

# ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ ПРАКТИЧНОГО ВИВЧЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАТФОРМИ THINGWORX У ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

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

## *Анотація*

*Запропонована організація навчального процесу практичного вивчення інформаційних технологій платформи ThingWorx у промислових системах управління.*

**Ключові слова:** навчальний процес, практичне вивчення, інформаційна технологія, промислова система управління.

## *Abstract*

*The organization of educational process for practical study of ThingWorx information technologies in industrial control systems is suggested.*

**Keywords:** educational process, practical study, information technology, industrial control system.

## **Вступ**

В наш час інформаційні системи та технології різноманітного призначення набувають самого широкого розповсюдження та динамічного розвитку. Яскравим прикладом цьому є Інтернет речей, який з'явився порівняно нещодавно, але зараз швидко перетворюється у всеохоплюючу інформаційну технологію як для повсякденного використання людьми, так і для комп'ютерної автоматизації промислового виробництва в рамках концепції «Індустрія 4.0» [1].

Для реалізації даної концепції міжнародна компанія PTC пропонує високоефективну гнучку програмну платформу ThingWorx, побудовану на основі різноманітних інформаційних технологій промислового Інтернету речей (Industrial Internet of Things, IIoT), для вирішення широкого кола практичних задач сучасної комп'ютерної автоматизації виробництва [2].

Метою роботи є організація на факультеті комп'ютерних систем та автоматики (ФКСА) ВНТУ такого навчального процесу, який би дозволяв студентам спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» ефективно набувати професійних знань та практичного досвіду щодо застосування у промислових системах управління основних інформаційних технологій даної програмної платформи.

## **Результати дослідження**

Структура платформи ThingWorx є модульною, масштабованою та здатною до конфігурування під різні задачі замовника, що пов'язані з цифровою трансформацією виробництва практично будь-якої розмірності та складності.

На рис. 1 показана загальна архітектура платформи ThingWorx. Основою інформаційної моделі платформи ThingWorx слугує багатофункціональна масштабована структура даних "інтелектуальний об'єкт" (smart thing, "розумна річ"). Архітектура платформи – гнучка модульна збірка. Режим використання платформи передбачається як в традиційному виді "клієнт-сервер", так і у варіанті "віддалене звертання", "хмарне рішення".

Ядро платформи ThingWorx містить у собі базову складову – базу даних по інформаційній моделі тих виробничих процесів та "розумних" об'єктів, для який виконується цифрова трансформація. Розробка інформаційної моделі цифрового виробництва на платформі ThingWorx виконується на основі постачених разом з ядром універсальних шаблонів об'єктів, датчиків, процесів, інтерфейсів. Розробка IIoT додатка не вимагає рутинної праці по кодуванню на мовах високого рівня (C, C#, SQL

Plus і т.д.) і не вимагає наявності на боці замовника висококваліфікованих програмістів: розробка ПОТ додатків користувача являє собою вибір потрібних шаблонів і з'єднання їх у потрібному порядку з необхідним набором контрольованих параметрів. Уся ця робота провадиться у постаченому разом з ядром ThingWorx графічного редактора, що суттєво скорочує трудомісткість розробки ПОТ додатків.

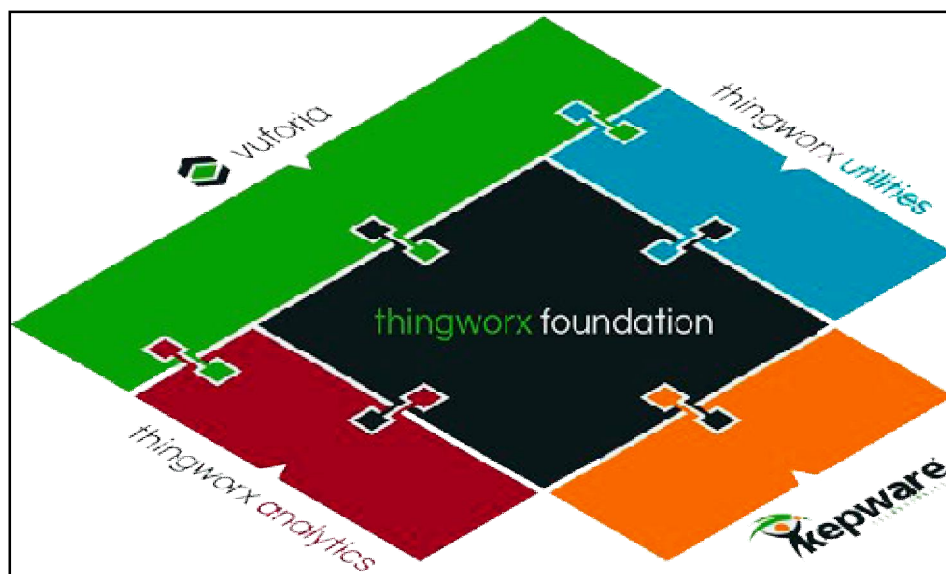


Рис. 1. Загальна архітектура платформи ThingWorx

Для зв'язку з контрольованими інтелектуальними об'єктами, які відсутні у стандартних наборах шаблонів ядра, з різноманітними автономними сенсорними пристроями, радіопередавачами, сканерами, датчиками температури, вологості, солонуватості, лужності, диму і т.д., служить сервер ThingWorx Connectivity. Для роботи з потоком "великих даних" ("Big Data") і необхідної при цьому аналітики слугує сервер ThingWorx Analytics. Сервер вже містить шість базових сертифікованих алгоритмів машинного навчання – елемента штучного інтелекту. Вже в такій базовій комплектації розгортання на платформі ThingWorx аналітики по роботі з потоком даних, що надходять від зовнішніх підключених інтелектуальних пристроїв (сенсорів, передавачів сигналів тощо), дозволяє перейти до реального вирішення задач прогнозування та побудови розширеної та корегованої бази знань.

Для спеціалізованої функціональності та розширення можливостей розробки на базі платформи ThingWorx слугує сервер ThingWorx Utilities. Його використання дає можливість включити до складу платформи "розумного виробництва" такі задачі, як управління активами, управління ризиками, управління потоками задач та ролеве управління, а середовище розробки сервера ThingWorx Utilities дозволяє без рутинного програмування описувати також специфічні управлінські задачі користувача та виконувати інтеграцію з управлінськими модулями зовнішніх систем.

Модуль ThingWorx Studio використовується для розробки додатків доповненої реальності (AR), які могли би бути застосовані у якості цифрових двійників (digital twins), віртуальних тренажерів, асистентів виконання складних операцій і в якості графічного інтерфейсу користувача по відношенню до додатків ПОТ, розроблених в інших серверних модулях платформи ThingWorx.

Таким чином, студенти спеціальності "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" обов'язково повинні на практиці вивчати такі інформаційні технології платформи ThingWorx, які призначені для:

- інтеграції існуючих (успадкованих) промислових систем управління з сучасними «хмарними» сервісами промислового Інтернету речей;
- реалізації будь-якої складності та інтенсивності машино-машинних взаємодій (M2M) між інтелектуальним обладнанням виробничих ділянок і цехів, між виробничим обладнанням та пристроями різноманітних зовнішніх людино-машинних систем;
- реалізації аналітичної обробки даних, що надходять з будь-якого рівня промислової системи управління, включаючи "хмарну" обробку великих даних (дескриптивну, діагностичну, предикативну

і таку, що наказує);

- реалізації на основі мобільних, переносних або стаціонарних засобів візуалізації людино-машинних інтерфейсів (ЛМІ, Human-Machine Interface, HMI) для різних категорій працівників виробництва.

В якості програмно-технічної основи, навколо якої має будуватися навчальний процес практичного вивчення вказаних інформаційних технологій, пропонується використати лабораторію промислової мікропроцесорної техніки факультету КСА, яка була створена за допомогою фірми "СВ Альтера" (м. Київ) [3]. Ця лабораторія містить як зразки промислових технічних та програмно-технічних засобів автоматизації, так і навчальні засоби у вигляді моделей технологічних та технічних об'єктів різної природи та ступеню абстрагування (фізичних, аналогічних, імітаційних, програмних, гібридних). Усі ці засоби через стандартні інтерфейси об'єднуються у комп'ютерно-інтегровану систему, яка, по суті, є діючою лабораторною імітацією автоматизованої системи управління (АСУ) промисловим виробництвом [4]. Тому, використовуючи окремі частини даної комп'ютерно-інтегрованої системи, можна збирати різні за конфігурацією комп'ютеризовані навчальні засоби для найбільш ефективного практичного вивчення студентами тієї чи іншої інформаційної технології платформи ThingWorx [5-8].

Враховуючи складність цих інформаційної технологій, їх поступове практичне вивчення доцільно проводити на протязі кількох курсів у рамках низки взаємопов'язаних спеціальних та професійних дисциплін спеціальності. Тобто мова йде про організацію наскрізної практичної підготовки студентів, коли результати попередніх етапів практичного освоєння технологій використовуються як вихідні дані для виконання більш складних наступних етапів. Завдяки цьому реалізується принцип успадковування та поступового нарощування отриманих студентами практичних знань, що і забезпечує в цілому підвищення ефективності навчального процесу. Розглянемо детальніше організацію такого навчального процесу для вивчення окремої інформаційної технології платформи ThingWorx. Візьмемо для прикладу технологію "Інтеграція успадкованих промислових систем управління з «хмарними» сервісами Інтернету речей". З навчального плану спеціальності "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" можна виділити таку групу взаємопов'язаних професійно-орієнтованих та спеціальних дисциплін:

- «Технічні засоби автоматизації» (бакалаврській напрям, 4 курс);
- «Інтегровані системи» (бакалаврській напрям, 4 курс);
- «Проектування систем автоматизації» (бакалаврській напрям, 4 курс);
- «Стандарти та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем управління» (магістерській напрям, 1 курс).

В рамках цих дисциплін дана інформаційна технологія має вивчатися за допомогою комп'ютеризованого навчального засобу, описаного в [5], у такій послідовності:

- реалізація рівня контролерних засобів – програмування ПЛК (дисципліна «Технічні засоби автоматизації»);
- реалізація рівня операторського управління – програмування SCADA (дисципліна «Проектування систем автоматизації»);
- реалізація рівня управління виробництвом (MES, OPC) та частини серверного рівня – Industrial SQL server (дисципліна «Інтегровані системи»);
- реалізація частини серверного рівня (IoT server) та «хмарного» рівня (дисципліна «Стандарти та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем управління»).

На рис..2 показана загальна схема організації такого навчального процесу з застосуванням комп'ютеризованого навчального засобу. Як видно з рисунку, спочатку на дисципліні "Технічні засоби автоматизації" за фронтальним методом вивчаються основи програмування промислових контролерів, до яких підключаються настільні спеціалізовані стенди «Вивчення сигнальних інтерфейсів промислових контролерів». В даному випадку не вимагається забезпечення режиму реального часу оброблення сигналів, а вивчається сам принцип організації сигнального інтерфейсу контролерів.

Далі в рамках дисципліни "Проектування систем автоматизації" вивчаються більш складні варіанти застосування промислових контролерів та основи програм SCADA для побудови АСУ технологічними процесами (АСУТП, рівень операторського управління).. Паралельно в рамках дисципліни "Інтегровані системи управління" вивчається застосування технології OPC в якості

універсального інформаційного містка між прикладними програмами контролерів (рівень контролерного управління) та програми SCADA (рівень операторського управління).

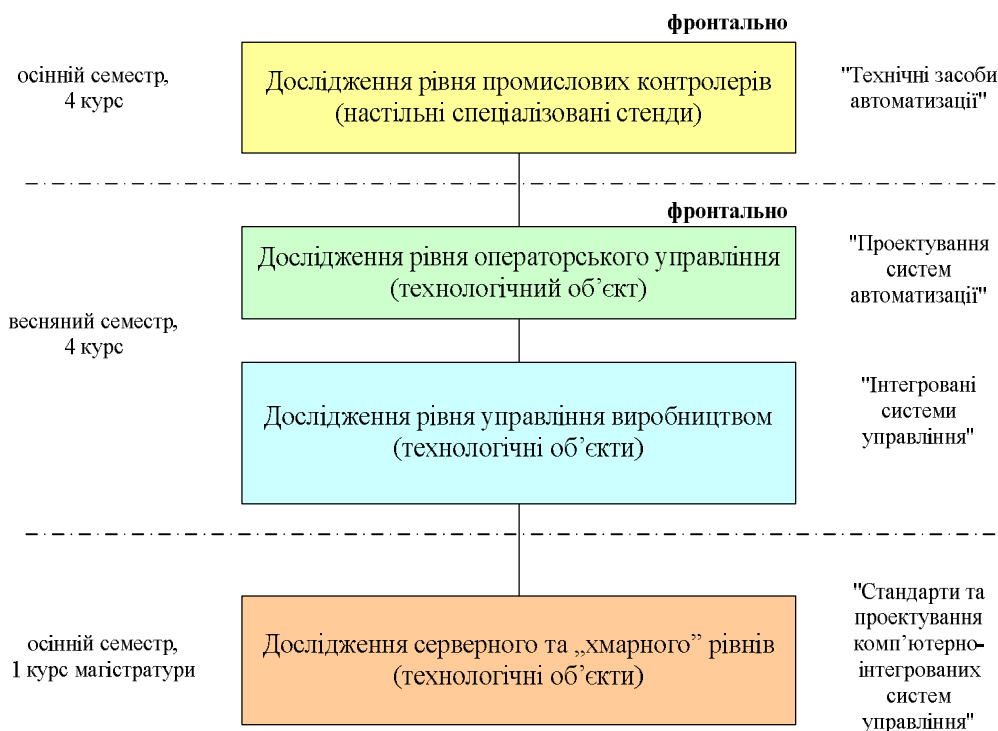


Рис. 2. Загальна схема організації навчального процесу на основі комп'ютеризованого навчального засобу

Далі в рамках дисципліни "Інтегровані системи управління" вивчається застосування технології OPC в якості універсального інформаційного містка між програмами SCADA (рівень операторського управління) та програмами MES локальними базами даних (рівень управління виробництвом).

Вивчення інформаційної технології продовжується в рамках дисципліни "Стандарти та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем управління", коли на навчальному засобі вивчається застосування локального IoT сервера (серверний рівень) та «хмарних» сервісів платформи ThingWorx («хмарний» рівень) для інтеграції АСУТП та MES, розроблених студентами на попередніх етапах вивчення, з промисловим Інтернетом речей.

Кожне з перелічених вище досліджень складових частин інформаційної технології, що проводяться в рамках лабораторного курсу тієї чи іншої навчальної дисципліни, також вимагає навчально-методичного обґрунтування організації відповідного навчального процесу. Розглянемо для прикладу дослідження рівня операторського управління, що проводяться в рамках дисципліни "Проектування систем автоматизації". На рис. 3 показана запропонована схема такого навчального процесу. Ця схема відображає найкращий з навчально-методичної точки зору шлях практичного вивчення студентами тих чи інших особливостей застосування промислових контролерів та програм SCADA при побудові АСУТП. Спочатку викладач повинен чітко поставити задачу для навчального дослідження (крок 1), потім продемонструвати на комп'ютеризованому навчальному засобі результат правильного виконання цієї задачі (крок 2), що наочно покаже студентам мету їх навчального дослідження. Після цього (крок 3) викладач повинен надати студентам усі необхідні для виконання задачі теоретичні відомості та практичні рекомендації (у вигляді короткої лекції чи методичних матеріалів, підготовлених у тій чи іншій формі). Потім (крок 4) студенти в аудиторії починають самостійно виконувати навчальне завдання і продовжують цю роботу або вдома, або після занять у спеціальному кабінеті чи лабораторії, що оснащені необхідним програмно-технічним обладнанням.

Обов'язковою є демонстрація кожним студентом отриманих результатів виконання задачі на комп'ютеризованому навчальному засобі, що встановлений в лабораторії вузу (крок 5). Таку аудиторну демонстрацію можна проводити або під час наступного лабораторного заняття в присутності всієї академічної групи, або в індивідуальному порядку у відведені для цього години

консультацій викладача. В ході демонстрації викладач може привертати увагу студентів до тих помилок, що мають місце, та надавати у зв'язку з цим додаткові пояснення (крок 6), а студенти корегувати результати своєї роботи (крок 5).

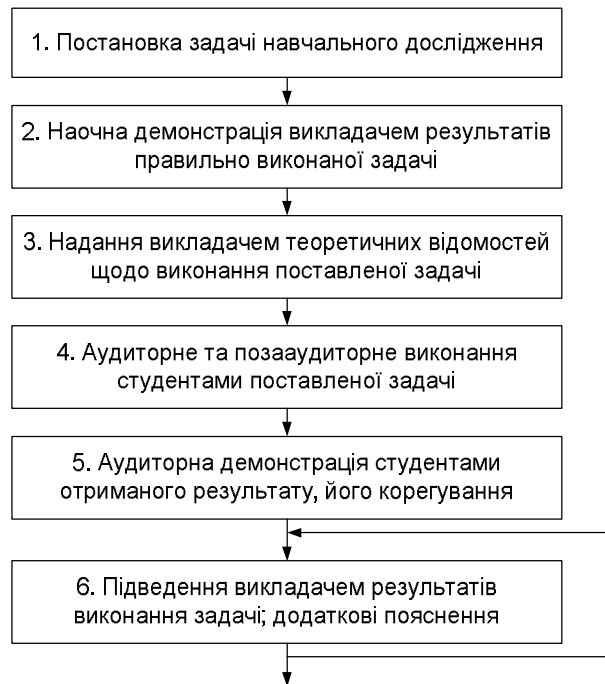


Рис. 3. Схема навчального процесу при дослідженні рівня операторського управління

Позааудиторна робота студентів в ході навчального дослідження передбачає виконання ними необхідних розрахунків та роботу з програмними інструментальними засобами ("WinPLC7", SCADA "Trace Mode 6" і т.д.), які кафедра надає студентам для домашнього використання. При цьому результатом позааудиторної роботи студентів будуть відповідні файли прикладних програм АСУТП, які студенти потім в навчальній аудиторії завантажуватимуть в комп'ютеризований навчальний засіб, демонструючи викладачеві роботу системи.

Для реалізації наскрізного практичного вивчення іншої інформаційної технології, наприклад "Реалізація людино-машинних інтерфейсів (ЛМІ) у промислових системах управління", можна запропонувати такий набір навчальних дисциплін (навчальний засіб описаний в [6]):

- «Інтегровані системи» (бакалаврській напрям, 4 курс);
- «Проектування систем автоматизації» (бакалаврській напрям, 4 курс);
- «SCADA та людино-машинні інтерфейси» (магістерській напрям, 1 курс);
- «Стандарти та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем управління» (магістерській напрям, 1 курс).

Тоді в рамках дисципліни "Проектування систем автоматизації" можна вивчати варіанти застосування промислових контролерів та основи програмування SCADA, зокрема проектування графічного ЛМІ, для побудови системи ЛМІ рівня АСУТП (рівень операторського управління). Паралельно в рамках дисципліни "Інтегровані системи управління" можна вивчати застосування інтеграційної технології OPC в якості універсального інформаційного містка між прикладними програмами контролерів (рівень контролерного управління) та програми SCADA (рівень операторського управління) для побудови системи ЛМІ. Вивчення інформаційної технології можна продовжити в рамках дисципліни «SCADA та людино-машинні інтерфейси», коли студенти досліджують реалізацію графічної частини ЛМІ засобами SCADA. Паралельно інформаційна технологія продовжує вивчатися в рамках дисципліни "Стандарти та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем управління", коли на навчальному засобі вивчається застосування локального IoT сервера (серверний рівень) та «хмарних» сервісів платформи ThingWox («хмарний» рівень) для реалізації сучасних типів людино-машинного інтерфейсу у промисловій системі управління виробництвом.

За аналогічним принципом можна організувати навчальний процес наскрізного практичного вивчення решти інформаційних технологій платформи ThingWorx.

### Висновки

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягає в тому, що для підвищення ефективності практичної підготовки студентів спеціальності "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" щодо застосування інформаційних технологій платформи ThingWorx, запропонована наскрізна схема організації навчального процесу, що будується на основі лабораторної комп'ютерно-інтегрованої системи та охоплює кілька взаємопов'язаних спеціальних та професійно-орієнтованих дисциплін.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Прогулка по фабрике будущего [Електронний ресурс]: Ua.Automation.com. – Режим доступу: <http://ua.automation.com/content/progulka-po-fabriке-budushhego>.
2. Technology Platforms and Solutions to Unlock the Value of the IoT [Електронний ресурс] : PTC. – Режим доступу: <https://www.ptc.com/en>.
3. Поддержка вузов : Примеры оснащения : Винницкий национальный технический университет [Електронний ресурс] : СВ АЛЬТЕРА. - Режим доступу : <http://www.svaltera.ua/services/high-schools/examples/9010.php>.
4. 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.
5. Папінов В.М., Шалінський П.С. Навчальний засіб для дослідження застосування платформи ThingWorx при інтеграції промислових систем управління з Інтернетом речей / Матеріали щорічної регіональної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця, ВНТУ, 2019р.) [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/view/6225/5298>.
6. Папінов В.М., Піменов О.С. Навчальний засіб для дослідження застосування платформи ThingWorx при реалізації людино-машинних інтерфейсів у промислових системах управління / Матеріали щорічної регіональної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця, ВНТУ, 2019р.) [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/view/6224/5299>.
7. Папінов В.М., Павлишен А.С. Навчальний засіб для дослідження застосування платформи ThingWorx при реалізації машинно-машинної взаємодії у промислових системах управління / Матеріали щорічної регіональної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця, ВНТУ, 2019р.) [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/view/6223/5300>.
8. Папінов В.М., Карпінєць С.В. Навчальний засіб для дослідження застосування платформи ThingWorx при реалізації аналітичної обробки даних у промислових системах управління / Матеріали щорічної регіональної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця, ВНТУ, 2019р.) [Електронний ресурс]. - Режим доступу : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/view/6222/5301>.

**Папінов Володимир Миколайович** - канд. техн. наук, доцент кафедри АІТ, факультет комп'ютеризованих систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [vnpapinov@gmail.com](mailto:vnpapinov@gmail.com);

**Papinov Volodimir M.** - Ph. D., Assistant Professor of department of automation and informational-measuring instruments, Faculty of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, e-mail: [vnpapinov@gmail.com](mailto:vnpapinov@gmail.com).