

## ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО КАТАЛІТИЧНОГО КРЕКІНГУ (КОНЦЕПТУАЛЬНЕ РІШЕННЯ)

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Метою роботи є пошук концептуального рішення інтегрованої системи управління (ІСУ) для промислового каталітичного крекінгу, побудованої на основі комплексної системи автоматизації його основного технологічного процесу.*

**Ключові слова:** інтегрована система управління, автоматизована система управління технологічним процесом, каталітичний крекінг.

### **Abstract**

*The purpose of the work is the quest of a conceptual resolving of the integrated control system (ICS) for industrial catalytic cracking constructed on the basis of complex system of automation of its core technological process.*

**Keywords:** integrated control system, automated control system by technological process, catalytic cracking.

### **Вступ**

Економічною причиною інтеграції промислових систем управління є прагнення керівників підприємств шукати реальні додаткові джерела підвищення економічної ефективності виробничої діяльності підприємства. На кожному підприємстві такі джерела є, треба тільки вміти їх знайти, а для цього необхідно забезпечити збір, обробку і аналіз інформації оперативних даних з усіх технологічних і виробничих ділянок. Саме оперативної, а не в кінці зміни, робочого дня або місяця. Для того, щоб керувати собівартістю продукції треба поряд з інформацією про вартість сировини і робочої сили знати скільки сировини, електроенергії, пари, води і палива пішло на виготовлення кінцевої продукції.

Будь-яке промислове виробництво створюється на конкретному технологічному процесі (ТП), завдяки чому він вважається основним. Саме тому створення інтегрованих систем управління (ІСУ) таким промисловим виробництвом у першу чергу вимагає впровадження комплексної автоматизації його основного ТП [1]. Така комплексна автоматизація дозволяє значно зменшити вплив людського фактору на якісні показники як управління основним ТП, так і всім виробничим процесом, побудованим на його основі. В результаті система автоматизація основного ТП стає надійним фундаментом для подальшої побудови ІСУ всім виробництвом, яка об'єднує взаємопов'язані процеси виробництва, керуючи ними як єдиним цілим для досягнення поставлених перед виробництвом кількісних та якісних завдань.

Тому мета роботи є пошук концептуального рішення ІСУ промислового каталітичного крекінгу, побудованої на основі комплексної системи автоматизації його основного ТП.

### **Результати дослідження**

Каталітичний крекінг різних видів дистильованої та остаточної сировини призначений для отримання компонентів високооктанових бензинів і газу з високою концентрацією пропан-пропіляних і бутан-бутиленових фракцій.

Основним вузлом установки каталітичного крекінга є реакторно-регенераторний блок. Типова технологічна схема каталітичного крекінгу з реакторно-регенераторним блоком наведена на рис. 1 [2, 3].

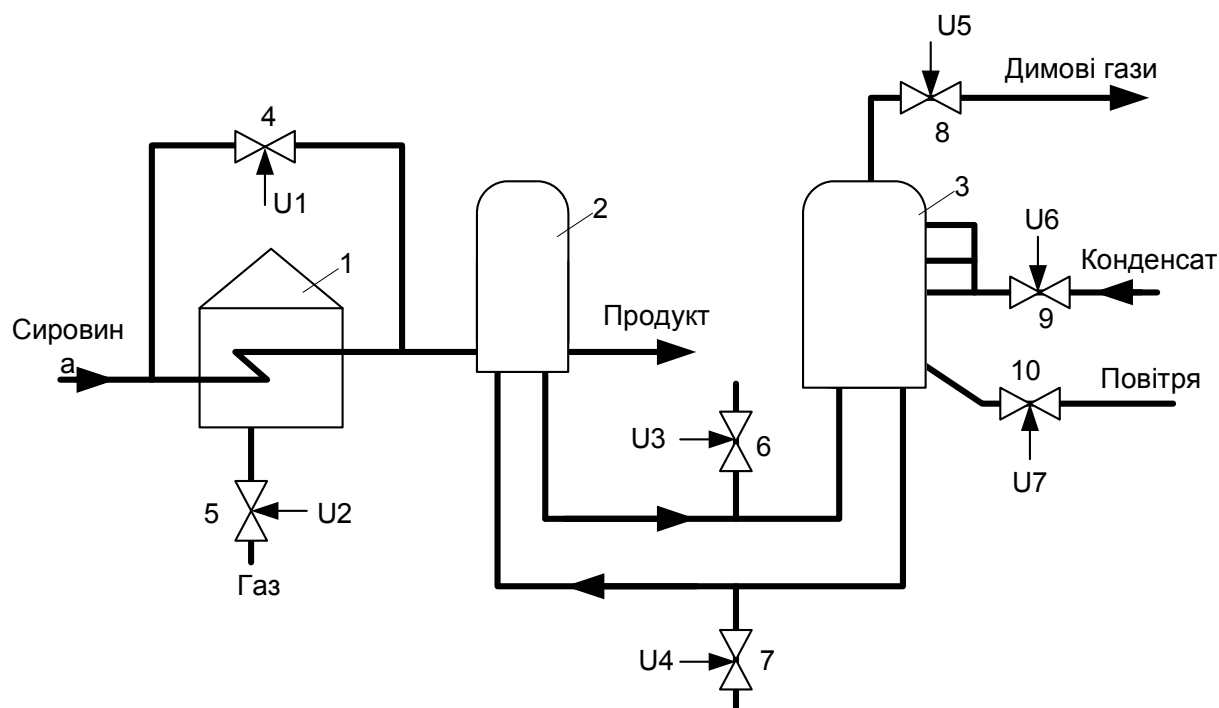


Рис. 1. Типова технологічна схема каталітичного крекінгу з реакторно-регенераторним блоком (1-нагрівальна піч; 2-реактор; 3-регенератор; 4-10-регулюючі вентилі)

Сировина потрапляє безпосередньо до печі 1, де нагрівається, після чого потрапляє до реактора 2, де з нею відбувається хімічна реакція. Реакція відбувається під впливом каталізатора, який регенерується в регенераторі 3. На схемі присутні ряд регулюючих вентилів, які виконують різні функції. Вентиль 4 регулює подачу холодної сировини через байпас в обхід печі до реактора з метою регулювання температури в ньому. Вентиль 5 регулює подачу газу до нагрівальної печі з метою нагріву сировини. Подача газу впливає на температуру сировини на виході з печі та на температуру сировини в реакторі. Вентилі 6 та 7 регулюють подачу транспортуючого агента до трубопроводів, по яким подається каталізатор до регенератора і з нього до реактора. Вентиль 8 регулює видалення димових газів з регенератора, чим впливає на рівень сировини в реакторі. Вентиль 9 служить для регулювання температури в регенераторі шляхом подачі конденсату до охолоджуючого змійовика. Вентиль 10 подає повітря до регенератора, змінюючи тим самим закоксованість каталізатора. Такий технологічний процес (ТП) автоматизується шляхом впровадження типової автоматизованої системи управління ТП (АСУТП) [4].

Проте мета роботи не полягає тільки у проектуванні більш досконалої АСУТП – треба спроектувати на основі рекомендацій діючих стандартів в області комп’ютерно-інтегрованого виробництва [5] сучасну ІСУ хімічним виробництвом, яка включатиме в себе і більш досконалу АСУТП. Один із таких стандартів, що розроблений міжнародною асоціацією виробників систем управління виробництвом «MESA», фіксує оптимальний набір типових автоматизованих функцій для рівня управління виробництвом (АСУВ/MES) для підприємств всіх галузей промисловості дискретного, періодичного й безперервного типів [6].

Для подальшого проектування ІСУ була вибрана така автоматизована служба виробництва як «КВПіА» (контрольно-вимірювальні прилади та автоматика) [7], яка зазвичай має у своєму складі окремий підрозділ з обслуговування й ремонту технічних і програмних засобів автоматизації. Крім того, що ця служба обліковує усі наявні на виробництві засоби автоматизації, вона повинна: проводити моніторинг поточного стану засобів КВПіА; виконувати налаштування та контроль якості роботи систем регулювання ТП; складати плани і графіки метрологічної перевірки й калібрування датчиків систем регулювання; провадити потрібний ремонт засобів КВПіА.

Візьмемо з цього переліку таку підфункцію служби «КВПіА» як «Налаштування та контроль якості роботи систем регулювання ТП» і розглянемо її з точки зору технологічного процесу, який

автоматизується. У цьому плані можна відзначити, що для даного ТП саме ця підфункція має виконуватися службою «КВПіА» досить часто, бо фізико-хімічні властивості вхідної сировини для ТП каталітичного крекінгу в умовах ринкової економіки є досить мінливими, що пояснюється постійною зміною постачальників сировини на нафтоперегінні заводи. Тому основний автоматизований ТП каталітичного крекінгу потрібно кожного разу налаштовувати на нові властивості цієї сировини шляхом вибору оптимальних налаштувань відповідних контурів регулювання АСУТП. Наприклад, в АСУТП каталітичного крекінгу передбачається регулювання восьми основних технологічних параметрів процесу, що призводить до проведення оптимального налаштування такої АСУТП для нової сировини у вигляді складного промислового експерименту. В ході такого експерименту на працюючому технологічному обладнанні мають автоматично фіксуватися різні кількісні та якісні показники даного ТП, наприклад: дисперсії й середні значення різних режимних і вихідних величин автоматизованого ТП; середні значення споживаних автоматизованим ТП матеріальних і енергетичних ресурсів; обсяги виробленої продукції і її середня якість; середній час простою встаткування й т.д.

Частина цих параметрів фіксується в рамках діючої АСУТП, проте для отримання інформації про решту з вказаних параметрів, наприклад про якість продукції, треба залучати додаткові автоматизовані служби, наприклад автоматизовану заводську лабораторію, яка згідно з діючими стандартами комп'ютерно-інтегрованого виробництва має оснащуватися відповідною автоматизованою системою – «LIMS» (від англ. Laboratory Information Management System) [7]. Ця система відноситься до групи «Controls» у функціональній структурі стандарту MESA-11 і постачає відповідні автоматизовані функції рівня «АСУВ/MES» даними щодо фізико-хімічних властивостей та якості вхідної сировини, проміжних та готових продуктів ТП [6].

Враховуючи рекомендації вказаного вище стандарту щодо побудови та реалізації раціональної ІСУ виробництвом, можна запропонувати відповідну загальну архітектуру нової ІСУ, яка матиме два рівні управління («АСУТП/SCADA» та «АСУВ/MES») та складатиметься з таких автоматизованих систем:

- АСУТП каталітичного крекінгу (рівень «АСУТП/SCADA»);
- спеціалізована автоматизована система (САС) вимірювання/контролю (рівень «АСУТП/SCADA»);
- інформаційна виробнича система (ІВС) (рівень «АСУВ/MES»);
- система автоматизованих служб управління виробництвом (рівень «АСУВ/MES»).

АСУТП здійснює усі функції щодо управління ТП в режимі реального часу, наприклад, збирає та зберігає відповідні цифрові дані про поточний стан та хід ТП. Усі ці дані зберігаються на локальному сервері даної системи, а частина з них через цифрову мережу підприємства передаються до глобального сервера ІВС. До цього ж сервера через ту ж саму мережу підприємства передаються і усі додаткові цифрові дані про стан та хід виробничого процесу (ВП), які збирає САС вимірювання/контролю. Введення САС до складу ІСУ пояснюється тим, що для реалізації управлінських функцій виробничими службами, як правило, недостатньо тих даних про ТП та ВП, які надає АСУТП. В ІВС здійснюється збирання, збереження та оброблення тих цифрових даних про стан та хід ВП, які потрібні для автоматизованої служби управління виробництвом. Передавання цифрових даних з глобального сервера ІВС до автоматизованої служби здійснюється або через загальну цифрову мережу підприємства, або, при необхідності, через інші канали передавання даних, наприклад, стільниковий зв'язок.

Опираючись на таке загальне бачення загальної архітектури нової ІСУ для промислового каталітичного крекінгу, була розроблена концепція функціональної структури цієї інтегрованої системи управління (рис. 2). Функціональна структура поділена на ті ж самі складові частини, що і загальна архітектура ІСУ, всередині зображення кожної з цих складових частин перелічені їх основні автоматизовані функції, які ці складові частини повинні виконувати.

Як видно з рисунку, промисловий експеримент, спрямований на пошук оптимальних налаштувань АСУТП каталітичного крекінгу для нової вхідної сировини, активізується автоматизованою службою «КВПіА» підприємства, яка реалізує свою стандартну управлінську функцію «ММ» (Maintenance Management). Усі набори налаштувань системи регуляторів АСУТП ця функція передає по черзі, що визначається вибраною методикою, до автоматизованої служби «DPU» (Dispatching Production Units), яка виконується в рамках диспетчерської служби підприємства. Саме ця функція зазвичай запускає та зупиняє автоматизований виробничий процес підприємства, ось

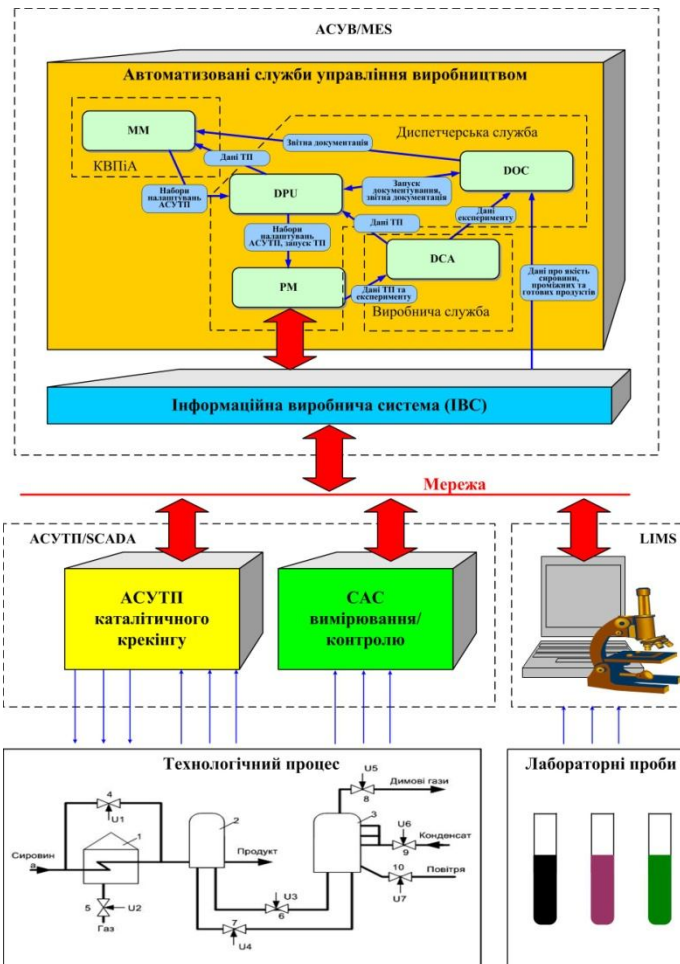


Рис. 2. Концептуальне рішення функціональної структури ІСУ для промислового каталітичного крекінгу

чому саме цій функції передається черговий набір налаштувань системи регуляторів, а вже далі цей набір передається через автоматизовану функцію «PM» (Process Management) на рівень операторського управління ТП, тобто до АСУТП. Інформаційний зв'язок між функцією «PM» та АСУТП є стандартним для будь-якої ІСУ в штатному режимі управління виробництвом. Тому цей же зв'язок доцільно використати і при проведенні промислового експерименту. Після того, як усі нові налаштування системи регуляторів на рівні АСУТП зроблені, функція «DPU» запускає виробничий процес. В ході його виконання функція «PM» в режимі реального часу отримує усі дані, що поступають з АСУТП та з САС вимірювання/контролю через інформаційну платформу «ІВС». Ці дані потрібні, в першу чергу, для виконання функції «DPU», а також для виконання інших автоматизованих функцій рівня «АСУВ/МЕС». Всі ці дані передаються далі до автоматизованої функції «DCA» (Data Collection/Acquisition) виробничої служби, яка виконує їх структурування (групування), оброблення, зберігання та подальше передавання відповідним автоматизованим функціям. Так, частина даних надсилається у диспетчерську службу для функцій «DPU» і «DOC». Перша функція у штатному режимі роботи ТП може за цими даними здійснювати коригування процесу, але у режимі промислового експерименту просто передає отримані дані далі до функції «MM» служби «КВПіА», яка організовує цей експеримент. Функція «DOC» диспетчерської служби використовує отримані дані для їх документування у вигляді протоколів промислового експерименту. При цьому цій функції можуть знадобитися додаткові дані, які не можна отримати через зв'язок «PM» - «DCA» - «DOC», наприклад дані по поточній якості сировини, проміжного та кінцевого продукту каталітичного крекінгу. Тому функція «DOC» повинна отримати ці додаткові дані через «ІВС» з автоматизованої лабораторії підприємства «LIMS».

Таким чином, в рамках інформаційної платформи (ІВС) рівня «АСУВ/МЕС» у проектованій системі необхідно здійснювати збирання вихідних даних з автоматизованих систем нижнього рівня

(«АСУТП каталітичного крекінгу», «САС вимірювання/контролю», «LIMS») та розраховувати по цих даних додаткові показники технологічного процесу, що в подальшому дозволить службі «КВПІА» об'єктивно оцінити результати промислового експерименту і більш якісно налаштувати АСУТП для нової вхідної сировини.

Функції рівня «АСУВ/MES» визначають перелік необхідних автоматизованих функцій для систем нижнього рівня ІСУ, а саме, для системи «САС вимірювання/контролю» та «LIMS». Перша система повинна забезпечити збирання додаткових даних в ході промислового експерименту, які не вимірюються або контролюються в рамках «АСУТП каталітичного крекінгу». Наприклад, такими даними можуть бути витрати тих чи інших енергетичних ресурсів, маса виготовлених в ході експерименту проміжних продуктів і готового продукту. Щодо системи «LIMS», то, як вище було відмічено, вона повинна надавати дані про поточні якісні показники вхідної сировини, а також проміжних продуктів і готового продукту.

### Висновки

В результаті виконання даної роботи була розроблена на основі рекомендацій діючих стандартів концепція функціональної структури нової інтегрованої системи управління для промислового каталітичного крекінгу. Ця система у порівнянні з існуючими аналогічними системами дозволяє не тільки управляти технологічним процесом, але і виконувати кілька функцій управління всім виробництвом в цілому.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Olsson, G., Piany, J.. Computer systems for automation and control [Електронний ресурс] / URL : <http://www.philadelphia.edu.jo/newlibrary/pdf/file095f62f119bb471591fd8f273ac06353.pdf>.
2. Ларичева Л.П. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів/ Л.П. Ларичева, М.Д. Волошин, О.П. Луценко, Дніпродзержинськ:ДДТУ. – 2015. – 320 с.
3. Кожухар, В. Я. Автоматизовані системи керування хіміко-технологічними процесами : навч. посібник / В. Я. Кожухар, В. В. Брем, О. В. Макаров ; Держ. ун-т "Одес. політехніка". - Одеса, 2021. - 223 с..
4. Адылов Ф.Т., Чугуев М.А., Майлер В.Б., Зусман С.Д., Турапина Т.В. Система управления блоком каталитического крекинга установки ГК-3 на нефтеперерабатывающем заводе ОАО "АНХК"// Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. - №9. – С.23-27.
5. Пупена О., Ельперін І., Міркевич Р. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва// Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - Т.8. - №3. – 2016.
6. MESA Model: A Framework for Smarter Manufacturing [Електронний ресурс] / URL : <https://mesa.org/topics-resources/mesa-model/>.
7. Itskovich Emmanuil. Fundamentals of Design and Operation of Manufacturing Execution Systems (MES) in Large Plants [Електронний ресурс]/ URL: <https://dplp.org/rec/conf/mim/Itskovich13.bib>.

**Нікончук Артур Павлович** - студент групи АКІТ-21мс, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [arturnikonchuk@gmail.com](mailto:arturnikonchuk@gmail.com);

**Кветний Роман Наузович** - докт. техн. наук, професор кафедри АІТ, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [rkvetny@sprava.net](mailto:rkvetny@sprava.net);

**Папінов Володимир Миколайович** - канд. техн. наук, професор кафедри АІТ, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [vnpapinov@gmail.com](mailto:vnpapinov@gmail.com);

**Nikonchuk Artur P.** – student of AKIT-21ms group, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, email: [arturnikonchuk@gmail.com](mailto:arturnikonchuk@gmail.com);

**Kvetnyu Roman N.** - D., Professor of department of automation and intelligent information technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: [rkvetny@sprava.net](mailto:rkvetny@sprava.net);

**Papinov Volodymyr M.** - Ph. D., Professor of department of automation and intelligent information technologies, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: [vnpapinov@gmail.com](mailto:vnpapinov@gmail.com).