

# КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАСІБ ДЛЯ ПРАКТИЧНОГО ВИВЧЕННЯ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТРУБОПРОВІДНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ХІМІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

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

## *Анотація*

*В доповіді вирішується задача розробки на основі комп'ютеризованої лабораторії відкритого, дешевого та ефективного комп'ютеризованого навчального засобу для практичного вивчення цифрової трансформації трубопровідної транспортної системи хімічного підприємства. Ця лабораторія використовується для навчання студентів спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».*

**Ключові слова:** навчальний засіб, цифрова трансформація, трубопровідна транспортна система, навчальна лабораторія.

## *Abstract*

*In report a task of development on a base of the computerized laboratory of the open, cheap and effective computerized educational tool for the practical studying of the digital transformation for pipeline transport system of a chemical enterprise is solving. This laboratory is used to educate the students of the specialty "Automation and computer-integrated technologies".*

**Keywords:** educational instrument, digital transformation, pipeline transport system, educational lab.

## **Вступ**

Для підвищення якості підготовки фахівців в області автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій на кафедрі АПТ нещодавно введені до навчального плану дві нові професійно-орієнтовані дисципліни – «Кіберфізичні системи автоматизації виробництва» (бакалаврський рівень підготовки) та «Промисловий Інтернет речей» (магістерський рівень підготовки), які повинні надати студентам основні теоретичні відомості та практичні знання щодо цифрової трансформації існуючого комп'ютерно-інтегрованого виробництва у «розумне» цифрове виробництво, що функціонує за концепцією «Індустрія 4.0» [1]. В ході навчального практикуму у цих дисциплінах студенти мають отримувати практичні знання та набувати професійного досвіду у проектуванні та реалізації різноманітних систем та засобів автоматизації для цифрового виробництва. Тому створення нових ефективних навчальних засобів для навчально-методичного та технічного забезпечення такого лабораторного практикуму є актуальною задачею.

Для реалізації навчального практикуму з різних професійно-орієнтованих та спеціальних дисциплін спеціальностей 151 та 174 на кафедрі АПТ вже створена сучасна комп'ютеризована лабораторія, програмно-технічні засоби якої утворюють інформаційно-освітнє середовище типу «віртуальне підприємство», яке функціонує за сучасною концепцією комп'ютерно-інтегрованого виробництва – «Індустрія 3.0» [2-5].

Метою цієї роботи є створення на основі даного інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне підприємство» нового комп'ютеризованого навчального засобу для практичного вивчення студентами спеціальностей 151 та 174 методів та засобів цифрової трансформації [6] трубопровідної транспортної системи цього «віртуального підприємства» [5] у відповідності до вимог концепції «Індустрія 4.0». А об'єктом виконуваних досліджень є навчальний процес підготовки у вищому технічному навчальному закладі фахівців з автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки.

## Результати дослідження

Для основного хімічного технологічного процесу «віртуального підприємства» необхідно за певними рецептами «подавати» на його вхід по трубопроводах кілька матеріальних потоків різних рідких реагентів. На виході процесу також «формується» матеріальний потік готової хімічної рідини – матеріальний потік по трубопроводу до виробничого складу для тимчасового «збереження» та матеріальний потік по трубопроводу на наступну виробничу ділянку. В комп'ютеризованій лабораторії усі вказані рідкі матеріальні потоки реалізовані у вигляді імітаційної моделі технічного процесу трубопровідної транспортної системи, який на даному «віртуальному» хімічному виробництві виконує обслуговуючу функцію з «переміщення» різних рідких матеріальних ресурсів між іншими моделями технологічних/технічних процесів виробництва, утворюючи цим самим відповідні «віртуальні» матеріальні потоки. На рис. 1 показана схема системи матеріального забезпечення рідкими матеріальними ресурсами усього «віртуального» хімічного виробництва, яка побудована на основі промислового трубопровідного транспорту.

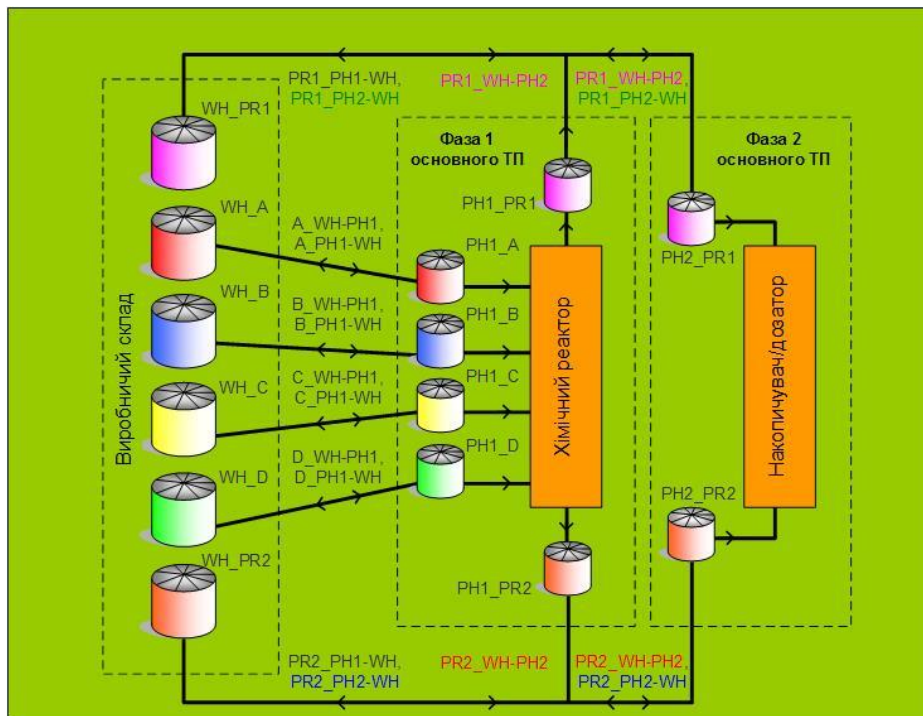


Рис. 1. Схема системи матеріального забезпечення періодичного «віртуального» виробництва рідкими матеріальними ресурсами

На схемі позначені усі потрібні для періодичного «віртуального» хімічного виробництва запаси рідких матеріальних ресурсів та напрями їх «переміщення» промисловими трубопроводами. Лабораторна комп'ютерно-інтегрована система реалізує рецептурний спосіб управління даною трубопровідною транспортною системою, що відповідає вимогам діючого міжнародного стандарту ІЕС 61512 в області комп'ютерно-інтегрованого періодичного виробництва [7], при цьому система побудована за ієрархічним принципом, характерним для сучасної концепції автоматизованого виробництва «Індустрія 3.0». Для того, щоб таке «віртуальне підприємство» стало «цифровим та розумним», необхідно здійснити його цифрову трансформацію, використовуючи усі наявні на сьогодні її інструменти. Саме цей процес трансформації трубопровідної транспортної системи і мають на практиці вивчати студенти спеціальності в ході навчального практикуму з вказаних вище професійних дисциплін.

У світовій практиці процес цифрової трансформації у промисловій області давно і активно обговорюється фахівцями та експертами [8, 9]. Зокрема вже розроблена оптимальна загальна стратегія виконання цифрової трансформації будь-якого виробничого процесу. На рис. 2 показаний шлях цифрової трансформації, рекомендований цією стратегією, який означає такі основні її стадії:

## Recommendations for manufacturers



Рис. 2. Оптимальна стратегія цифрової трансформації виробництва

- виявлення існуючої на виробництві проблеми;
- вибір тих сучасних цифрових технологій, які здатні вирішити наявну проблему;
- розроблення бізнес-плану щодо потрібних інновацій, який включатиме концепцію цифрової трансформації виробництва;
- виконання невеликого проекту цифрової трансформації, його впровадження та отримання найшвидшого позитивного результату;
- оприлюднення для всіх працівників підприємства досягнутих позитивних результатів, що заохотить їх до виконання подальшої більш складної цифрової трансформації виробництва.

Саме ця стратегія і була покладена в основу розробки архітектури нового комп'ютеризованого навчального засобу (КНЗ) для практичного вивчення цифрової трансформації трубопровідної транспортної системи хімічного підприємства (рис. 3).

Основою архітектурного рішення нового КНЗ є лабораторна модель автоматизованого технічного процесу (АТП) трубопровідної транспортної системи «віртуального підприємства», реалізованого в комп'ютеризованій лабораторії кафедри АІТ. На першій стадії його цифрової трансформації необхідно сформулювати чітке та деталізоване уявлення щодо можливої фізичної реалізації цього АТП на реальному, а не на «віртуальному» підприємстві. Це уявлення формується у свідомості студента як самостійно, так і за допомогою викладача.

Після того, як це уявлення сформоване можна виконувати розробку детальної цифрової моделі цього процесу, яка відображатиме потрібні властивості його фізичної реалізації. При моделюванні застосовуються доступні хмарні сервіси цифрового моделювання. Розробку моделі може здійснювати або студент за індивідуальним завданням, або викладач при підготовці навчальних завдань для наступних стадій цифрової трансформації. В результаті цих процедур розробляється цифрова модель реального АТП, організованого за концепцією «Індустрія 3.0» (І3.0), яку можна переглядати за допомогою відповідних програмних засобів на комп'ютері лабораторії.

На основі отриманої цифрової моделі реального АТП І3.0 студент виконує його аналіз з метою визначення тих чи інших недоліків (проблем), які в подальшому можна буде усунути шляхом його цифрової трансформації. З усіх знайдених недоліків (проблем) студент обґрунтовано вибирає найбільш важливий (важливу) і переходить до пошуку способу вдосконалення реального АТП І3.0 з метою усунення цього недоліку (цієї проблеми). Цей пошук студент може виконувати за участі викладача, який надаватиме додаткові консультації та роз'яснення.

Після того, як будуть намічені шляхи вдосконалення АТП І3.0 до АТП І4.0, студент здійснює вибір та обґрунтування тієї сучасної цифрової технології (або технологій) в рамках концепції «Індустрія 4.0», що дозволить здійснити намічені вдосконалення реального АТП. При цьому студент може використовувати додаткову інформацію з джерел Інтернет.

Коли потрібна цифрова технологія (або технології) знайдена (знайдені), то студент виконує

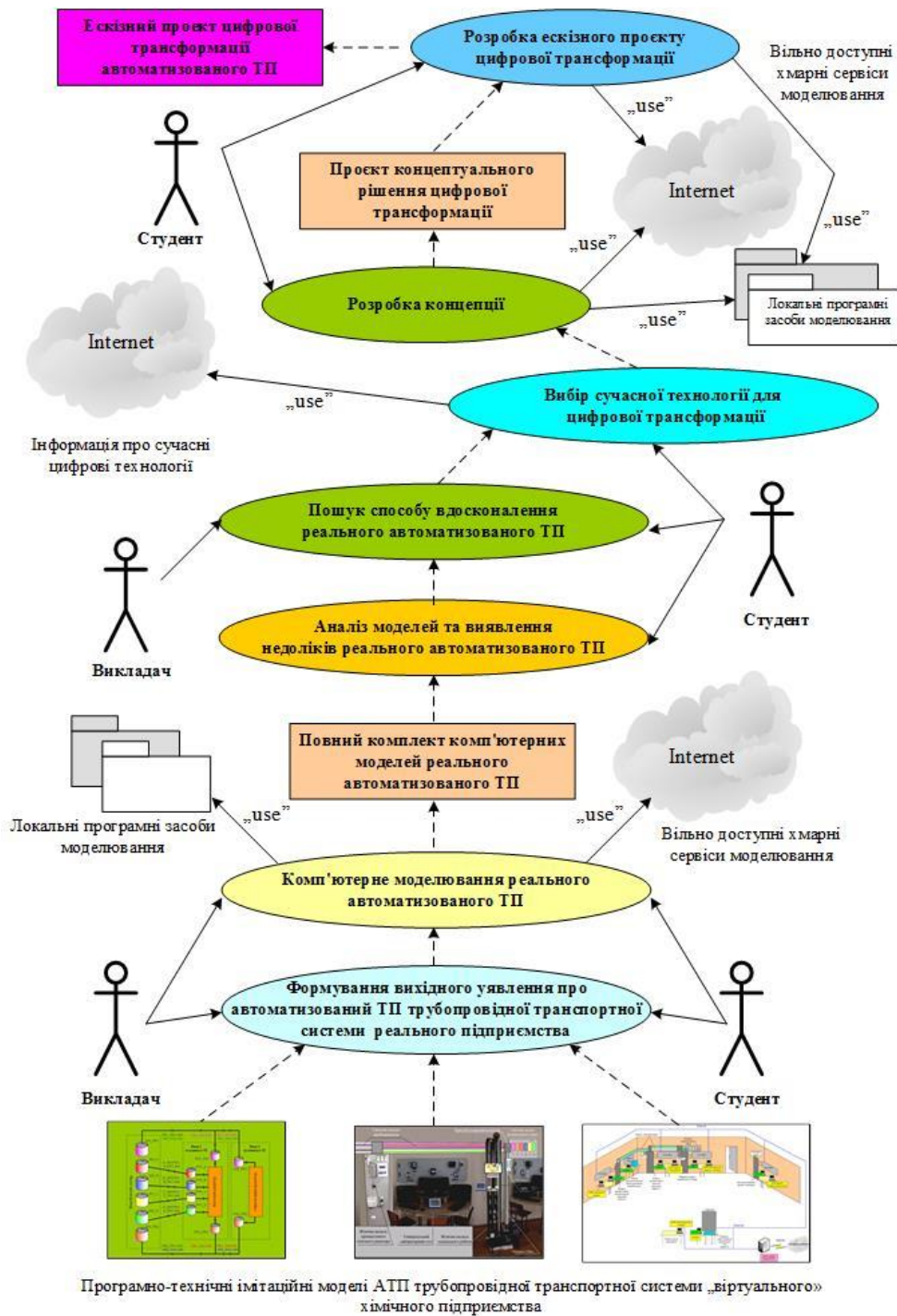


Рис. 3. Архітектура нового комп'ютеризованого навчального засобу

розробку концепції запропонованого рішення цифрової трансформації, використовуючи для цього доступні хмарні сервіси цифрового моделювання. Готова цифрова модель, що відображає запропоноване концептуальне рішення цифрової трансформації існуючого АТП трубопровідної транспортної системи, є першим результатом практичного освоєння студентом процесу цифрової трансформації. Цей результат може бути отриманий на рівні бакалаврської підготовки студентів спеціальностей 151 чи 174, наприклад, в рамках дисципліни «Кіберфізичні системи автоматизації виробництва».

На основі отриманого концептуального рішення студент може продовжити проектування на новому КНЗ і перейти до етапу розробки ескізного проекту цифрової трансформації. Цей етап характеризується більшою деталізацією проектних рішень і також передбачає активне використання

доступних хмарних сервісів цифрового моделювання, наприклад, з технічною анімацією динаміки вдосконаленого АТП трубопровідної транспортної системи. Результатом цього етапу буде ескізний проєкт цифрової трансформації реального АТП І3.0 у реальний АТП І4.0, який представлений у вигляді відповідної цифрової моделі. Цю модель можна буде переглядати за допомогою або хмарних додатків цифрового моделювання, або через локальні програмні засоби на комп'ютері лабораторії.

Даний ескізний проєкт може бути результатом практичного освоєння процесу цифрової трансформації магістрами спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», наприклад, в рамках дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

### Висновки

На основі аналізу освітнього середовища типу «віртуальне підприємство», реалізованого в комп'ютеризованій лабораторії кафедри АІТ, запропонована загальна архітектура нового комп'ютеризованого навчального засобу, призначеного для формування у студентів спеціальностей 151 та 174 практичних умінь та навичок у здійсненні цифрової трансформації існуючих на виробництві технологічних/технічних процесів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Прогулянка фабрикою майбутнього [Електронний ресурс]: Ua.Automation.com [Електронний ресурс] / URL: <http://ua.automation.com/content/progulka-po-fabrike-budushhego>.
2. Папінов В.М. Багатофункціональна комп'ютеризована лабораторія для наскрізної практичної підготовки студентів спеціальності 151 / В.М. Папінов, Я.А. Кулик // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. – 2018. - №2(36). – С. 89-104.
3. Папінов В.М. Industrial Internet of Things: практичне вивчення на базі багатофункціональної комп'ютеризованої лабораторії / В.М. Папінов, Я.А. Кулик // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. – 2019. - №2(38). – С.122-137.
4. Папінов В.М. Автоматизований виробничий склад: гібридне моделювання в навчальній комп'ютеризованій лабораторії / В.М. Папінов // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології/ Міжнародний науково-технічний журнал. – 2020. - №1(39). – С.61-77 (<https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/download/571/545/632>).
5. 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 (<https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/view/581>).
6. Ви готові до виробничого середовища майбутнього? [Електронна книга] : Dassault Systemes : The 3DEXPERIENCE Company [Електронний ресурс] / URL: <https://ifwe.3ds.com/>.
7. 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.
8. Overview of digital transformation: market size, benefits and trends [Електронний ресурс]. URL: <https://www.analyticsinsight.net/overview-of-digital-transformation-market-size-benefits-and-trends/>.
9. The evolution of digital transformation [Електронний ресурс]. URL: <https://www.analyticsinsight.net/the-evolution-of-digital-transformation/>.

**Ключак Богдан Сергійович** - студент групи АКІТ-22мз, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [naruto123806@gmail.com](mailto:naruto123806@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](mailto:vnpapinov@gmail.com);

**Klochak Bogdan S.** – student of AKIT-22mz group, Faculty of Intelligent Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsya, email: [naruto123806@gmail.com](mailto:naruto123806@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](mailto:vnpapinov@gmail.com).