

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ ПРАКТИЧНОГО ВИВЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ BATCHING-ПРОЦЕСОМ

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

В доповіді розглянуті основні напрями проектування комп'ютеризованого навчального засобу для практичного вивчення автоматизованої системи управління технологічним порційним процесом.

Ключові слова: проектування, комп'ютеризований навчальний засіб, практичне вивчення, автоматизована система управління, технологічний порційний процес.

Abstract

The report reviews the basic directions of designing of computerized means of practical studying of an automated control system for technological batch process.

Keywords: designing, computerized learning means, practical studying, automated control system, technological batch process.

Вступ

Одним з головних призначень бакалаврів та магістрів зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» є проектування, введення в дію та експлуатація як систем автоматизації (СА) окремих технологічних/технічних процесів (ТП) виробництва, так і інтегрованих автоматизованих систем управління (ІАСУ) всім виробничим процесом в цілому, тобто комп'ютерно-інтегрованого виробництва [1, 2].

Саме тому на кафедрі автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій (АІТ) ВНТУ в навчальному плані підготовки студентів цієї спеціальності була сформована група взаємопов'язаних професійно-орієнтованих та спеціальних дисциплін. Стрижень цієї групи утворюють дві основні дисципліни – «Інтегровані системи управління» (бакалаврський рівень підготовки) та «Стандарти та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем управління» (магістерський рівень підготовки). Крім того, для навчально-методичного забезпечення лабораторних та практичних курсів даної групи дисциплін було розроблене і впроваджене у навчальний процес інформаційно-освітнє середовище нового типу - «віртуальне виробництво» [3]. Саме в рамках цього «віртуального виробництва» студенти старших курсів шляхом наскрізного практичного навчання поступово набувають досвіду проектування та реалізації сучасних ІАСУ виробництвом.

Метою даної роботи є створення на основі «віртуального виробництва» нового комп'ютеризованого навчального засобу (КНЗ) для практичного вивчення студентами спеціальності 151 автоматизованої системи управління (АСУ) технологічним batching-процесом, яка побудована згідно з вимогами діючих стандартів комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Результати дослідження

В області комп'ютерно-інтегрованого періодичного (batch) виробництва на даний час діючими стандартами є сімейство американських стандартів ANSI/ISA-88 та їх міжнародний аналог IEC-61512) [4, 5]. Ці міжнародні стандарти систематизують кращі практики розробки ІАСУ виробництвом.

Ці стандарти означають модель функціональної структури комп'ютерно-інтегрованого періодичного виробництва, яка рекомендована в якості каркасу (шаблону) для побудови відповідних систем управління. Цей каркас (шаблон) організований за ієрархічним принципом і містить п'ять рівнів управління. Реалізація першого та другого рівнів здійснюється за допомогою АСУ технологічними процесами (АСУТП), але ці стандарти на ці рівні управління не поширюються. Проте, в стандартах означений весь алгоритм взаємодії третього рівня управління, де діє автоматизована система управління виробництвом (АСУВ, або MES/MOM) з системою АСУТП, яка діє на першому та другому рівнях комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Згідно з вимогами цих стандартів при побудові АСУВ обов'язково треба розділяти функції управління періодичним виробничим процесом на дві взаємопов'язані групи (рис. 1):

- управління технологічним batching-процесом, що відповідає за виконання визначеної послідовності технологічних дій;
- управління технологічним устаткуванням/обладнанням, що відповідає за виконання ним своїх функцій.

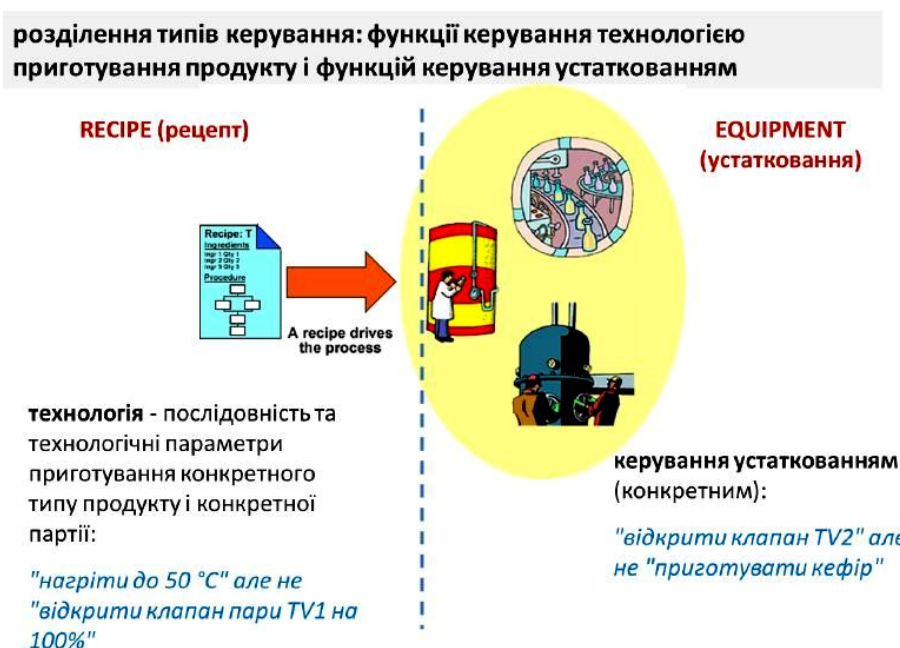


Рис. 1. Розділення функцій управління технологічним batching-процесом

Таке обов'язкове розділення пояснюється тим, що зазвичай номенклатура продуктів/продукції виробничого batching-процесу часто змінюється, а отже АСУВ повинна часто створювати чи змінювати алгоритм виконання цього технологічного процесу. Наприклад, в системі необхідно створювати нові рецепти, змінювати їх властивості та видаляти старі. При цьому технологічне устаткування/обладнання зазвичай залишається тим самим, тобто вбудовані функції цього устаткування/обладнання також не змінюються. При batching-процесі може виникати й інша виробнича ситуація, що вимагатиме додавання нового устаткування/обладнання для виготовлення нової порції/партії продукту/продукції, а це призведе до суттєвої зміни існуючих в системі рецептів.

З рис. 1 видно, що управління технологічним batching-процесом, яке відповідає за виконання визначеної послідовності технологічних дій, використовує рецепт (recipe) в якості вхідного виробничого завдання, яке має бути виконане даним batching-процесом. Стандарти ISA-88/ IEC 61512 пропонують використовувати в АСУ виробничим batching-процесом такі типи рецептів:

- місцевий рецепт (Site Recipe), який надходить до АСУВ з автоматизованої системи управління підприємством (АСУП);
- майстер рецепт (Master Recipe), який формується в АСУВ з урахуванням змісту місцевого рецепту та характеристик наявного технологічного устаткування/обладнання, а потім надсилається до АСУ технологічним batching-процесом;

- керівний рецепт (Control Recipe), який формується в АСУ технологічним batching-процесом з урахуванням змісту майстер рецепту та особливостей виконання конкретним технологічним устаткуванням/обладнанням своїх функцій, а потім надсилається до локальної системи управління цим технологічним устаткуванням/обладнанням, яка відноситься до класу CONTROL.

На рис. 2 показаний рекомендований стандартами принцип використання означеного в майстер рецепті устаткування/обладнання при виконанні технологічного batching-процесу.

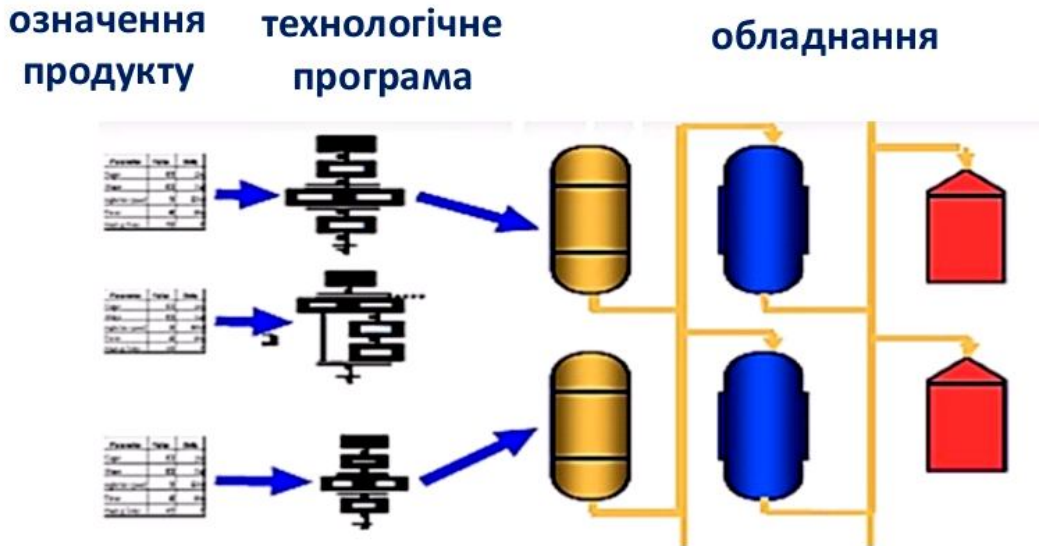


Рис. 2. Гнучке використання устаткування/обладнання для технологічного batching-процесу

Тобто якщо на якійсь виробничій площадці (наприклад, у цеху) встановлено кілька зразків однотипного устаткування/обладнання, що здатне виконувати завданий набір технологічних операцій, потрібних для виготовлення за майстер рецептом порції/партії продукту/продукції, то керівний рецепт може бути сформований і направлений для виконання до локальної системи управління кожною з цих одиниць устаткування/обладнання. При цьому для конкретного виду продукту/продукції може існувати свій оригінальний перелік потрібних технологічних операцій і їх послідовність, тобто своя «технологічна програма». Тому найбільш гнучким і ефективним способом управління технологічним устаткуванням/обладнанням є такий, коли створюється можливість порцію/партію будь-якого продукту/продукції виробляти будь-яким наявним зразком устаткування/обладнання, що виконує потрібні технологічні операції.

Таким чином, для того, щоб виконати потрібний технологічний batching-процес на конкретному устаткуванні/обладнанні технологічної комірки, в АСУВ потрібно перетворити місцевий рецепт (Site Recipe), який надходить з АСУП, у майстер рецепт (Master Recipe), який і буде враховувати наявну модель устаткування/обладнання цієї комірки. Технологічна процедура з виготовлення продукту/продукції може виконуватися в конкретній технологічній комірці як процедура технологічної комірки (process cell procedure). Технологічні стадії виконуються в конкретних апаратах, як процедури апарату (unit procedure), які в свою чергу складаються з послідовностей операцій. Найменші дії, які описуються в рецептах, - це етапи (phase). Тому при створенні АСУ технологічної комірки обов'язково треба визначити ті компоновальні блоки (наприклад, етапи), з яких можна сформувати необхідні процедури, що описані майстер рецептом.

Для реалізації функцій безпосереднього управління режимами роботи, вимірювання та контролю параметрів конкретного технологічного устаткування/обладнання в АСУТП використовуються модулі керування (control modules, CM), які взаємодіють з різноманітними клапанами, датчиками, пускачами, перетворювачами і т.п., що встановлені на технологічних апаратах та в їх агрегатах. Усі ці функції відносяться до базового управління (basic control) цими апаратами та агрегатами. При цьому базове управління стосується тільки технологічного устаткування/обладнання, тому саме воно і встановлює зв'язок між універсальними процедурами місцевого рецепту та конкретним обладнанням, вказаним в майстер рецепті.

Тому на рівні АСУ технологічним batching-процесом з майстер рецепту створюється оригінальний екземпляр керівного рецепту (Control Recipe), в якому відповідні процедурні елементи з майстер рецепту зв'язуються з апаратними процедурними елементами, які будуються з наявних функцій (дій) базового управління конкретним технологічним апаратом. Наприклад, кожний рецептурний процедурний етап з майстер рецепту повинен посилатися на відповідний йому апаратний процедурний етап, який утворюється з функцій (дій) базового управління, які наявні в модулі управління даного технологічного апарату. А для цього треба, щоб в апаратному об'єкті (наприклад, в модулі управління) був створений процедурний етап у вигляді окремого функціонального блоку (function block, FB) управління технологічним апаратом.

Враховуючи усе сказане, в якості основи нового КНЗ була вибрана фізична модель промислового хімічного реактора (unit), яка оснащена модулем управління (control modules) на базі промислового ПЛК «VIPA» [6]. Ця модель технологічного апарату в рамках «віртуального виробництва» зв'язана віртуальними матеріальними потоками (реалізовані на основі програмних та імітаційних моделей) з іншими моделями технологічних/технічних процесів [7]. Тоді можна запропонувати таку загальну конфігурацію нового КНЗ, яка показана на рис. 3.

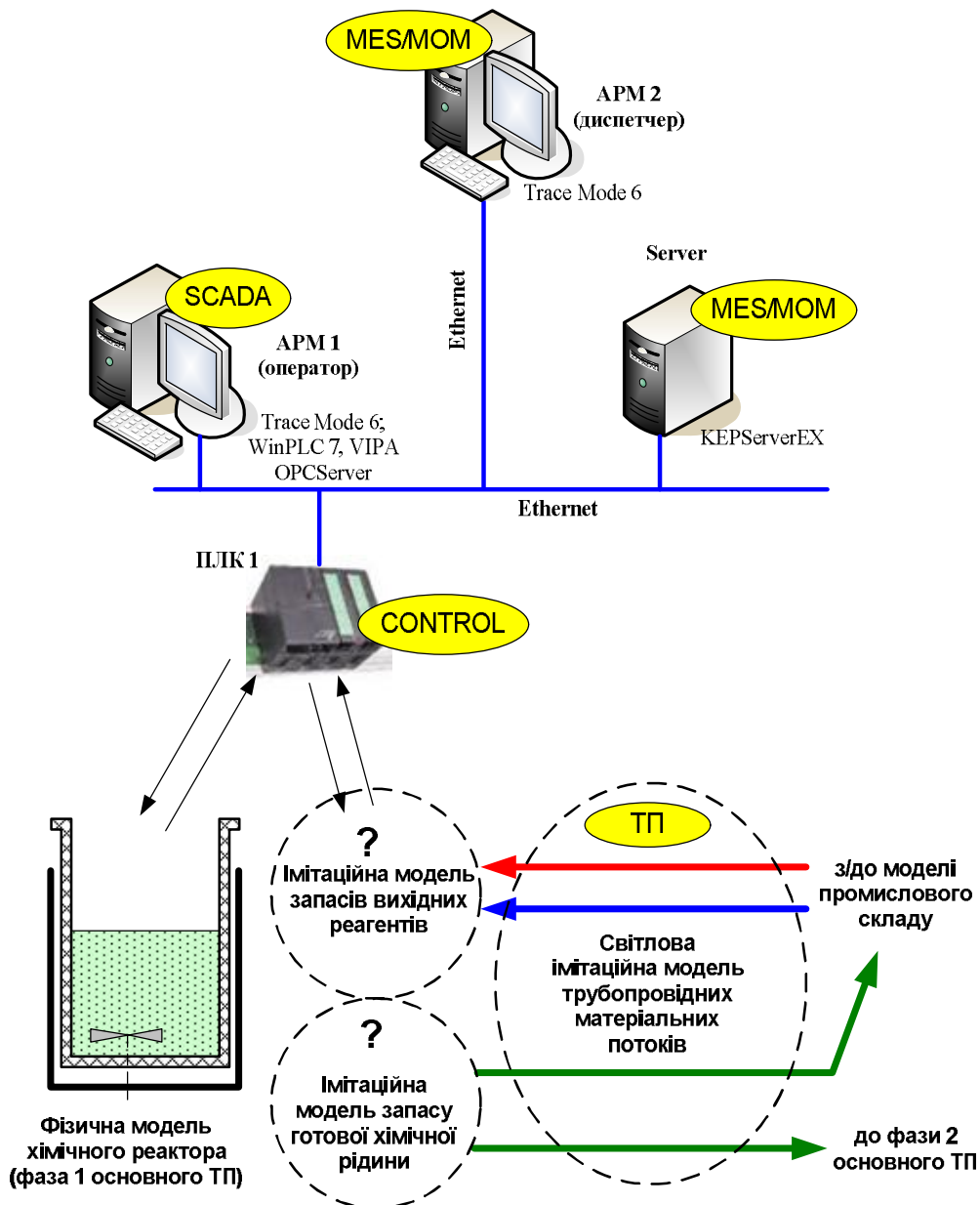


Рис. 3. Загальна конфігурація нового КНЗ

До складу нового КНЗ входять:

- локальний промисловий контролер "VIPA 313-5BF13" (ПЛК 1);
- два персональних комп'ютери (АРМ 1, АРМ 2);
- сервер виробничих даних реального часу (Server);
- чотири лабораторні моделі (існуюча фізична модель хімічного реактора, існуюча світлова імітаційна модель трубопровідних матеріальних потоків, нова імітаційна модель запасів вихідних реагентів, нова імітаційна модель запасу готової хімічної рідини);

- локальна цифрова мережа Ethernet.

Основним програмним забезпеченням нового КНЗ є:

- інструментальна система "WinPLC" для розробки прикладної програми промислового контролера "VIPA 313-5BF13";
- інтегрована інструментальна система "Trace Mode 6" для програмування АРМ 1 оператора АСУ технологічним batching-процесом хімічного реактора (SCADA) та АРМ 2 диспетчера системи управління виробничим batching-процесом (АСУВ, або MES/MOM);
- СУБД реального часу «KEPServerEX» для програмного моделювання усіх трубопровідних матеріальних потоків та запасів рідких матеріальних ресурсів «віртуального виробництва».

Запропонована конфігурація нового КНЗ дозволяє студентам виконувати такі практичні завдання:

- проектування та реалізація прикладної програми контролера "VIPA 313-5BF13" для управління роботою фізичної моделі хімічного реактора в ході технологічного batching-процесу «виготовлення» порції умовної хімічної рідини;
- проектування та реалізація OPC-сервера для інформаційного обміну між прикладною програмою АРМ 1 оператора АСУ технологічним batching-процесом хімічного реактора та прикладною програмою контролера;
- проектування та реалізація прикладної програми АРМ 1 оператора АСУ технологічним batching-процесом хімічного реактора для рецептурного управління технологічним batching-процесом хімічного реактора;
- проектування та реалізація прикладної програми АРМ 2 диспетчера виробничого batching-процесу для виконання функції «Управління означенням продукції».

Таким чином, КНЗ може бути призначений для забезпечення практикумів групи взаємопов'язаних професійно-орієнтованих та спеціальних дисциплін, основними з яких є «Інтегровані системи управління» (бакалаврський рівень підготовки) та «Стандарти та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем управління» (магістерський рівень підготовки).

Використання нового КНЗ дозволяє:

- створити умови для індивідуальної когнітивної діяльності кожного студента, який входить до складу проектної бригади, при рішенні різноманітних задач на стадіях проектування та реалізації системи управління протягом кількох навчальних семестрів;
- сприяє більш глибокому вивченню студентом теоретичного матеріалу вказаних вище навчальних дисциплін, а також дає можливість сформулювати у студента відповідні професійно-орієнтовані практичні уміння та навички проектування.

Новий КНЗ повинен забезпечувати нормальний режим роботи без втрати працездатності на протязі навчального року.

Умови експлуатації навчального засобу:

- температурний повітря від плюс 10 0С до плюс 35 0С;
- допустима вологість повітря до 90%;
- динамічні удари та вібрація виключені.

При проведенні подальших досліджень планується вирішити такі науково-технічні задачі:

1. Дослідження стандартного підходу до автоматизованого управління виробничим batching-процесом.
2. Дослідження стандартного підходу до автоматизованого управління технологічним batching-процесом.
3. Аналіз існуючої моделі технологічного процесу «віртуального виробництва» для побудови нового КНЗ
4. Науково-технічне обґрунтування напрямів проектування нового КНЗ.
5. Розробка технічного завдання на науково-дослідну роботу.

6. Проектування технічної частини КНЗ.
7. Проектування програмної частини КНЗ.
8. Обґрунтування навчально-методичного забезпечення практичної підготовки студентів з використанням нового КНЗ.

Висновки

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає в тому, що на відміну від існуючих комп'ютеризованих навчальних засобів, новий засіб будується на основі інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне виробництво», що дозволило за рахунок використання як промислових зразків програмно-технічних засобів автоматизації, так і фізичної моделі технологічного batching-процесу, підвищити ефективність практичного вивчення студентами як АСУ цим процесом, так і діючих стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Практична цінність отриманих результатів дослідження полягає в тому, що їх легко застосувати при створенні аналогічних комп'ютеризованих навчальних засобів для підготовки фахівців споріднених галузей знань та спеціальностей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стандарт вищої освіти бакалавра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування»: затверджено і введено в дію Наказом Міністерства освіти і науки України від 4.10.18 р. №1071 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/151-avtomatizatsiya-ta-kompyuterno-integrovani-tehnologii-bakalavr.pdf>.
2. Стандарт вищої освіти магістра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://mon.gov.ua/storage/app/media/vyshcha/naukovo-metodychna_rada/proekty_standartiv_VO/151-avtomatizatsiya-ta-kompyuterno-integrovani-texnologiyi-magistr-22052017-bez-matri.doc.
3. Папінов В. Лабораторна імітація інтегрованої АСУ виробництвом/ Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016). XIII Міжнародна конференція. Тези доповідей. Вінниця, 3-6 жовтня 2016 року. – Вінниця: ВНТУ, ПП "ТД"Едельвейс", 2016. – С. 225-227.
4. Пупена О. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва / О. Пупена, І. Ельперін, Р. Міркевич Є. // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2016. – Т. 8. – №3. – С. 63-74.
5. Batch Control. Part 1: Models and Terminology: ANSI/ISA-88.00.02-2001. - [Чинний від 2010–01–01]. – USA: International Society of Automation.
6. Лабораторна модель промислового хімічного реактора (фаза 1 основного технологічного процесу) / Укладач: Папінов В.М. – Вінниця, ВНТУ, 2020. – 11 с.
7. Папінов В.М. Лабораторна імітація «навчальної фабрики»: гібридне моделювання матеріальних потоків / В.М. Папінов // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. – 2020. - №2(40). – С.65-81.

Яворський Дмитро Сергійович - студент групи АКІТ-20мз, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dimas.jawor99@gmail.com;

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;

Yavorsky Dmytro S. - student of AKIT-20mz group, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, email: dimas.jawor99@gmail.com;

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.