає в наступному [2]: тверді полімерні відходи завантажуються в піролізний реактор 1 за допомогою плунжерної системи завантаження 4. Зріджений газ подається на газовий пальник 3, димові гази високої температури якого нагрівають реактор 1. Завантажені ТПВ також нагрівають від гарячого генераторного газу, який потрапляє до піролізного реактора 1 через патрубок 16. При нагріві до 600-800°C полімерні відходи в реакторі починають розкладатися згідно з процесом піролізу. Парогазова суміш (ПГС) з температурою 500-550°C, яка утворилась в процесі розкладання відходів реакторі 1 і яка містить компоненти важких фракцій вуглеводнів, разом з генераторним газом отриманим в процесі газифікації, в якому містяться важкі смоли і частково діоксини, надходить до першого контуру охолодження БЦС 6 з температурою 350°C. При цьому діоксини і важкі вуглеводні, в тому числі і важкі смоли, температури конденсації яких вище 350°C, конденсуються і у вигляді рідкої фракції стікають в реактор 1, де вони піддаються повторному нагріву і відповідно додатковій деструкції. Молекулярна маса таких компонентів знаходиться в межах 800-1500. Більш легкі компоненти, які утворилися після повторного нагріву і мають температуру конденсації меншу за 350°C, не конденсуються у першому контурі і переходять у другий контур 7 з температурою охолодження 250°C. Паралельно відбувається процес конденсації і повернення важких рідких фракцій в реактор 1. Молекулярна маса сконденсованої рідини з другого контуру зменшується до 500-800. На третій контур 8 потрапляють компоненти з температурою конденсації більше 130°C і, відповідно, з молекулярною масою 200-500. Після 3-го контуру 7 утворюється ПГС легких фракцій з температурою конденсації нижче 130°C і молекулярною масою не більше 150, що забезпечує повний розклад важких фракцій вуглеводнів, які утворилися як при піролізі так і при газифікації ТПВ. Далі легкі фракції вуглеводнів надходять до вихідного конденсатора (на рис. 1 не показаний) з температурою охолодження до 35°C, що забезпечує конденсацію і розділення всіх легких рідких фракцій на рідке пальне і

синтез-газ. В свою чергу рідке паливе збирається в спеціальному гідробаку (на рис. 1 не показаний), а отриманий синтез-газ частково або повністю використовується для власних потреб (для стабілізації процесу газифікації вологих відходів у ДГГ і для нагріву піролізного реактора БПУ).

**Основні задачі керування та функціональна структура ІКСАК комплексу ЕПГ.** Для забезпечення безперервного проходження технологічного процесу ЕПГ, а також отримання на виході рідкого палива з необхідною молекулярною масою та синтез-газу високої якості необхідно з певною точністю керувати температурними режимами в прямій та зворотній зонах ДГГ, в піролізному реактору та БЦС БПУ, а також рівнями завантаженості корпусу ДГГ та піролізного реактору БПУ. Розглядаючи даний технологічний комплекс як багатопараметричний об'єкт керування можна сформулювати наступні задачі його автоматичного керування: стабілізація температури в верхній (зворотній) зоні ДГГ; стабілізація рівня завантаженості корпусу ДГГ; стабілізація температури в нижній (прямій) зоні ДГГ; стабілізація температури нагріву піролізного реактора БПУ; стабілізація рівня завантаженості піролізного реактора БПУ; стабілізація температури вихідної (контрольної) точки БЦС БПУ; автоматичне керування режимами роботи комплексу ЕПГ.

Для реалізації вищенаведених задач автоматичного керування комплексом ЕПГ доцільно застосувати ІКСАК, функціональна схема якої зображена на рис. 2. Дана ІКСАК (рис. 2) реалізує трирівневе керування технологічним комплексом ЕПГ. На верхньому рівні за допомогою спеціалізованого людино-машинного інтерфейсу ПК здійснюється моніторинг параметрів технологічного процесу та формування керуючої програми, відповідно заданому режиму роботи комплексу. Керування на середньому рівні здійснюється технологічним ПЛК, який узгоджує роботу виконавчих механізмів, що входять до складу комплексу, зокрема формує задані значення керованих координат ДГГ та БПУ. Нижній рівень даної системи являє собою сукупність підсистем автоматичного керування (ПСАК), які забезпечують стабілізацію вищенаведених координат за допомогою ПЛК, МАВ, МСД, різноманітних датчиків та виконавчих механізмів.

Аналіз алгоритмів та схемотехнічних рішень для проектування і реалізації ІКСАК технологічного комплексу ЕПГ показує доцільність використання принципів інтелектуального управління, що спираються на теорії штучних нейронних мереж та нечіткої логіки [7, 8, 9]. Системи керування й моніторингу, що розроблені на базі штучних нейронних мереж та нечіткої логіки, на даний час успішно використовуються в таких областях, як: керування різнотипними технологічними процесами та транспортом, медична та технічна діагностика, фінансовий менеджмент, біржове прогнозування, розпізнавання образів та ін. [10, 11, 12].



ПК – промисловий комп'ютер; ПЛК – програмований логічний контролер; ТПЛК – технологічний ПЛК; МАВ – модуль аналогового виводу; МСД – модуль збору даних; АГП – автоматизований газовий палик; АГПФП – автоматизовані газові палики фурмового поясу ДГГ; АПСЗ – автоматизована плунжерна система завантаження відходів до корпусу ДГГ та піролізного реактора БПУ; АПСВ – автоматизована плунжерна система вивантаження шлаку з нижньої зони ДГГ; ПСО – повітряна система охолодження БЦС БПУ; ДТ – датчик температури; ДР – датчик рівня;  $P_{ФП}$  – сумарна потужність нагріву автоматизованих газових паликів фурмового поясу ДГГ;  $P_{АГП}$  – потужність нагріву автоматизованого газового палика піролізного реактора БПУ;  $Y_{П1}$ ,  $Y_{П2}$  та  $Y_{П3}$  – лінійні переміщення плунжерів автоматизованих систем завантаження та вивантаження ДГГ та БПУ, відповідно;  $T_{З3}$  та  $T_{П3}$  – температури в зворотній та прямій зонах ДГГ, відповідно;  $T_P$  та  $T_{БЦС}$  – температури піролізного реактора та вихідної точки БЦС БПУ, відповідно;  $L_{ГГ}$  та  $L_P$  – рівні завантаженості корпусу ДГГ та піролізного реактора БПУ, відповідно;  $Q_{П}$  – значення витрати охолоджуючого повітря

Рисунок 2 - Функціональна схема ІКСАК комплексу ЕПГ

**Висновки.** В результаті проведеного аналізу задач керування і основних змінних технологічного процесу ЕПГ встановлено, що найбільш важливими керованими координатами комплексної системи керування є температури в прямій та зворотній зонах ДГГ, температури нагріву піролізного реактора та контрольної точки БЦС БПУ, а також рівні завантаженості корпусу ДГГ та піролізного реактора БПУ.

Застосування ІКСАК з запропонованою функціональною структурою дає змогу значно підвищити точність керування основними технологічними параметрами ДГГ та БПУ, а також якість отриманого на виході рідкого палива та синтез-газу, що в свою чергу суттєво підвищує ефективність роботи та економічні показники всього комплексу ЕПГ. Подальші наукові дослідження доцільно проводити в напрямку синтезу запропонованої ІКСАК технологічного комплексу ЕПГ на основі засобів штучного інтелекту.

## Список літератури

1. Маркіна, Л.М. Впровадження екологічно безпечної технології екопірогенезису при утилізації органічних побутових відходів з одержанням альтернативного палива [Текст] / Л.М. Маркіна //

- Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2011. – С. 457-460.
2. Пат. 52840 Україна, МПК F23G5/027, C10G1/00. Спосіб утилізації органічних відходів [Текст] / Маркіна, Л.М., Рудюк, М.В., Бабій, В.П.; заявл. 19.03.2001; опубл. 15.01.2003, Бюл. №1. – 5 с.
  3. Пат. 77954 Україна, МПК F23B99/00, C10G3/20. Газогенератор двозонний [Текст] / Маркіна, Л.М., Рижков, С.С., Рудюк, М.В., Кондратенко, Ю.П., Коробко, О.В., Козлов, О.В.; заявл. 03.05.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. №5. – 9 с.
  4. Рижков, С.С. Експериментальні дослідження утилізації органічних відходів методом багатоконтурного циркуляційного піролізу [Текст] / С.С. Рижков, Л.М. Маркіна // Збірник наукових праць НУК. – 2007. – № 5. – С. 100-106.
  5. Кондратенко, Ю.П. Аналіз комплексу задач та координат керування технологічним процесом екопірогенезису [Текст] / Ю.П. Кондратенко, О.В. Козлов // Технічні вісті. Вип.1(33), 2(34), 2011. – С. 13-16.
  6. Кондратенко, Ю.П. Функціональна структура та комп'ютерні компоненти системи керування багатоконтурною піролізною установкою [Текст] / Ю.П. Кондратенко, О.В. Козлов // Вісник НУК, загальний за 2011 рік. – Миколаїв: НУК, 2012. – С. 413-423.
  7. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст] / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский // Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.: ил.
  8. Медведев, В.С. Нейронные сети. МАТЛАВ 6 [Текст] / В.С. Медведев, В.Г. Потемкин // Под общ. ред. В.Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.
  9. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление [Текст] / А. Пегат. – М.: БИНОМ Лаборатория Знаний, 2009. – 798 с.
  10. Ямпольський, Л.С., Ткач, Б.П., Лісовиченко, О.І. Системи штучного інтелекту в плануванні, моделюванні та управлінні [Текст] / Л.С. Ямпольський, Б.П. Ткач, О.І. Лісовиченко. – К.: ДП «Видавничий дім «Персонал», 2011. – 544 с.
  11. Каргин, А.А. Введение в интеллектуальные машины [Текст] / А.А. Каргин // Книга 1. Интеллектуальные регуляторы. – Донецк: Норд-Пресс, ДонНУ, 2010. – 526 с.
  12. Герасимов, Б.М., Грабовский, Г.Г., Рюмшин, М.А. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации [Текст] / Б.М. Герасимов, Г.Г. Грабовский, М.А. Рюмшин. – К.: Техніка, 2002. – 140 с.

#### **O. Kozlov**

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding*

#### **Tasks and structural organization of the ecopyrogenesis technological complex control system**

The article presents the analysis of the main control tasks of the ecopyrogenesis (EPG) technological process, on the basis of which the synthesis of the functional structure and selective technological parameters as controlled coordinates of the EPG complex hierarchical computerized automatic control system (HCACS) is conducted.

Application of the HCACS with the proposed functional structure makes it possible to significantly improve the accuracy of control of the main technological parameters, efficiency and economic performance of the EPG complex.

Одержано 16.04.13