

Київський національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра інтелектуальних та інтелектуальних інформаційних технологій

КОМП'ЮТЕРНА МАСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:

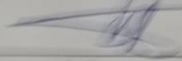
«Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни
«Примусовий Інтернет речей»
Тема 1. Підсистема підтримки викладацької діяльності»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІСТ-23м,
спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерна інструментальна технологія»



Олександр ОТЛУБНИЙ

Керуєць: д.т.н., проф. кафедри АІП



Владислав КАБАЧНИК

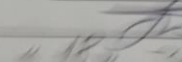
«10»

06

2024 р.

Виконав:

проф. каф. КСУ



Микола БИНКОВ

«13»

06

2024 р.

Затверджено до захисту
на кафедрі інформатичних технологій
д.т.н., проф.



Олександр ОТЛУБНИЙ

«10»

06

2024 р.

2

Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 15 «Автоматизація та приладобудування»
Спеціальність-151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітньо-професійна програма – Інтелектуальні комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АІТ

д.т.н., професор

Олег БІСІКАЛО

“ 12 ” 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на комплексну магістерську кваліфікаційну роботу

Оглоблі Олександра Валерійовича

1. **Тема роботи** Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» Частина 1. Підсистема підтримки викладацької діяльності

керівник роботи Кабачій Владислав Володимирович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ № 81 від 11.03.2024 р.

2. **Строк подання студентом роботи** 10 червня 2024 р.

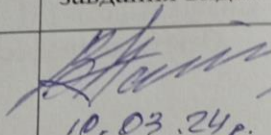
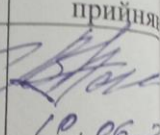
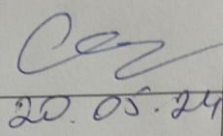
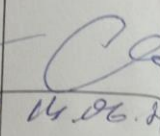
3. **Вихідні дані до роботи** Підсистема електронної підтримки повинна допомагати викладачу розробляти та використовувати в ході навчального процесу різноманітні навчальні мультимедійні матеріали процедурного характеру для формування у студентів професійних знань, що не артикулюються (уміння, досвід, навички, інтуїція). Для посилення процедурного характеру навчального матеріалу підсистема електронної підтримки повинна забезпечувати викладачу можливість виконання тих чи інших проєктних процесів або інформаційних досліджень предметної області у режимі он-лайн з одночасною демонстрацією цих дій студентам у дистанційному режимі. Підсистема електронної підтримки повинна надавати викладачу доступні програмні інструменти загального використання, за допомогою яких він зможе розробляти самостійно спеціальні програмні інструменти для ефективного виконання своєї діяльності, так і для забезпечення ефективної діяльності студентів по освоєнню навчальних матеріалів даної дисципліни

4. **Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно дослідити)

1) Техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування роботи. 2) Проєктування підсистеми підтримки викладацької діяльності у першому навчальному модулі. 3) Проєктування підсистеми підтримки викладацької діяльності у другому навчальному модулі. 4) Економічний розділ

5. **Перелік графічного матеріалу** (з точним зазначенням обов'язкових плакатів)

1) Концепція вдосконаленої підсистеми електронної підтримки. 2) Підтримка проведення циклу лекцій «Основи побудови КФСПП». 3) Підтримка проведення циклу лекцій «Основи проєктування КФСПП». 4) Підтримка розробки навчально-методичного забезпечення студентського практикуму у першому модулі. 5) Підтримка проведення циклу лекцій «Шляхи цифрової трансформації АВП». 6) Підтримка викладацької діяльності з документування результатів онтологічного дослідження предметної області КФСПП

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Володимир ПАПІНОВ, к.т.н., професор кафедри АІТ	 10.03.24 р.	 10.06.24 р.
Економічний розділ	Володимир Козловський, к.е.н., прор. каф. ЕПОВ	 20.05.24 р.	 14.06.24 р.

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дослідження	Строк виконання етапів	Примітка
1. Науково-технічне та техніко-економічне обґрунтування роботи.	15.03.24 р.	
2. Розробка технічного завдання на науково-дослідну роботу	15.03.24 р.	
3. Проєктування підсистеми підтримки викладацької діяльності у першому навчальному модулі	15.04.24 р.	
4. Проєктування підсистеми підтримки викладацької діяльності у другому навчальному модулі	15.05.24 р.	
5. Економічний розділ	31.05.24 р.	
6. Оформлення пояснювальної записки	10.06.24 р.	
7. Захист роботи	з 14.06.24 р. по 30.06.24 р.	

Студент

(підпис)

Олександр ОГЛОБЛ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Владислав КАБАЧІЙ

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 378.162+681.51

Оглобля О.В. Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей». Частина 1. Підсистема підтримки викладацької діяльності. Вінниця: ВНТУ, 2024. 160 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 30 назв; рис.: 45; табл. 9.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблена підсистема електронної підтримки роботи викладача у навчальному процесі дисципліни «Промисловий Інтернет речей». На відміну від існуючої, вона будується на основі інформаційних он-лайн Інтернет-сервісів Google, програмних інструментів Microsoft Office 365 та інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне хімічне виробництво», що дозволяє ефективніше формувати у студентів сучасні фахові компетенції у вигляді професійних знань, що не артикулюються (практичні навички, досвід, інтуїція).

Графічна частина складається з 6 плакатів із результатами роботи.

У економічному розділі розраховано витрати на розробку, абсолютний ефект від впровадження розробки, внутрішню дохідність інвестицій та термін окупності інвестицій.

Ключові слова: система електронної підтримки, навчальна дисципліна, промисловий Інтернет речей, цифрова трансформація, розумне виробництво, кіберфізична система промислового призначення.

ABSTRACT

Ogloblya O,V, System of an electronic sustaining of educational process of discipline «Industrial Internet of things», Part 1. A subsystem of a sustaining of teaching activity. Vinnitsa: VNTU, 2024. 160 p.

In the master's qualifying thesis the subsystem of an electronic sustaining of a job of the teacher in educational process of discipline «Industrial Internet of things» is developed. Unlike existing, it is built on the basis of information online Internet-services Google, software tools Microsoft Office 365 and «virtual chemical manufacture» that allows more high-performancely to form at students modern professional competences in the form of knowledge which are not articulated (practical skills, the tentative, intuition).

The graphic part consists of 6 posters with results of work.

In economic section it is calculated expenses for development, absolute effect from introduction of development, internal profitableness of investments and a time of recovery of outlay of investments.

Keywords: system of an electronic sustaining, subject matter, the industrial Internet of things, digit transformation, clever manufacture, cyberphysical system of an industrial destination

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АТП – автоматизований технологічний процес.

АВП – автоматизований виробничий процес.

АСУВ – автоматизована система управління виробництвом.

АСУТП – автоматизована система управління технологічним процесом.

ІАСУ – інтегрована система автоматизованого управління

КФСПП – кіберфізична система промислового призначення.

ПЛК – програмований логічний контролер.

ЛМІ – людино-машинний інтерфейс.

ФІТА – факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації.

ВНТУ – Вінницький національний технічний університет.

КІСУ – комп'ютерно-інтегрована система управління.

PLC – Programmable Logic Controller.

HMI – Human Machine Interface.

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition.

MES/MOM - Manufacturing Execution System/Manufacturing Operations Management.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУ-	
ВАННЯ РОБОТИ	
1.1 Нові вимоги до компетенцій фахівця спеціальності в епоху	
«Industry 4.0»	
1.2 Задачі викладацької діяльності в навчальному процесі	
дисципліни «Промисловий Інтернет речей»	
1.3 Дослідження існуючої системи електронної підтримки	
навчального процесу	
1.4 Обґрунтування концепції вдосконаленої підсистеми	
електронної підтримки викладацької діяльності	
1.5 Висновки до розділу	
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ВИКЛАДАЦЬКОЇ	
ДІЯЛЬНОСТІ У ПЕРШОМУ НАВЧАЛЬНОМУ МОДУЛІ	
2.1 Підтримка проведення циклу лекцій «Основи побудови	
кіберфізичних систем промислового призначення»	
2.2 Підтримка проведення циклу лекцій «Основи проєктування	
кіберфізичних систем промислового призначення»	
2.3 Підтримка розробки навчально-методичного забезпечення для	
студентського практикуму	
2.4 Висновки до розділу	
3 ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ВИКЛАДАЦЬКОЇ	
ДІЯЛЬНОСТІ У ДРУГОМУ НАВЧАЛЬНОМУ МОДУЛІ	
3.1 Підтримка проведення циклу лекцій «Шляхи цифрової трансформації	
автоматизованого виробництва»	
3.2 Підтримка викладацької діяльності з документування результатів	
онтологічного дослідження предметної області	
3.3 Висновки до розділу	

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	
4.1 Технологічний аудит розробленої підсистеми підтримки викладацької діяльності у складі системи електронної підтримки навчально-го процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей».....	
4.2 Розрахунок витрат на розроблення підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей».....	
4.3 Розрахунок економічного ефекту від можливої комерціалізації нашої розробки	
ВИСНОВКИ	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	
Додаток А (обов’язковий) Технічне завдання на науково-дослідну роботу	
Додаток Б (обов’язковий) Ілюстративна частина	
Додаток В (довідковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	

ВСТУП

Актуальність роботи. Для підвищення якості підготовки фахівців в області автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки на кафедрі АІТ нещодавно введена до навчального плану нова професійно-орієнтована дисципліна «Промисловий Інтернет речей» для магістерського рівня підготовки, яка повинна надати студентам основні теоретичні відомості та практичні знання щодо цифрової трансформації поширеного зараз комп'ютерно-інтегрованого виробництва у «розумне» цифрове виробництво, що функціонує за концепцією «Індустрія 4.0» [1]. Основними формами практикуму у цій дисципліні є практичні заняття та самостійна робота, в ході яких студенти, опираючись на теоретичний матеріал лекцій, отримують практичні знання та набувають професійного досвіду у проєктуванні новітніх систем автоматизації для цифрового виробництва. Тому створення системи електронної підтримки, яка спроможна в ході даного навчального процесу забезпечити ефективними освітніми інструментами викладацьку та студентську діяльність, є, без сумніву, актуальною задачею.

У Вінницькому національному технічному університеті вже тривалий час функціонує система автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу «JetIQ» [2]. Вона призначена, зокрема, для дистанційної інформаційної взаємодії студентів та викладачів в ході навчального процесу, використовуючи для цього цілу низку вбудованих функцій (сервісів). Крім того, для проведення лабораторних та проєктних практикумів з різних професійно-орієнтованих та спеціальних дисциплін спеціальності 174 на кафедрі АІТ створена сучасна комп'ютеризована лабораторія, програмно-технічні засоби якої утворюють інформаційно-освітнє середовище типу «віртуальне хімічне виробництво», яке функціонує за поширеною зараз концепцією комп'ютерно-інтегрованого виробництва «Індустрія 3.0» [3-6]. Це «віртуальне хімічне виробництво» включає основні

та допоміжні технологічні процеси, а також різноманітні обслуговуючі технічні процеси.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення на основі існуючої системи автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу «JetIQ» ВНТУ та існуючого інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне хімічне виробництво» кафедри АІТ ВНТУ системи електронної підтримки навчального процесу, яка підвищить ефективність викладацької та студентської діяльності, спрямованих на вирішення основних задач професійно-орієнтованої дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

Об'єктом досліджень є навчальний процес підготовки у вищому технічному навчальному закладі магістрів з автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки. Такий об'єкт досліджень відноситься до наукової дисципліни "Інженерна педагогіка".

Предметом досліджень є підвищення ефективності теоретичного та практичного вивчення студентами методів та засобів цифрової трансформації існуючого автоматизованого технологічного/технічного процесу (АТП) у АТП «розумного» цифрового виробництва за рахунок використання в навчальному процесі системи електронної підтримки викладацької та студентської освітньої діяльності.

Задачі досліджень магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Дослідження нових вимог до фахової підготовки магістрів в умовах четвертої промислової революції «Індустрія 4.0».
2. Дослідження основних задач, виконуваних викладачем, в ході навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей».
3. Техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування концепції вдосконаленої системи електронної підтримки навчального процесу.
4. Розробка технічного завдання на науково-дослідну роботу.
5. Архітектурне проектування підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності.

6.Проектування програмних функцій підсистеми для викладацької діяльності в рамках першого модуля дисципліни.

7.Проектування програмних функцій підсистеми для викладацької діяльності в рамках другого модуля дисципліни.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження полягатиме в тім, що на відміну від існуючої, вдосконалена система електронної підтримки будується на основі інформаційних он-лайн Інтернет-сервісів Google, програмних інструментів Microsoft Office 365 та інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне хімічне виробництво», що дозволяє ефективніше формувати у студентів сучасні фахові компетенції у вигляді професійних знань, що не артикулюються (практичні навички, досвід, інтуїція), за рахунок використання студентами в ході лекційного курсу, проєктного практикуму та самостійної роботи навчальних мультимедійних матеріалів процедурного типу, підготовлених викладачем за допомогою вбудованих програмних інструментів.

Практична цінність отриманих результатів дослідження полягатиме в тім, що їх можна буде легко застосувати при створенні аналогічних систем електронної підтримки для підготовки фахівців споріднених галузей знань та спеціальностей.

Апробація результатів дослідження: основні результати виконання магістерської кваліфікаційної роботи були опубліковані в матеріалах щорічної регіональної науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (Вінниця, ВНТУ, 2024 р.) [7].

Наукові дослідження за темою магістерської кваліфікаційної роботи проводились на основі індивідуального завдання, складеного та затвердженого кафедрою автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій ВНТУ, а також розробленого технічного завдання на науково-дослідну роботу (додаток А).

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

1.1 Нові вимоги до компетенцій фахівця спеціальності в епоху «Industry 4.0»

Згідно до поширеної зараз концепції комп'ютерно-інтегрованого виробництва «СІМ» (Computer Integrated Manufacturing) усі наявні на виробництві системи управління повинні бути інтегрованими у єдину систему, що здійснює координоване управління усією діяльністю підприємства – бізнесом, виробництвом, технологічними процесами [8, 9]. Така будова комп'ютерно-інтегрованого виробництва може бути відображена у вигляді класичної піраміди автоматизованого управління за концепцією «Індустрія 3.0» (І3.0) (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 - Класична піраміда автоматизованого управління за концепцією І3.0

Ця концепція управління пропонувала суворе пірамідальне упорядкування у всьому:

- в алгоритмах організаційного й автоматичного управління процесами;
- в інформаційному обміні (field device <--> ICS <--> MES/MOM <--> ERP);
- в архітектурі: рівні управління чітко розподілені між АСУТП (ICS), АСУВ (MES/MOM), АСУП (ERP);
- в обслуговуванні, технологіях, обчислювальній техніці (для обладнання: або «фізична частина – механіки», або «силова частина електрообладнання – електрики», або «датчики, виконавчі механізми, прилади, несилова частина електрообладнання – відділ КВПіА»; для комп'ютерної інфраструктура: «інформаційні технології – обчислювальна техніка - АСУТП, КВПіА; в освіті: «лектор → студент»).

Як показав світовий досвід, щоб повністю використовувати весь потенціал цієї концепції комп'ютерно-інтегрованого виробництва, у свій час були реалізовані швидкі та ефективні зміни на ринку праці, а точніше, у принципах навчання фахівців відповідних спеціальностей та формування у них усіх потрібних компетенцій [10, 11]. На рисунку 1.2 показаний каркас (шаблон) моделі компетенцій фахівців в області автоматизації, потрібних для реалізації у промисловості концепції «Індустрія 3.0» (I3.0).

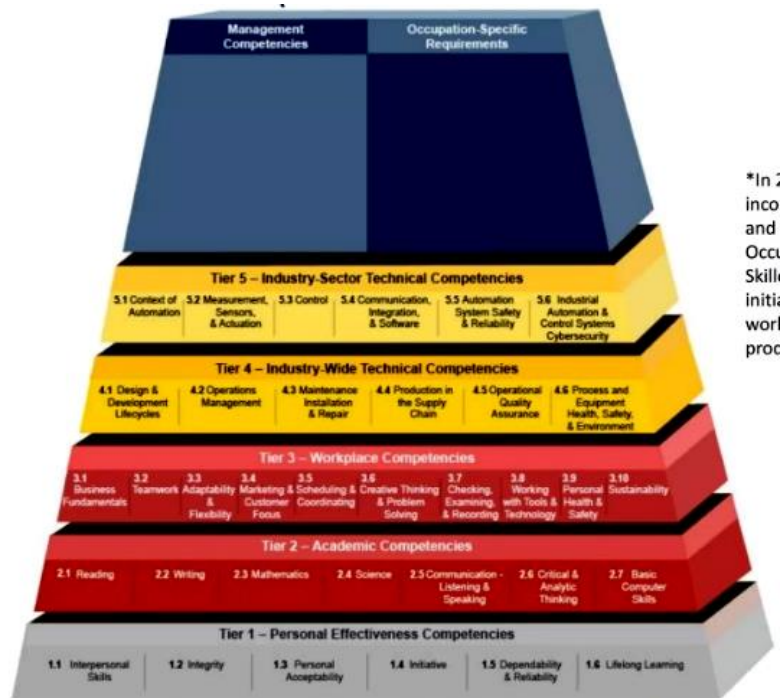


Рисунок 1.2 - Каркас моделі компетенцій фахівців для області «Automation»

Розглянемо детальніше окремі яруси цієї моделі. Для ярусу 1 «Особисті Компетенції для Ефективності» (Personal Effectiveness Competencies) модель означає такі:

1. Міжособистісні навички (Interpersonal Skills), тобто демонстрація здатності ефективно працювати з іншими людьми.
2. Цілісність (Integrity), тобто відображення прийнятої соціальної і трудової поведінки.
3. Особиста прийнятність (Personal Acceptability), тобто підтримка соціально прийнятного поведження.
4. Ініціативність (Initiative), тобто демонстрація готовності до роботи.
5. Надійність (Dependability and Reliability), тобто відображення відповідальної поведінки на роботі.
6. Навчання протягом усього життя (Lifelong Learning), тобто відображення бажання вчитися і застосовувати нові знання та навички.

Для ярусу 2 «Академічні Компетенції» (Academic Competencies) модель означає такі:

1. Читання (Reading), тобто розуміння письмової української і англійської в документах, пов'язаних з роботою.
2. Написання (Writing), використання української і стандартної англійської мови для збору інформації та підготовки письмових звітів.
3. Математика (Mathematics), тобто використання математичних принципів алгебри, геометрії і тригонометрії для вирішення завдань.
4. Наука (Science), тобто знання та застосування наукових принципів і методів для вирішення завдань.
5. Спілкування, комунікативність (Communication - Listening and Speaking), тобто здатність уважно слухати інших й говорити українською та англійською досить добре, щоб зрозуміли інших.
6. Критичне та аналітичне мислення (Critical and Analytic Thinking), тобто використання логіки, міркувань і аналізу для вирішення завдань.
7. Основи роботи з комп'ютером (Basic Computer Skills), тобто вміння використовувати комп'ютер і відповідні прикладні програми для введення і знаходження інформації.

Для ярусу 3 «Робочі Компетенції» (Workplace Competencies) модель означає такі компетенції:

1. Бізнес основи (Business Fundamentals), тобто знання основних принципів ведення бізнесу, тенденцій і економіки.
2. Робота в команді (Teamwork), тобто спільна робота з іншими для виконання робочих завдань.
3. Адаптивність і гнучкість (Adaptability and Flexibility), тобто готовність до змін (позитивних або негативних) і значних розмаїть на робочому місці.

4. Маркетинг і фокус на замовнику (Marketing and Customer Focus), тобто здатність активного пошуку способів визначення потреб ринку і задоволення замовника, клієнта або потреби зацікавленої сторони (stakeholder).
5. Планування та координація (Scheduling and Coordinating), тобто планування і встановлення пріоритету роботи для керування часом і ефективного виконання поставлених завдань з максимальною ефективністю.
6. Творче мислення і вирішення завдань (Creative Thinking and Problem Solving), тобто застосування навичок творчого мислення для вирішення завдань шляхом створення, оцінювання та реалізації рішень.
7. Перевірка, ревізування і записування (Checking, Examining, and Recording), тобто введення, списування, записування, зберігання та підтримування інформації в письмовому або електронному/цифровому форматі.
8. Робота з інструментами і технологіями (Working with Tools and Technology), тобто вибір, використання і підтримання інструментів і технологій для полегшення трудової діяльності.
9. Особиста гігієна і безпека (Personal Health and Safety), тобто дотримання процедур безпечного і здорового робочого середовища.
10. Стабільність (Sustainability), тобто розуміння того, що задоволення потреб нинішнього покоління без шкоди для можливості майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби.

Для ярусу 4 «Загальні Технічні Компетенції» (General Technical Competencies) модель означає такі компетенції:

1. Життєвий цикл (Design and Development Lifecycles), тобто аналіз, проектування і розробка рішень для контролю і управління виробництвом.

2. Операційний менеджмент (Operations Management), тобто проєктування, яке підтримує планування виробництва і процесу для задоволення вимог.
3. Технічне обслуговування, монтаж і ремонт (Maintenance, Installation, and Repair), тобто підтримування і оптимізація технології на підтримку процесу або технологічного обладнання та систем.
4. Виробництво в ланцюжку поставок (Production in the Supply Chain), тобто планування і контроль за переміщенням і зберіганням матеріалів і виробів за погодженням з постачальниками, внутрішніх систем та замовників.
5. Оперативний контроль якості (Operational Quality Assurance), тобто забезпечення відповідності продукту і процесу вимогам до якості, як це визначено специфікацією замовника.
6. Процеси і обладнання для здоров'я, безпеки та охорони навколишнього середовища (Process and Equipment Health, Safety, and Environment), тобто обладнання, методики і процедури, які сприяють здоровому та безпечному робочому середовищу.

Для ярусу 5 «Спеціалізовані Технічні Компетенції» (Specific Technical Competencies) модель означає такі компетенції:

1. Контекст автоматизації (Context of Automation), тобто знання систем, процесів, програм та стандартів, що підтримують розробку та застосування автоматизації.
2. Вимірювання, датчики і виконавчі механізми (Measurement, Sensors, and Actuation), тобто знання функціонування пристроїв первинного перетворення, вимірювань і виконавчих пристроїв, необхідних для автоматизації.
3. Управління (Control), тобто забезпечення передбачуваного, стабільного і узгодженого функціонування на заданих якісних рівнях з визначеними варіаціями.

4. Комунікації, інтегрування та програмне забезпечення (Communication, Integration, and Software), тобто розробка та впровадження інфраструктури для систем автоматизації.
5. Системи автоматизації підвищеної функціональної безпеки та надійності (Automation System Safety and Reliability), тобто розуміння, проєктування та впровадження функціонально-безпечних і надійних систем машин, процесів управління та безпеки.
6. Кібербезпека автоматизованих систем управління (Industrial Automation and Control Systems (IACS) Cybersecurity), тобто знання, навички та вміння, необхідні для розуміння мети і реалізації функцій кібербезпеки в експлуатаційній технології, в тому числі знання утиліт і систем.

Сьогодні область промислової автоматизації знаходиться у стані поступового переходу від поширеної концепції «Індустрія 3.0» до реалізації перспективної концепції «Індустрія 4.0», яка передбачає створення «розумних» цифрових виробництв. При цьому поступово формуються і нові вимоги до професійних якостей фахівців відповідних спеціальностей. Нижче наведений перелік тих професій, які потрібні для області промислової автоматизації у перехідний період її розвитку «Automation I3.0+» [12]:

1. Automation Technician (слюсар КВПіА).
2. Control Software Engineer (програміст АСУТП).
3. Control Systems Engineer (інженер АСУТП).
4. Advanced Control Engineer (Advanced Process Control Engineer, Optimization Engineer, Simulation Engineer).
5. Enterprise Integration Engineer (інженер АСУ).
6. Automation Network Engineer (інженер мереж АСУ).
7. Automation Sales-Marketing Professional (Менеджер-Маркетолог).

Разом з переліком потрібних професій змінюється і модель компетенцій фахівців в області промислової автоматизації (рисунок 1.3) [11].

Подальший стан комп'ютерно-інтегрованого виробництва, який отримав назву «Індустрія 4.0», характеризується зовсім іншою архітектурною будовою ніж згадана вище піраміда управління «І3.0» (див. рисунок 1.1).

Ця архітектурна модель отримала назву RAMI4.0 (рисунок 1.4) [13] і характеризується такими особливостями:

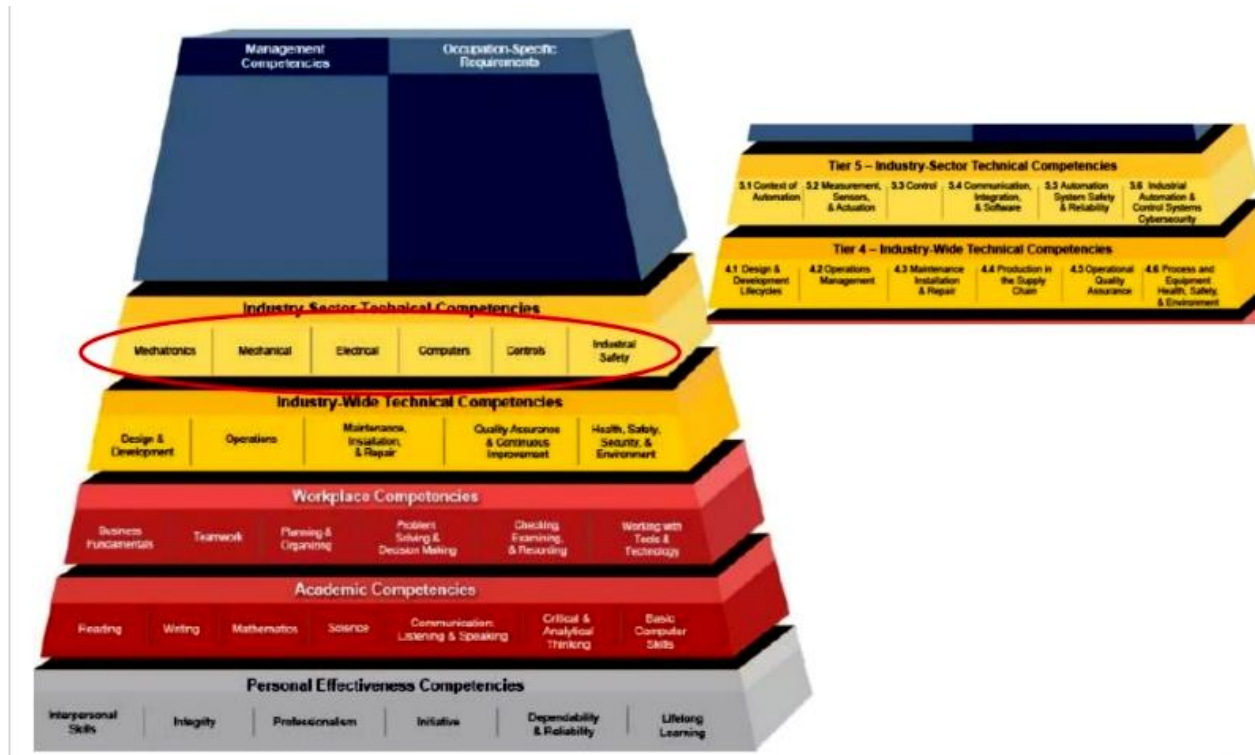


Рисунок 1.3 – Каркас моделі компетенцій фахівців для нової області «Mechatronics/Automation» (І3.0+)

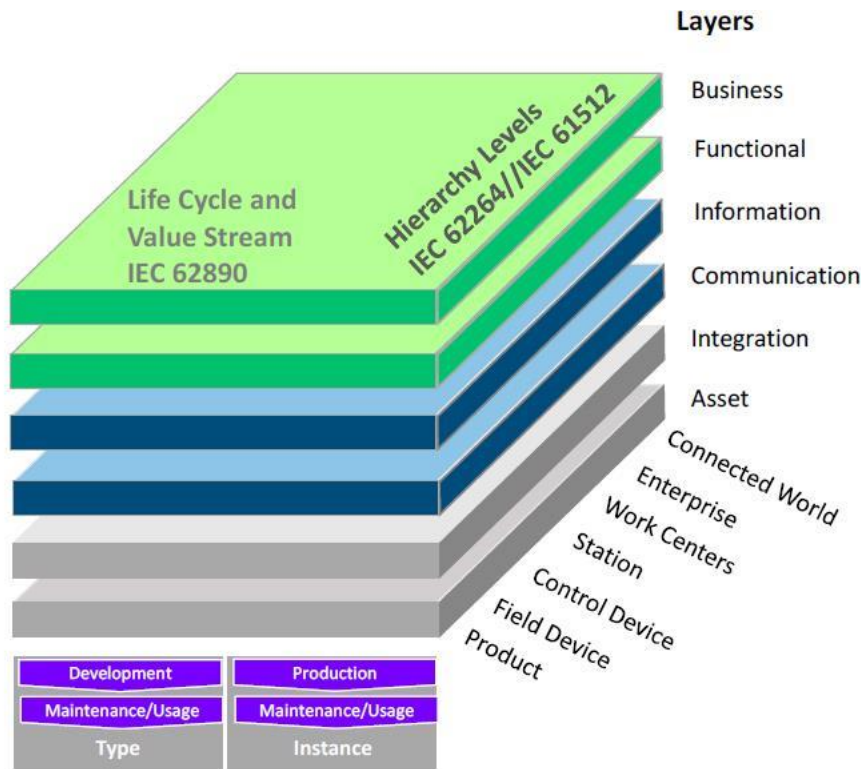


Рисунок 1.4 – Референтна архітектурна модель RAMI4.0

- перехід від пірамідальної будови до повної максимально розподіленої з обов'язковим інформаційним зв'язком з іншими цифровими виробництвами у всьому світі;
- максимальна децентралізація функцій між складовими частинами;
- повна цифровізація операційних процесів та інтелектуалізація всіх виробничих активів, в тому числі і продукту (product -> asset);
- абсолютна гнучкість виробничого процесу, технологічного устаткування і промислових систем автоматизації;
- міцна інформаційна інтеграція усіх керуючих систем по вертикалі і горизонталі.

Для реалізації такої складної архітектурної моделі на конкретних промислових підприємствах у вигляді відповідних систем автоматизації «розумного» цифрового виробництва будуть потрібні фахівці в області

автоматизації, які володіють новими компетенціями. Чіткі означення цих компетенцій тільки формуються, але зараз можна вже вказати на деякі з їх характерних особливостей [14, 15]:

- повна автоматизація рутинної роботи (пропадуть деякі традиційні професії в області автоматизації, наприклад монтажники щита автоматики);
- гнучкість персоналу, який є важливим активом виробництва (asset), по відношенню до його графіку роботи;
- вміння працювати з клієнтами;
- вміння працювати в "розподіленій" команді;
- кращі комунікації між спеціалістами в різних галузях;
- робота в міждисциплінарних командах;
- вміння швидко і ефективно вирішувати різноманітні задачі;
- володіння абстрактним мисленням;
- вміння для менеджерів ефективно користуватися соціальними мережами.

Крім цього, фахівці з автоматизації «розумного» цифрового виробництва обов'язково повинні будуть знати технологічні основи будови та експлуатації відповідних промислових систем автоматизації, які отримали назву – кіберфізичні системи. На рисунку 1.5 показані основні з цих цифрових технологій, які використовуються у промисловому Інтернеті речей для створення промислових кіберфізичних систем (КФС).

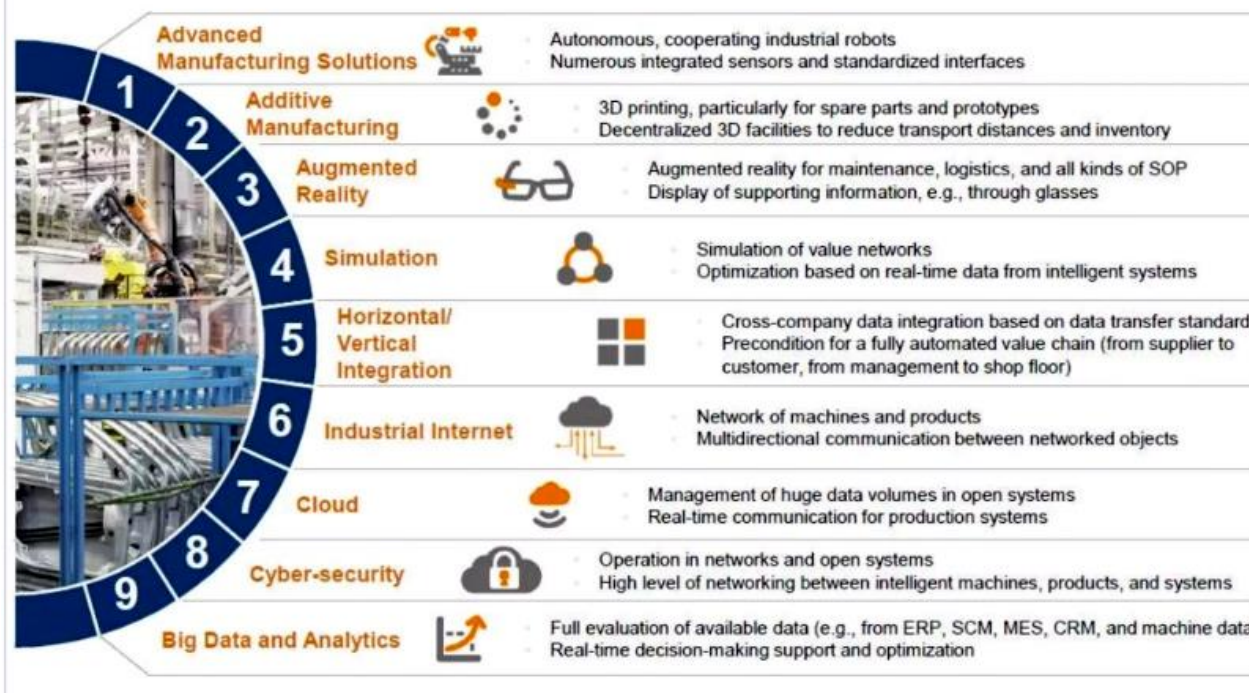


Рисунок 1.5 – Технологічна база промислових кіберфізичних систем

У зв'язку з таким різноманіттям технологій, кількість яких з часом стрімко зростає, фахівці з промислової автоматизації (бакалаври, магістри, інженери) вже зараз повинні набувати такі професійні компетенції:

- мережні технології;
- інтернет речей;
- робота з даними (аналіз великих даних, статистика);
- міждисциплінарність (спеціальні компетенції в області механіки, електрики, керування та ІТ у тісному їх взаємозв'язку);
- кібербезпека;
- хмарні обчислення;
- робототехніка + штучний інтелект;
- моделювання процесів та продуктів;
- економічні знання;
- машинне навчання;
- прогнозування;

Саме такі компетенції отримують зараз студенти при організації їх навчання у такій сучасній освітній формі як «навчальна фабрика» («Learning Factory») (рисунок 1.6) [16].

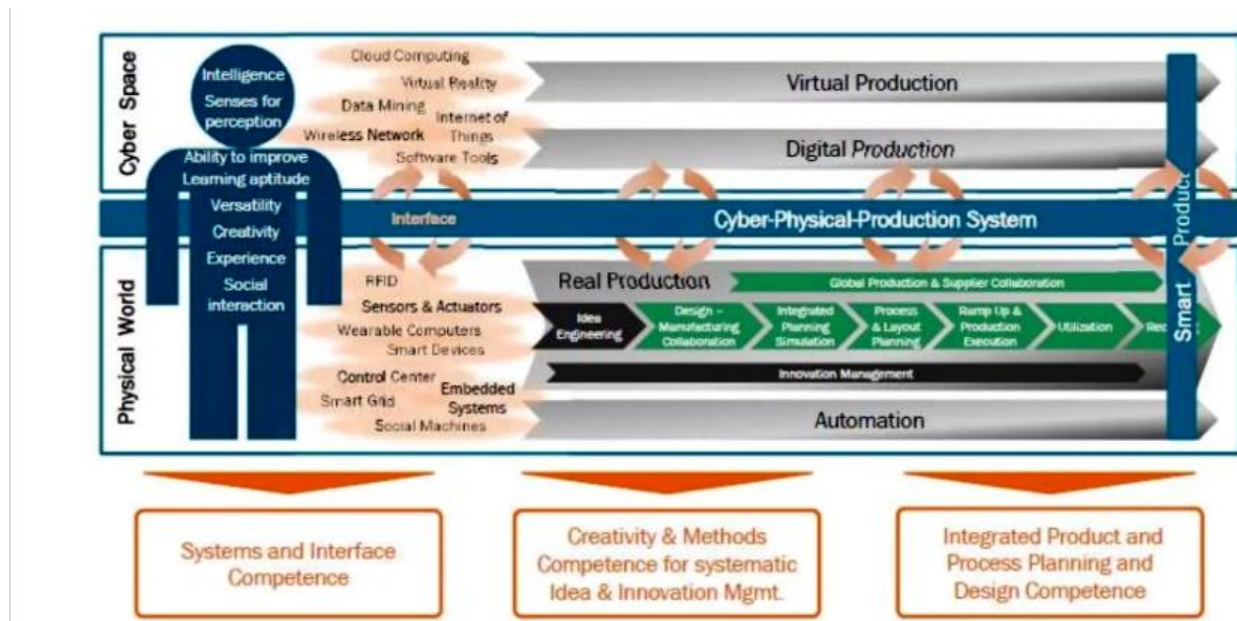


Рисунок 1.6 – Індустрія 4.0: основні вимоги до компетенцій фахівців

На рисунку 1.7 показані усі основні професії фахівців в області промислової автоматизації, які потрібні для виконання процесів проєктування, впровадження та експлуатації будь-яких кіберфізичних систем автоматизації виробництва. Основною особливістю цього переліку професій є поява професії інженера (фахівця) з системи систем (System of Systems Engineer). Областями його знань (компетенцій) є «Інформаційні та телекомунікаційні технології» (Information & Communication Technology), «Кіберфізичні системи» (Cyber Physical Systems) та «Реальне виробництво» (Real Production).

Виходячи з мети даної магістерської кваліфікаційної роботи, дисципліна «Промисловий Інтернет речей», яка викладається для магістрів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», повинна

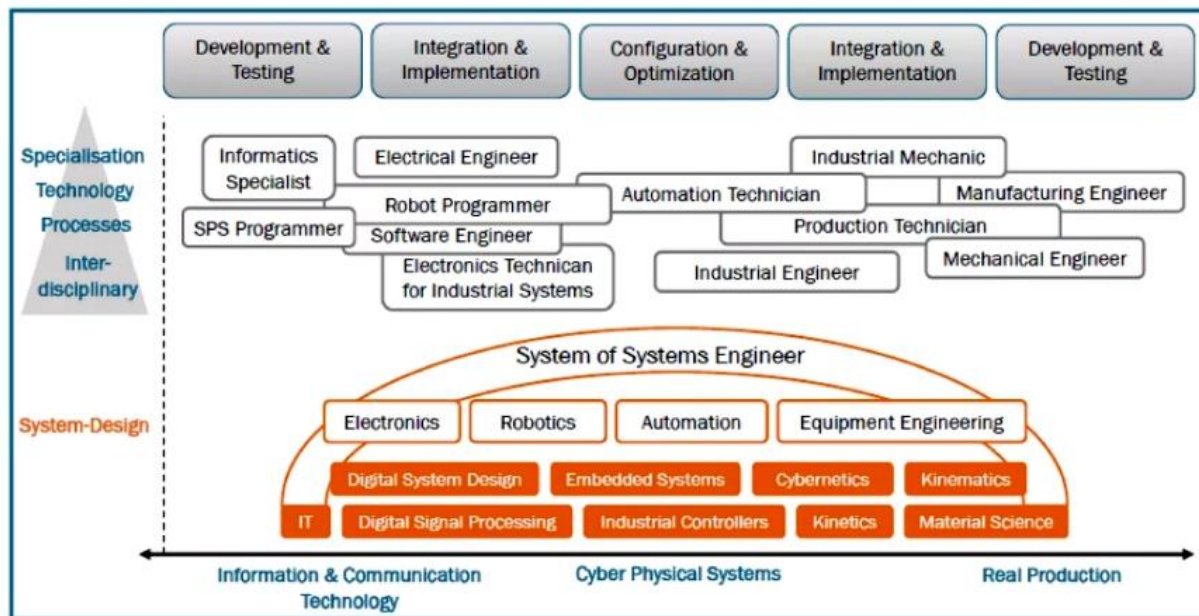


Рисунок 1.7 – Основні інженерні професії для кіберфізичного виробничого середовища

формувати у студентів ті основні компетенції, які необхідні саме для зазначеної нової професії інженера (фахівця) – інженер (фахівець) з системи систем (System of Systems Engineer).

Тоді, завдяки цим компетенціям, магістри спеціальності зможуть у подальшому ефективно здійснювати свою діяльність при проєктуванні, впровадженні та експлуатації кіберфізичного виробничого середовища для «розумного» цифрового підприємства.

Але, щоб цього досягти, треба відповідним чином організувати навчальний процес з даної дисципліни:

- по-перше, ув'язавши його з іншими професійними навчальними дисциплінами для формування у студента такої важливої компетенції як «Міждисциплінарність»,
- по-друге, застосувавши ефективну систему електронної підтримки навчального процесу, яка б дозволяла викладачу формувати у студентів міцні професійні знання, що не артикулюються (досвід, навички, вміння, інтуїція тощо).

2 Задачі викладацької діяльності в навчальному процесі з дисципліни

«Промисловий Інтернет речей»

Згідно з діючою робочою програмою дисципліна «Промисловий Інтернет речей» базується на таких дисциплінах, як «Веб-технології», «Основи комп'ютерно-інтегрованих технологій», «Аналіз і моделювання систем», «Електроніка та мікропроцесорна техніка», «Технічні засоби автоматизації», «Інформаційно-комунікаційні технології в системах автоматизації», «Теорія автоматичного управління», «Хмарні технології», «Проектування систем автоматизації», «Кіберфізичні системи автоматизації виробництва», «Інтернет речей», «Робототехніка» та «Стандарти та проектування комп'ютерно-інтегрованих систем управління».

Мета викладання даної навчальної дисципліни полягає в тім, щоб надати студентам відповідні систематизовані теоретичні знання будови та функціонування систем автоматизації (промислових кіберфізичних систем) на основі промислового Інтернету речей для цифрового підприємства, працюючого за концепцією «Індустрія 4.0» (I4.0) та сформувати практичні навички (досвід, уміння) їх концептуального й ескізного проектування.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Промисловий Інтернет речей» є

- ознайомитись з онтологією предметної області та діючими стандартами промислового Інтернету речей (Industrial Internet of Things, IIoT), що реалізує автоматизоване управління виробництвом на основі різних за масштабом кіберфізичних систем;
- ознайомитись з основними методами та програмно-технічними засобами реалізації локальних кіберфізичних систем

автоматизації технічних та технологічних процесів промислового підприємства;

– ознайомитись з основними методами та програмно-технічними засобами реалізації кіберфізичних систем автоматизації виробничих процесів промислового підприємства.

З урахуванням цього навчальний процес з даної дисципліни логічно зв'язується з навчальними процесами з низки інших професійних дисциплін, як це показано на рисунку 1.8, при цьому теоретичні знання та практичні результати студентів в рамках цих дисциплін активно використовуються у лекційному курсі та проектному практикумі дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

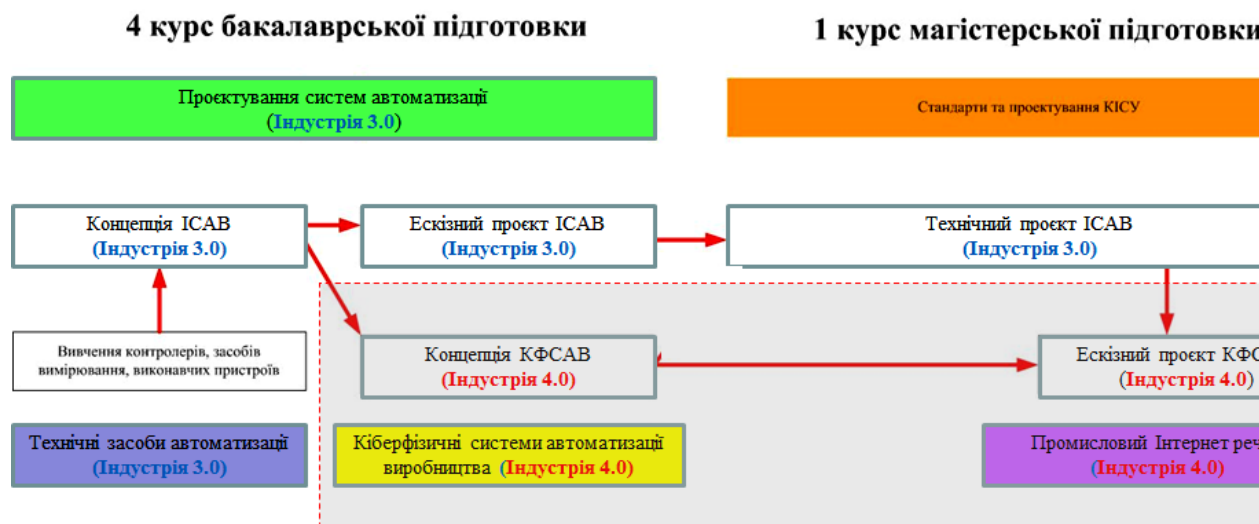


Рисунок 1.8 – Зв'язок дисципліни «Промисловий Інтернет речей» з іншими професійними дисциплінами спеціальності

На рисунку позначені такі предмети вивчення окремих дисциплін – ІСАВ (інтегрована система автоматизації виробництва, яка побудована за концепцією «Індустрія 3.0») та КФС АВ (кіберфізична система автоматизації виробництва, яка побудована за концепцією «Індустрія 4.0»). Для магістерського рівня підготовки паралельно з дисципліною «Промисловий

Інтернет речей» викладається дисципліна «Стандарти та проєктування комп'ютерно-інтегровані системи управління», яка надає теоретичних знань та практичного досвіду у проєктуванні промислових комп'ютерно-інтегрованих систем за концепцією «Індустрія 3.0».

Таким чином, виходячи з описаних вище професійних компетенцій для фахівців з промислової автоматизації «розумних» цифрових виробництв, така організація навчального процесу забезпечує одну із головних з них – «Міждисциплінарність».

Виходячи також з мети та задач навчальної дисципліни «Промисловий Інтернет речей», що описані вище, її навчальний процес (лекції, практикум, самостійна робота студентів) організований таким чином, щоб студент за час навчання зміг в рамках існуючої зараз у світі оптимальної стратегії цифрової трансформації виробництва не тільки вивчити її методичні основи, а її практично виконати цифрову трансформацію існуючого реального автоматизованого технологічного/технічного процесу (АТП) або автоматизованого виробничого процесу (АВП) у більш досконалий автоматизований процес на основі промислової кіберфізичної системи (рисунок 1.9).



Рисунок 1.9 – Навчальний процес цифрової трансформації

Як видно з рисунку, в процесі навчальної цифрової трансформації студент повинен, використовуючи інструмент «Промисловий Інтернет речей» вдосконалити існуючу інтегровану систему автоматизації (ІСА) деякого технологічного або виробничого процесу (ТП, ВП), побудованої за концепцією «Індустрія 3.0», шляхом проєктування більш ефективної промислової кіберфізичної системи (КФС), побудованої вже за концепцією «Індустрія 4.0».

На рисунку 1.10 показана існуюча зараз у світовій практиці оптимальна стратегія такої цифрової трансформації реального автоматизованого виробництва [17].

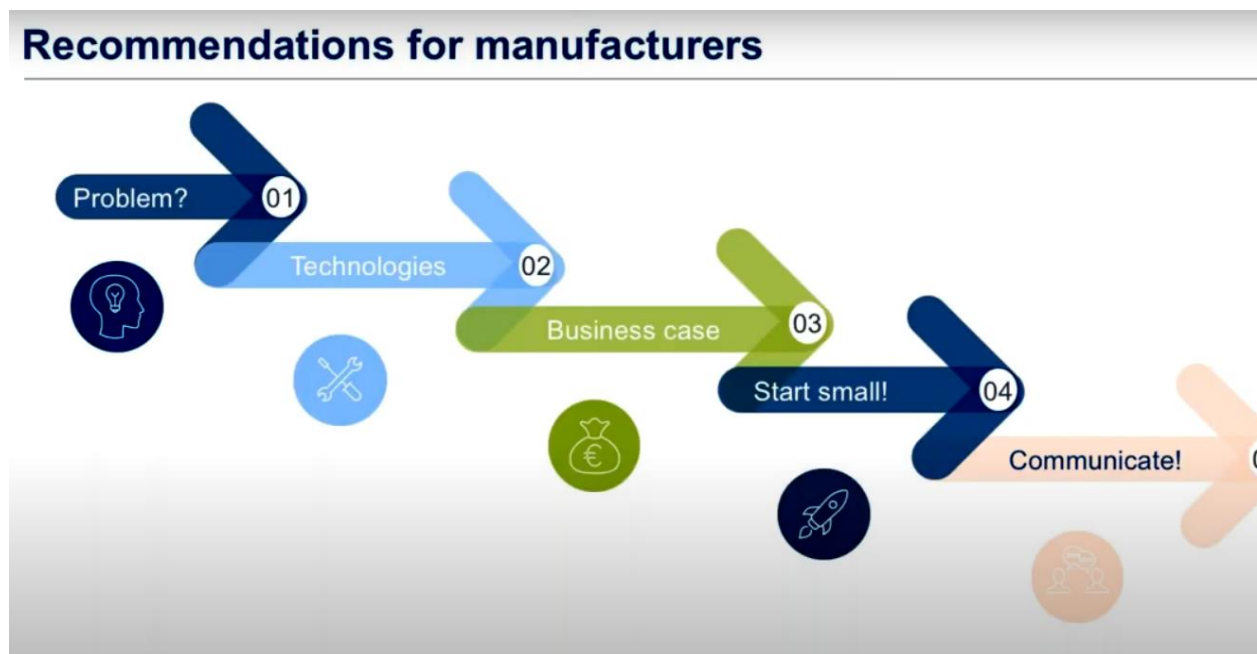


Рисунок 1.10 – Оптимальна стратегія цифрової трансформації автоматизованого виробництва

Ця стратегія включає такі основні стадії:

- виявлення існуючої на автоматизованому виробництві проблеми;

- вибір тих сучасних цифрових технологій, які здатні вирішити цю проблему;
- розроблення бізнес-плану щодо потрібних інновацій, який включатиме концепцію цифрової трансформації автоматизованого виробництва;
- виконання невеликого за масштабом проєкту 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 покладена в основу схеми організації навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» (рисунок 1.11).

Ця схема дозволяє досягти в процесі навчання ту мету даної навчальної дисципліни, яка зазначена вище, а також повністю вирішити усі основні задачі даної дисципліни, що вказані в її робочій навчальній програмі.



Рисунок 1.11 – Схема організації навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»

Як видно з рисунку, навчальний процес розділений на два основні модулі (М1 та М2). В ході лекційного курсу та самостійної роботи в рамках модуля М1 вивчаються особливості концептуального та архітектурного проєктування кіберфізичних систем промислового призначення (КФСПП), в результаті чого, по-перше, формуються відомості про компоненти та властивості цих КФСПП (на основі дослідження вже існуючих проєктних рішень), по-друге, описуються способи концептуального та архітектурного проєктування КФСПП з заданими властивостями.

Одночасно проводиться проєктний практикум з даної дисципліни, в ході якого студенти на практиці навчаються аналізувати реальний АТП/АВП та виявляти в ньому існуючі проблеми, які далі можна буде вирішити шляхом проєктування та впровадження на реальному виробництві відповідної КФСПП. При цьому студенти використовують спеціальну методику структурованого аналізу реального АТП/АВП, яка заснована на знанні архітектурної будови КФСПП, яка вивчається у лекційному курсі. При застосуванні цього структурованого аналізу використовується також перелік властивостей КФСПП, який теж формується в ході лекційного курсу та самостійної роботи студентів.

В ході наступного основного модуля даної дисципліни М2 у лекційному курсі вивчаються існуючі на даний момент часу способи цифрової трансформації реального АТП/АВП, які являють собою практичну реалізацію тих чи інших КФСПП з застосуванням новітніх цифрових технологій (віртуальна реальність, аналітичні платформи, штучний інтелект, «розумні» роботи і т. п.). В результаті такого теоретичного курсу поступово формуються практичні рекомендації для виконання процесу цифрової

трансформації, що на практиці вивчається студентами в рамках проєктного практикуму.

Проєктний практикум даного основного модуля присвячений індивідуальному практичному проєктуванню студентами концептуального і архітектурного рішення КФСПП для цифрової трансформації того реального АТП/АВП, який студенти аналізували під час попереднього модуля М1.

Дослідимо тепер детальніше ту діяльність учасників навчального процесу (викладач, студент), яку вони повинні здійснювати для виконання мети та задач даної навчальної дисципліни.

Як було зазначено вище, цифрова трансформація будь-якого існуючого реального АТП/АВП являє собою процес поступового його перетворення у більш досконаліший його варіант, що відповідає рекомендаціям перспективної концепції цифрового виробництва – «Індустрія 4.0» (I4.0). Вище була запропонована схема організації навчального процесу з даної дисципліни, яка забезпечує як вивчення теоретичних основ виконання студентами двох основних стадій цього процесу («Аналіз існуючого реального АТП/АВП», «Проєктування промислової кіберфізичної системи», так і практичне виконання ними цих стадій за індивідуальними завданнями в рамках відповідного проєктного практикуму.

Кожна з вказаних стадій вивчається та виконується студентами в рамках двох модулів навчальної дисципліни, кожний з яких складається з набору обов'язкових задач (дій) як викладача, так і студента, виконуваних ними у певному порядку та з залученням відповідних програмно-технічних засобів підтримки навчального процесу.

Згідно з цією схемою, на стадії «Аналіз існуючого реального АТП/АВП» проєктного практику з даної дисципліни студент повинен порівняти будову та принцип дії існуючого реального АТП/АВП з властивостями більш досконалого АТП цифрового «розумного» виробництва і виявити в результаті такого порівняння основні недоліки існуючого реального АТП/АВП, склавши відповідний їх перелік. Таким чином,

алгоритм практичного вивчення даної стадії цифрової трансформації реального АТП/АВП виглядає так, як показано на рисунку 1.12.

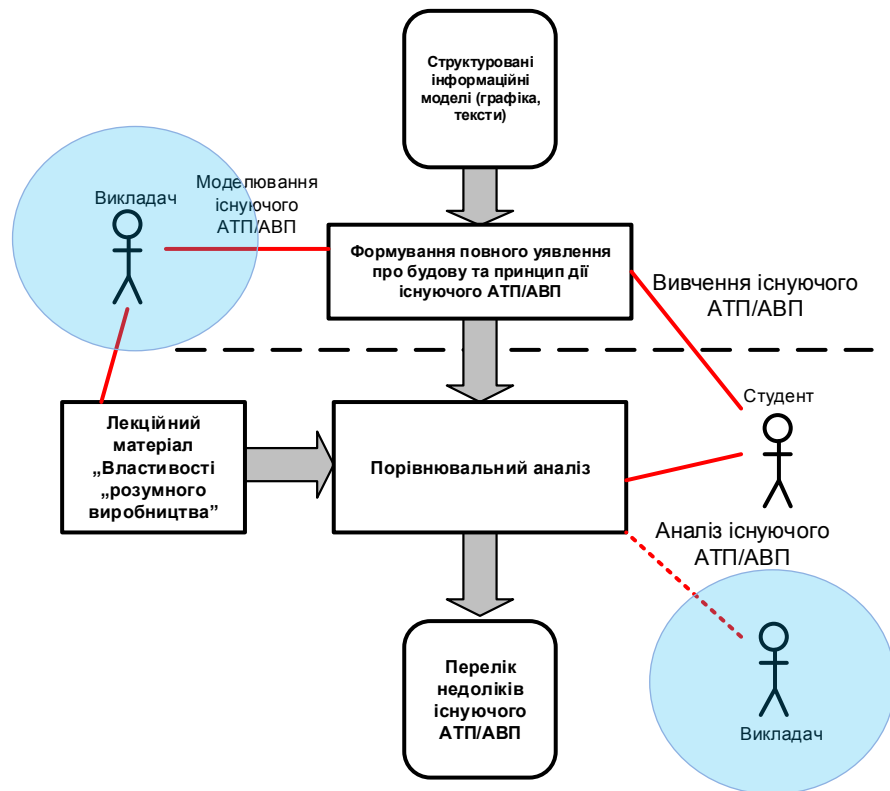


Рисунок 1.12 – Схема підготовки та практичного виконання стадії «Аналіз існуючого АТП/АВП»

Викладач перед початком вивчення даної стадії цифрової трансформації повинен розробити повний комплект структурованих навчально-методичних матеріалів у вигляді моделей існуючого реального АТП/АВП (рисунок 1.13), на основі якого студент і зможе шляхом їх ретельного вивчення сформувати повне уявлення про його будову та принцип дії.



Рисунок 1.13 – Викладацькі діяльності при підготовці та виконанні проєктного практикуму

На етапі аналізу цих моделей (див. рисунок 1.12) студент поступово порівнює властивості існуючого реального АТП/АВП (будова та принцип дії) з властивостями «розумного виробництва» (з точки зору його автоматизації). Ці властивості викладач поступово формує в ході лекційних занять, розбираючи на них приклади проєктних рішень існуючих вже промислових кіберфізичних систем та наслідки від їх впровадження на реальних виробництвах. Такі приклади промислових КФС викладач може брати з чисельних Інтернет-ресурсів, які висвітлюють новітню інформацію в галузі промислової автоматизації для «Індустрії 4.0».

В результаті виконання послідовного, все більш детального, аналізу та порівняння студент (при можливій участі викладача) складає перелік тих недоліків реального АТП/АВП, які далі можна буде усунути шляхом впровадження промислової КФС, побудованої на основі концепції «Індустрія 4.0».

Порівнювальний аналіз може виконуватися за участі викладача, наприклад при наданні студенту відповідних консультацій. На жаль, на сьогодні ще не сформоване остаточне визначення поняття «розумне виробництво», де б перелічувались усі його основні властивості. Тому цю інформацію треба формувати шляхом відповідного дослідження предметної області «розумного» виробництва, яке, як зазначалось вище, викладач виконує в ході лекційного курсу.

На стадії «Проектування промислової кіберфізичної системи» проектного практикуму з даної дисципліни викладач та студент повинні також виконувати певну послідовність обов'язкових діяльностей для досягнення кінцевої мети – набуття студентом потрібного обсягу теоретичних знань та практичного досвіду, достатніх для самостійного проектування промислової кіберфізичної системи (рисунк 1.14).

За сценарієм проектного практикуму, існуючий АТП побудований за концепцією «Індустрія 3.0» (І3.0) і тому має суттєві недоліки, які студент самостійно, або за допомогою викладача, виявляє на попередній стадії проектного практикуму (модуль 1 навчальної дисципліни). Тому в результаті цифрової трансформації такого АТП/АВП потрібно далі спроектувати вже більш досконалий АТП/АВП, побудований на основі промислової КФС за концепцією «Індустрія 4.0» (І4.0). Цю стадію проектного практикуму студент повинен виконувати самостійно, але викладач має обов'язково надавати йому відповідні консультації та додаткові роз'яснення. Після того, як студент намітить шляхи вдосконалення існуючого АТП/АВП, вибравши відповідний спосіб чи способи цифрової трансформації, він має обґрунтовано вибрати

відповідні цифрову технологію чи технології, які дозволять реалізувати їх у промисловій КФС.

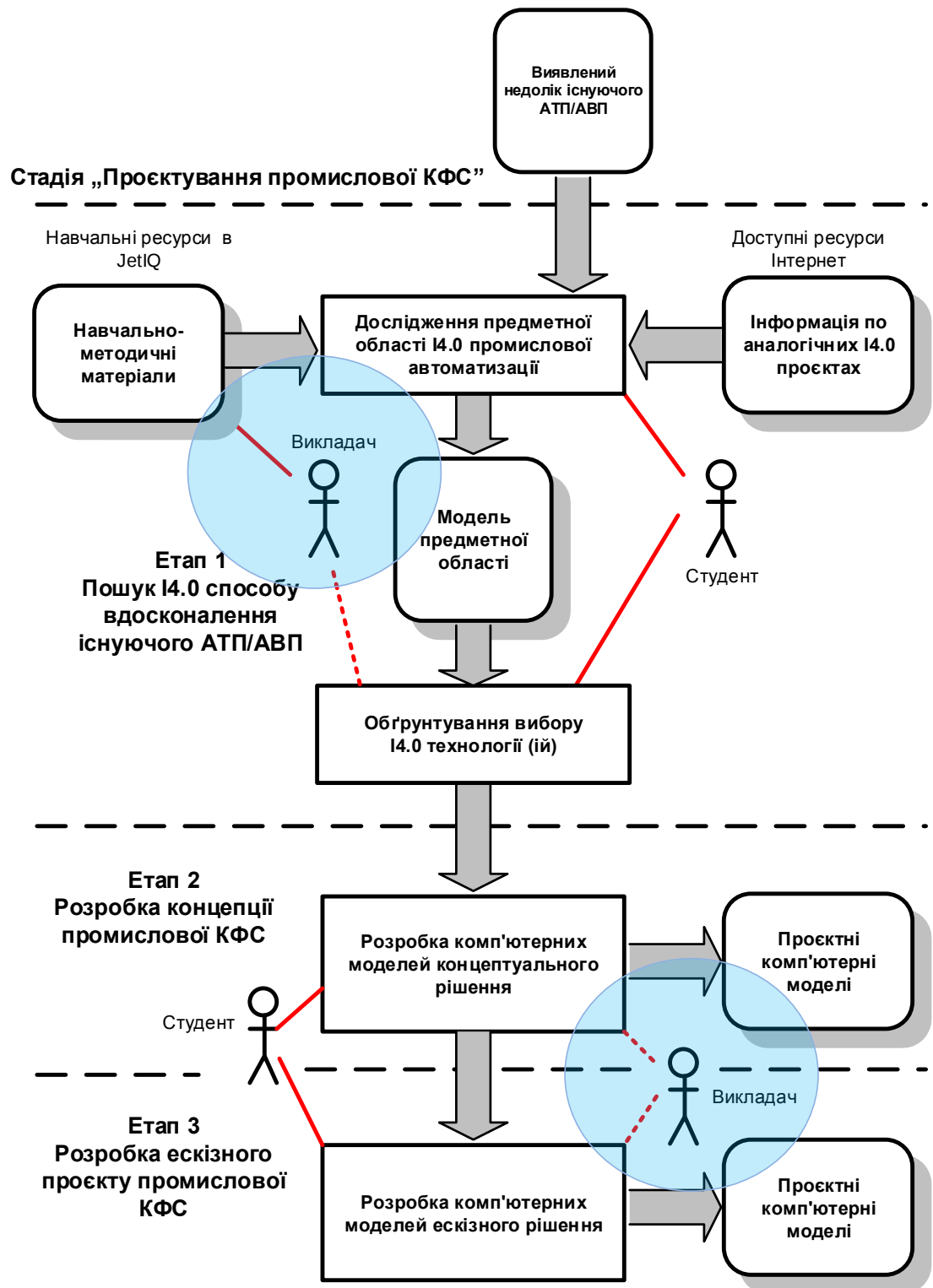


Рисунок 1.14 – Схема підготовки, вивчення та практичного виконання стадії «Проектування промислової кіберфізичної системи»

Щоб кваліфіковано здійснити цей вибір студент обов'язково повинен ретельно дослідити предметну область І4.0 промислової автоматизації, використовуючи при цьому як доступні ресурси Інтернет, так і наявні навчально-методичні матеріали, підготовлені викладачем в рамках даної професійної дисципліни (рисунок 1.15).

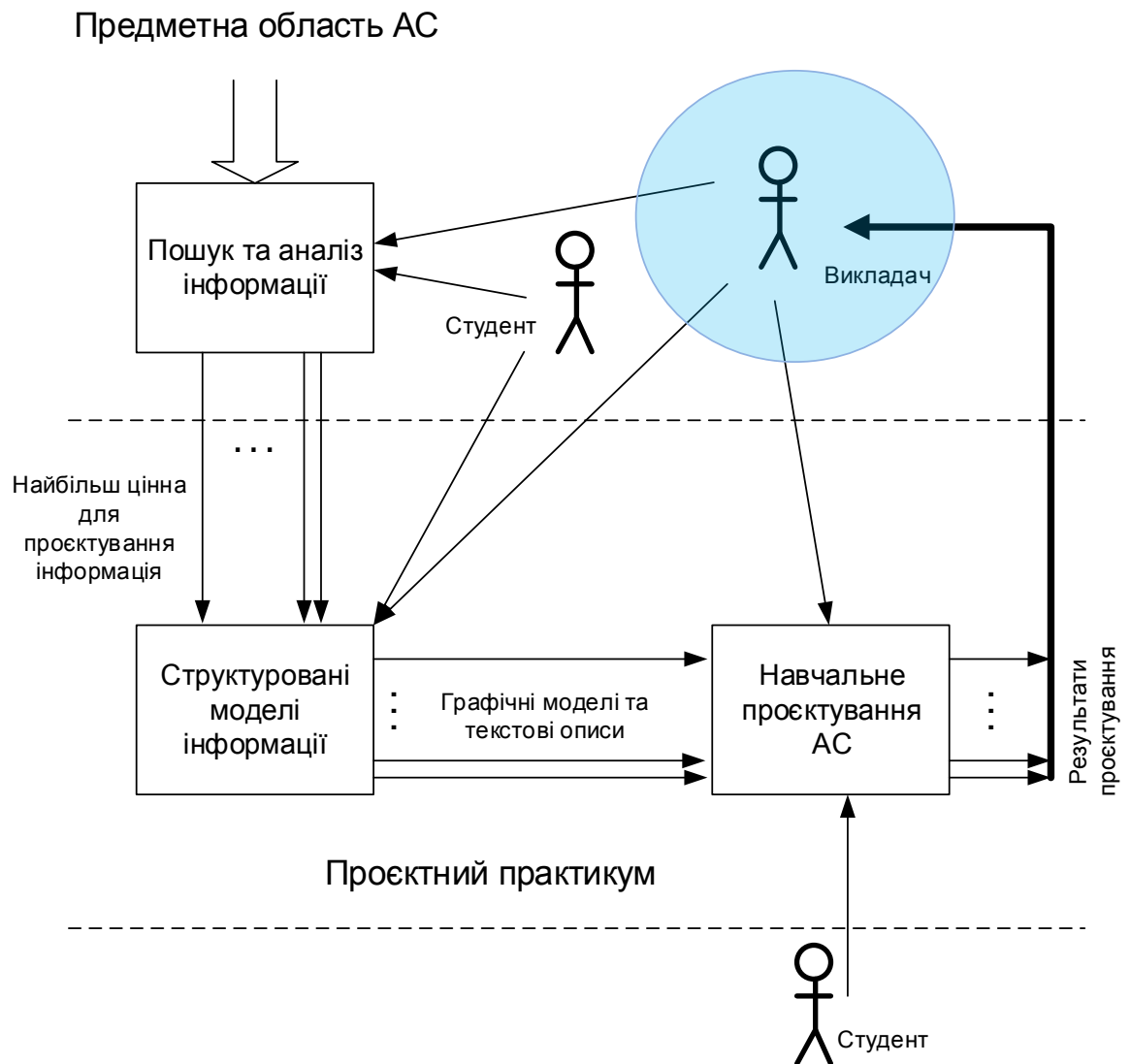


Рисунок 1.15 – Організація пошуку можливих способів цифрової трансформації існуючого АТП/АВП

Коли потрібна технологія або технології цифрової трансформації будуть обґрунтовано вибрані, то студент зможе перейти до виконання

наступного етапу – «Розробка концепції промислової КФС». На цьому етапі для представлення свого бачення цієї концепції студент може використовувати або доступні програмні засоби підтримки навчального процесу, або доступні хмарні сервіси цифрового моделювання того чи іншого виду. Готовий проєкт, що відображає запропоноване концептуальне рішення промислової КФС для конкретного АТП/АВП, буде першим результатом практичного вивчення студентом процесу цифрової трансформації.

Далі студент на основі описаного вище концептуального рішення промислової КФС для існуючого АТП/АВП виконує наступний етап даної стадії – «Розробка ескізного проєкту промислової КФС». Цей етап характеризується більшою деталізацією проєктних рішень і також передбачає активне використання студентом як доступних хмарних сервісів цифрового моделювання того чи іншого виду (наприклад з цифровою симуляцією поведінки трансформованого АТП), так і наявних локальних програмних засобів такого моделювання. Результатом діяльності студента на цьому етапі стане ескізний проєкт цифрової трансформації існуючого АТП/АВП, який повинен бути представлений у вигляді відповідних комп'ютерних моделей, наприклад архітектури промислової КФС. Усі розроблені студентом комп'ютерні моделі ескізного проєкту повинні мати формат, що дозволить викладачу без проблем переглядати їх або на комп'ютерах навчальної лабораторії, або на доступних хмарних сервісах цифрового моделювання, або за допомогою наявних локальних програмних засобів моделювання. Таким чином, ескізний проєкт стане заключним результатом практичного вивчення студентом цифрової трансформації існуючого АТП/АВП в рамках проєктного практикуму з даної дисципліни.

1.3 Дослідження існуючої системи електронної підтримки навчального

процесу

Особливість інформатизації вищої технічної освіти полягає в тому, що вона повинна сприяти не тільки кращому освоєнню майбутніми фахівцями сучасних професійно-орієнтованих інформаційних та телекомунікаційних технологій (ІКТ), але і підсилювати за допомогою цих технологій саму фахову підготовку, що опирається на знання й розуміння фундаментальних фізичних принципів побудови й функціонування технічних об'єктів і процесів в конкретній предметній області.

Це в повній мірі відноситься і до підготовки фахівців з автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій і робототехніки, які в своїй професійній діяльності повинні ефективно використовувати усі наявні на даний момент часу ІКТ для розробки на їх основі промислових систем автоматизації як за концепцією «Індустрія 3.0», так і за перспективною концепцією «Індустрія 4.0».

Як було зазначено вище, зараз формуються нові вимоги до сутності професійного знання (фахових компетенцій), що в умовах бурхливої інформатизації суспільства призвело до виявлення його неоднорідності. Спочатку в ході досліджень із проблем методології науки було запропоновано розрізняти явні й неявні професійні знання [18]. Надалі у зв'язку з активізацією досліджень проблем штучного інтелекту, зокрема експертних систем, ці варіації знання були названі такими, що артикулюються, і такими, що не артикулюються [19].

Частина знання, що артикулюються, відносно легко піддається перетворенню в інформацію, що є зручним засобом передачі знань від викладача до студента [20]. Частина знання, що не артикулюються, являє собою той невловимий, але дуже важливий особистісний компонент знання, що прийнято називати досвідом, інтуїцією й т.п. Ця частина знання охоплює вміння, навички, інтуїтивні образи й інші форми особистісного досвіду, які не можуть бути передані безпосередньо від викладача до студента. Вони

можуть бути «добути» студентом лише в ході самостійної навчальної діяльності,

пов'язаної з рішенням практичних задач.

У дослідженнях проблематики штучного інтелекту виділяють два великих класи комп'ютерних систем - системи декларативного й процедурного типів [21]. Виходячи з цієї класифікації, можна називати електронні засоби навчання для підтримки процесу освоєння частини знань, що артикулюються, декларативними. До їхнього числа можуть бути віднесені системи, що дозволяють накопичувати, зберігати й передавати інформацію навчального призначення за допомогою детермінованих, заздалегідь підготовлених алгоритмів навчання.

Електронні системи для підтримки процесу освоєння частини знань, що не артикулюються, будемо називати процедурними. Ці системи не містять упереджених знань у вигляді інформації. Вони побудовані на основі тих чи інших моделей (математичних, імітаційних), які дозволяють студентам одержувати (добувати) знання про властивості досліджуваних об'єктів, систем або процесів.

Не слід ототожнювати поняття частин знань, що артикулюються і що не артикулюються, з поняттям, відповідно, формалізованих і неформалізованих знань. Нерідко й неформалізовані знання можна представити в упередженому вигляді, наприклад у вигляді опису евристичних правил, і передати їх студентові за допомогою систем декларативного типу.

Необхідно відзначити також, що поділ знань на дві частини, що артикулюються і що не артикулюються, досить умовний. Знання по своїй суті неподільні. Тому правильніше говорити про ті або інші аспекти знання як неподільного цілого. У певній мірі умовним є й розділення комп'ютерних систем підтримки процесу навчання на декларативні й процедурні. Можна говорити лише про більш високий ступінь детермінованості знань і процесів

їхнього вивчення в одних системах і невизначеності знань і свободи процесу їхнього освоєння в інших.

У якості ще однієї з підстав класифікації електронних засобів підтримки професійно-орієнтованого навчального процесу будемо використовувати наступну рубрикацію етапів пізнавальної навчальної діяльності [22, 23]:

- сприйняття;
- осмислення й фіксація знань;
- формування особистісного досвіду (умінь, навичок, професійно-орієнтованої інтуїції);
- проектно-дослідницька, пошукова навчальна діяльність.

Відповідно до цих етапів електронні засоби підтримки навчання можна класифікувати на чотири основні групи.

Перша група включає засоби декларативного типу - друковані матеріали (точніше, їхні електронні копії), аудіокасети і відеокасети. Друковані видання звичайно містять теоретичні матеріали по темі у вигляді навчального тексту й графічних ілюстрацій до нього, рекомендації для викладачів і студентів, збірники задач для інших видів електронних систем навчання. На аудіокасетах і відеокасетах розміщують записи лекцій. Сюди ж можна віднести й електронні ілюстрації звичайних, традиційних лекцій, підготовлені, наприклад, за допомогою редактора мультимедійних презентацій PowerPoint і т.п.

Дидактичний потенціал цих видів електронної підтримки навчання – початкове знайомство з навчальним матеріалом (його сприйняття).

Другу групу також можна віднести до засобів декларативного типу. Це електронні підручники (ЕП), віртуальні навчальні кабінети (ВНК) й тестові комп'ютерні системи, основні дидактичні функції яких - осмислення, закріплення й контроль знань.

Під терміном "Електронний підручник" розуміється програмно-інформаційна система, призначена для самостійної, насамперед теоретичної

підготовки, за допомогою комп'ютера, що утримує структуровану навчальну мультимедіа інформацію, вправи для її засвоєння, тести для самоконтролю й інтерактивні комп'ютерні програми, що реалізують сценарії навчальної діяльності по сприйняттю, осмисленню й закріпленню знань. Таким чином, електронний підручник містить не тільки інформаційну частину, але й програмні засоби, що дозволяють проводити самоконтроль знань і інтерактивний комп'ютерний тренінг по сценаріях, заданим розроблювачами ЕП.

Навчальні віртуальні кабінети подібні по підготовці й роботі з ними з електронними підручниками. Але вони виділені в окремий вид електронного освітнього ресурсу, оскільки їхніми змістовними прототипами є не першоджерела на папері, а натурні експонати реальних навчальних кабінетів з технічними об'єктами, що зібрані й препаровані відповідним чином для їхнього вивчення. Такі кабінети мають велике значення в професійній підготовці фахівців.

У третю групу електронних засобів підтримки навчального процесу входять комп'ютерні (віртуальні) тренажери, віртуальні навчальні лабораторії (ВНЛ) й інші подібні комп'ютерні системи, відмінними рисами яких є математичні та імітаційні моделі досліджуваних об'єктів, систем або процесів і дидактичний інтерфейс, що підтримує студентів при рішенні спеціально підібраних навчальних задач у режимі керованого професійно-орієнтованого дослідження.

Основне дидактичне призначення цих засобів підтримки навчання - формування й розвиток частини знань, що не артикулюються (професійно-орієнтованих умінь, навичок, інтуїції), дослідження властивостей досліджуваних об'єктів, систем або процесів.

Четверту групу електронних засобів підтримки професійно-орієнтованого навчального процесу складають комп'ютерні системи автоматизації професійної діяльності або їх навчальні аналоги: пакети прикладних програм, CASE-системи, CALS-системи й т.п. Вони можуть

використовуватися учнями для рішення різних задач по досліджуваній темі, що виникають, наприклад, у ході курсового або дипломного проектування. Процес навчальної роботи проходить при цьому в режимі вільного дослідження й близький за своїм характером до професійної діяльності фахівця.

CALS-системи (Continuous Acquisition and Life Cycle Support) забезпечують безперервну інформаційну підтримку технічних об'єктів на всіх стадіях життєвого циклу - проектування, виробництва, експлуатації, реалізації, утилізації. До складу CALS-систем входять системи автоматизованого проектування (САПР) й виробництва, автоматизації інженерних розрахунків,

документообігу й т. п.

До четвертої групи можна віднести й електронні засоби автоматизації загального призначення: текстові й графічні редактори, електронні таблиці, програми електронної пошти, web-браузери й т. п.

Найбільш ефективним у дидактичному плані є об'єднання розглянутих груп електронних засобів підтримки навчального процесу у єдиний навчальний мультимедіа комплекс (НМК) конкретної професійно-орієнтованої учбової дисципліни (рисунок 1.16.) [24].

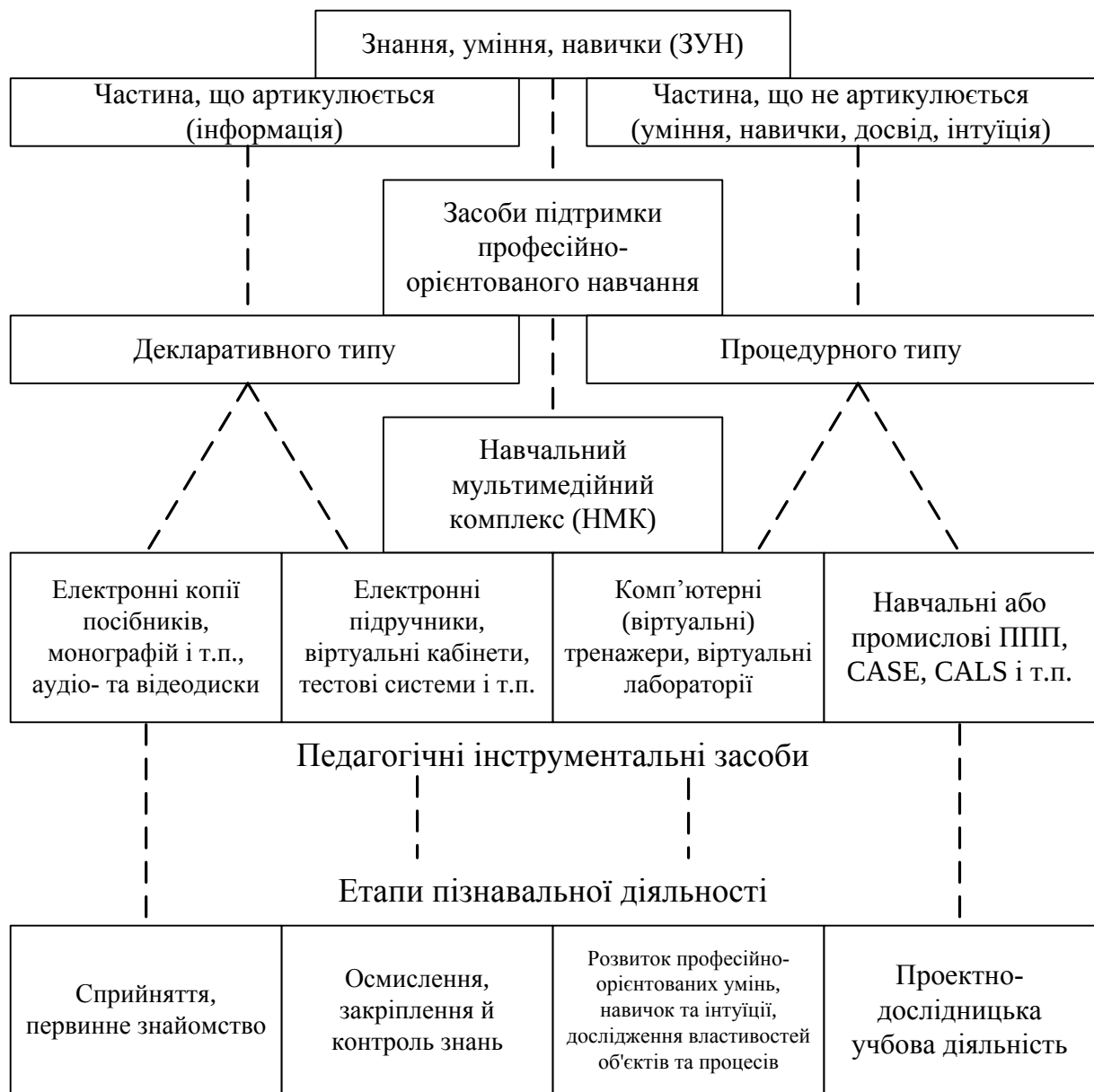


Рисунок 1.16 - Психолого-педагогічна модель НМК професійно-орієнтованої учбової дисципліни

Раціональна, дидактично обґрунтована послідовність професійно-орієнтованого навчання фахівців передбачає наступний порядок навчальної роботи з таким комплексом:

- початкове знайомство з теорією учбової дисципліни за допомогою друкованих матеріалів, аудіозаписів і відеозаписів;

- осмислення й закріплення теорії за допомогою ЕП, віртуальних навчальних кабінетів, контроль знань по теорії за допомогою систем комп'ютерного тестування;

формування й розвиток практичних умінь, професійно-орієнтованої інтуїції на тренажерах, проведення навчальних досліджень у ВНЛ;

- рішення професійно-орієнтованих навчальних задач по тематиці НМК у курсовому й дипломному проектуванні за допомогою електронних компонентів НМК четвертої групи.

Таким чином, різним електронним компонентам НМК визначена своя дидактична ніша відповідно до їх можливостей.

Аналізуючи розглянуті групи електронних засобів підтримки навчального процесу з позицій одного з найважливіших дидактичних принципів - принципу активності й самостійності студентів, можна виділити ряд наступних інтерактивних елементів:

- у першій групі - це самостійний вибір студентами навчального матеріалу професійно-орієнтованої учбової дисципліни;

- у другій групі - вибір навчального матеріалу й режимів навчальної роботи, відповіді на питання й виконання вправ, керування мультимедійними ілюстраціями й т. п.;

- у третій групі - вибір задач зі збірника, вибір алгоритмів або віртуальних приладів, настроювання їхніх параметрів, генерація евристичних рішень і їхня експериментальна перевірка, аналіз результатів і коректування рішень і т. п.;

- у четвертій групі - формулювання задач і планування етапів їхнього рішення, побудова математичних та імітаційних моделей, вибір і настроювання алгоритмів, аналіз результатів, коректування моделей, зміна формулювання вихідних умов і формулювань професійно-орієнтованих задач і т. п.

Помітимо, що роль і дидактична значимість інтерактивних елементів зростає від першої групи до четвертого, як у кількісному, так і в якісному відношенні. При цьому реалізуються й інші основні дидактичні принципи:

- доступність;
- систематичність і послідовність;
- спадковість;
- зв'язок теорії із практикою;
- професійна спрямованість навчання.

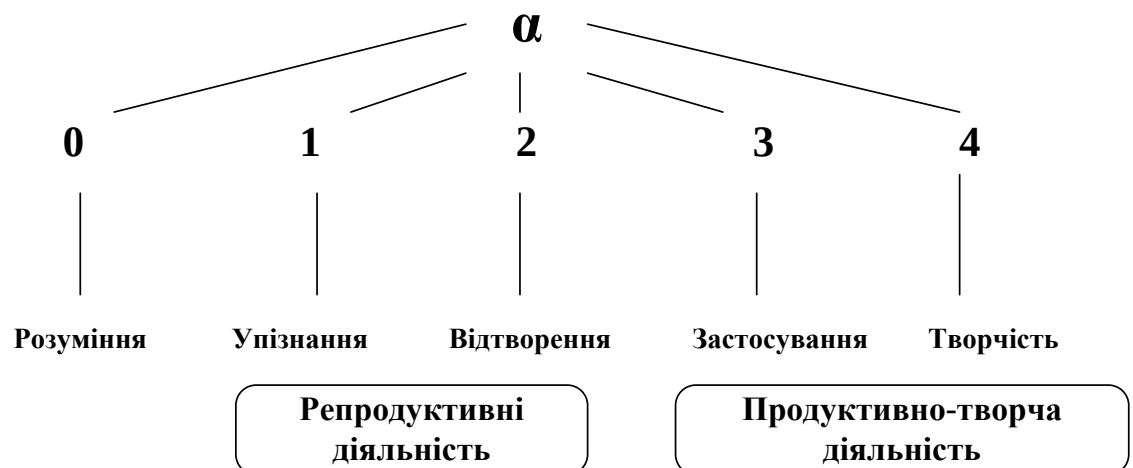
Дуже важливою педагогічною справою у вищій технічній школі є можливість оцінювання ефективності перелічених вище електронних засобів підтримки професійно-орієнтованого навчального процесу. Серед відносно невеликої кількості науково-педагогічних праць, де дидактичні показники означаються саме в кількісному вигляді, виділяються своєю системністю й логічністю дослідження В. П. Беспалько [25]. Беспалько В.П. ввів, наприклад, кількісний показник рівня засвоєння навчального матеріалу α , що класифікує глибину проникнення і якість володіння студентами навчальним матеріалом. Така класифікація дозволяє чітко формулювати дидактичні цілі при проектуванні навчального мультимедійного комплексу дисципліни й на їхній основі визначати його склад. Справа в тому, що частину елементів знання студент повинен уміти застосовувати при рішенні задач (для цього необхідні комп'ютерні тренажери та навчальні ППП), а з якимись навчальними елементами йому досить лише познайомитися (для цього досить навчального посібника й автоматизованого навчального комплексу – АНК). При цьому виділяють п'ять рівнів засвоєння навчального матеріалу (рисунок 1.17).

“Нульовий” рівень (розуміння) - це такий рівень, при якому студент здатний розуміти, тобто свідомо сприймати нову для нього інформацію. Строго говорячи, цей рівень не можна називати рівнем засвоєння навчального матеріалу по досліджуваній темі. Фактично мова йде про попередню підготовку студента, що дає йому можливість розуміти новий для

нього навчальний матеріал. Умовно діяльність студента на "нульовому" рівні позначають єдиним поняттям - розуміння.

Перший рівень (упізнання) - це дізнавання досліджуваних об'єктів і процесів при повторному сприйнятті раніше засвоєної інформації про них або про дії з ними, наприклад, виділення досліджуваного об'єкта з ряду пред'явлених різних об'єктів. Умовно діяльність першого рівня називають упізнанням, а знання, що лежать у її основі, - знання-знайомства.

Другий рівень (відтворення) - це відтворення засвоєних раніше знань від буквальної копії до застосування в типових ситуаціях. Приклади: відтворення інформації з пам'яті; рішення типових задач (по засвоєному раніше зразку). Діяльність другого рівня умовно називають відтворенням, а знання, що лежать у її основі, - знання-копії.



$K_\alpha < 0,7$ - кероване навчання

$K_\alpha > 0,7$ - вільне навчання

Орієнтири для оцінювання:

$K_\alpha < 0,7$ - незадовільно

$0,7 < K_\alpha < 0,8$ - задовільно

$0,8 < K_\alpha < 0,9$ - добре

$0,9 < K_\alpha < 1,0$ - відмінно

Рисунок 1.17 – Показники рівня засвоєння навчального матеріалу

Третій рівень (застосування) - це такий рівень засвоєння інформації, при якому студент здатний самостійно відтворювати й перетворювати засвоєну інформацію для обговорення відомих об'єктів і застосування її в різноманітних нетипових (реальних) ситуаціях. При цьому студент здатний генерувати суб'єктивно нову (нову для нього) інформацію про досліджувані об'єкти й дії з ними. Приклади: рішення нетипових задач, вибір підходящого алгоритму з набору раніше вивчених алгоритмів для рішення конкретної задачі. Діяльність третього рівня умовно називають застосуванням, а знання, що лежать у її основі, - знання-уміння.

Четвертий рівень (творча діяльність) - це такий рівень володіння навчальним матеріалом теми учбового матеріалу дисципліни, при якому студент здатний створювати об'єктивно нову інформацію (раніше невідому нікому).

Відповідно до нумерації рівнів, коефіцієнт рівня засвоєння навчального матеріалу α може теж приймати лише дискретні значення від 0 до 4.

Для оцінювання ступеня володіння навчальним матеріалом на кожному рівні використовують відносний коефіцієнт:

$$K_{\alpha} = \frac{P_1}{P_2}, \quad (1.1)$$

де P_1 - кількість правильно виконаних істотних операцій у процесі тестування студента;

P_2 - сумарна (загальна) кількість істотних операцій у тесті або батареї тестів.

Під істотними розуміють ті операції, які виконуються на конкретному рівні α , що оцінюється. Операції, що належать до більш низького рівня, у число істотних не входять. Прийнято вважати, що при K_{α} менше 0,7 варто

продовжувати навчання (управляти процесом навчання), а при K_α більше 0,7 – настає період самоорганізації, і процес навчання може бути вільним (некерованим).

У процесі професійно-орієнтованого навчання залежно від обраного цільового показника по α необхідно спочатку організувати навчальну діяльність на рівні 1, потім – 2 і т. д. (рисунок 1.18).

Саме тому в навчальних мультимедійних комплексах дисциплін доцільно передбачати таку послідовність застосування різних компонентів навчального процесу: навчальний посібник (α дорівнює 1), автоматизований навчальний комплекс (α дорівнює 1 або 2), комп'ютерні тренажери (α може мати значення від 2 до 4), пакети прикладних програм (α теж може мати значення від 2 до 4).

Таким чином, згідно до цієї послідовної психолого-педагогічної моделі освоєння матеріалу основними компонентами НМК професійно-орієнтованої учбової дисципліни повинні бути такі:

- електронні підручники (ЕП);

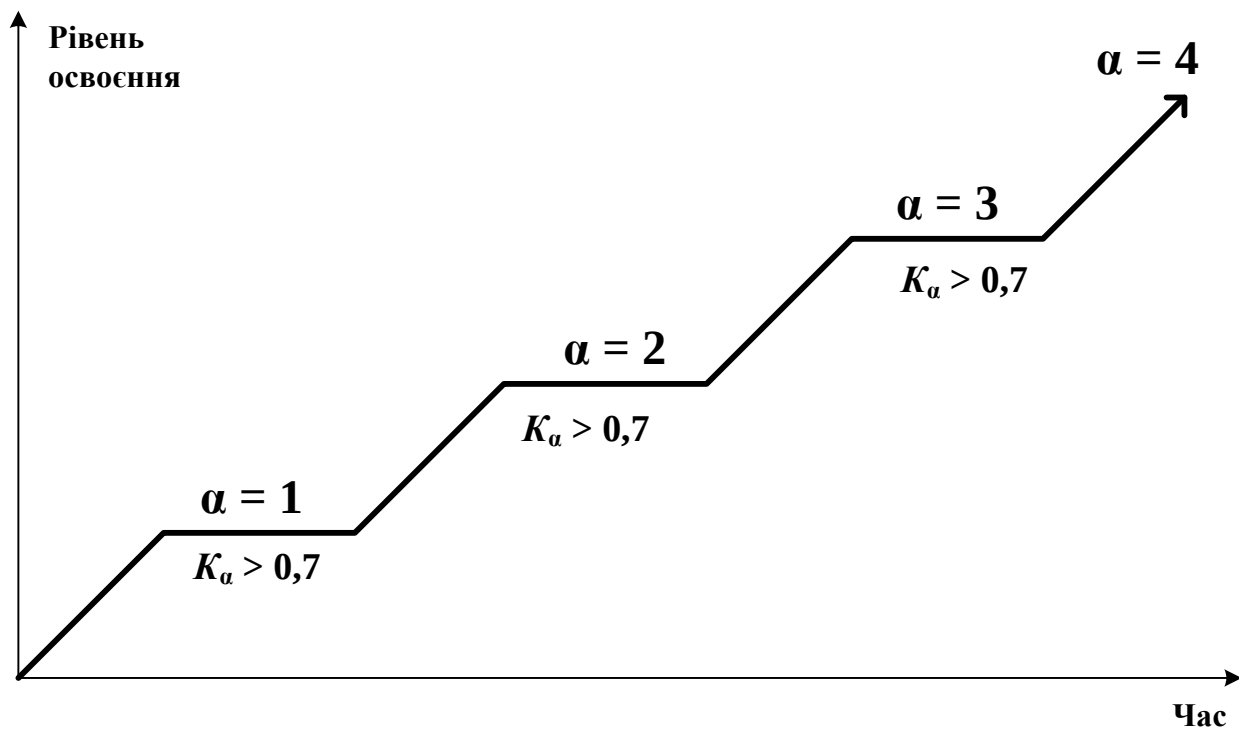


Рисунок 1.18 – Рациональна послідовність професійно-орієнтованого

навчання за психолого-педагогічною моделлю НМК

- автоматизовані навчальні комплекси (АНК);
- комп'ютерні тренажери (КТ);
- навчальні пакети прикладних програм (ППП);
- віртуальні лабораторії (ВЛ).

З перелічених ЕНЗ тільки комп'ютерні тренажери необхідні для тих навчальних дисциплін, для яких педагогічні вимоги (показник α дорівнює або більший 2) не можуть бути виконані тільки за допомогою АНК. Саме такими дисциплінами і є "Проектування систем автоматизації" та "Стандарти та проектування КІСУ", які читають студентам кафедри АІТ. Основне призначення КТ в цих дисциплінах - формування й розвиток практичних умінь і навичок, прискорене нагромадження професійного досвіду проектування (α дорівнює 3). Комп'ютерні тренажери використовують математичне чи імітаційне моделювання об'єктів і процесів, для них поки не існує універсальних інструментальних засобів, що робить процес їх розробки досить складною та дорогою справою. Проте їхній навчальний потенціал досить високий – α може сягати навіть 4.

4 Обґрунтування концепції вдосконаленої підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності

Вище були досліджені особливості організації навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» та існуючі рекомендації щодо побудови ефективного навчального мультимедійного комплексу професійної дисципліни, який призначений для забезпечення її електронної підтримки.

З урахуванням результатів цих досліджень були прийняті такі проєктні рішення щодо загальної концепції вдосконаленої підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності в рамках дисципліни «Промисловий Інтернет речей»:

- в основу вдосконаленої підсистеми електронної підтримки покласти існуючу в ВНТУ систему автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу «JetIQ» ВНТУ [2], але задіяти для цього додатковий її функціонал, зазвичай не використовуваний викладачами;
- вдосконалена підсистема електронної підтримки повинна допомагати викладачу розробляти та використовувати в ході навчального процесу різноманітні навчальні мультимедійні матеріали процедурного характеру (їх використання в навчальному процесі у великій мірі сприятиме формуванню у студентів професійних знань, що не артикулюються (уміння, досвід, навички, інтуїція);
- для посилення процедурного характеру навчального матеріалу даної дисципліни вдосконалена підсистема електронної підтримки повинна забезпечувати викладачу можливість виконання тих чи інших проєктних процесів або інформаційних досліджень предметної області у режимі он-лайн з одночасною демонстрацією цих дій віддаленим студентам;
- вдосконалена підсистема електронної підтримки повинна надавати викладачу усі необхідні програмні інструменти, за допомогою яких він буде створювати спеціальні програмні інструменти як для своєї діяльності (розробка навчальних мультимедійних матеріалів, наприклад анімованих моделей виробництва), так і для діяльності студентів (для виконання аналізу існуючого АТП/АВП, для проведення онтологічних досліджень предметної області та оформлення їх результатів, для оформлення проєктних рішень промислової КФС).

З урахуванням цих проєктних рішень та обов'язкових дій викладача в ході навчального процесу, що означені вище, була розроблена концепція вдосконаленої підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності у

начальному процесі дисципліни «Промисловий Інтернет речей» (рисунок 1.19 та додаток Б). Підсистема створюється на основі системи автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу «JetIQ» ВНТУ. В цій системі використовуються такі її складові частини, як «Персональний кабінет викладача» та «Комунікаційні сервіси JetIQ» (детально досліджені у другій частині даної комплексної магістерської кваліфікаційної роботи).

Викладач через свій комп'ютер входить до персонального кабінету і створює в ньому два залікових записи – «Account#1» (для доступу до інформаційних хмарних сервісів компанії Google) та «Account#2» (для доступу до інструментів хмарної платформи «Microsoft Office 365 for Education»).

За допомогою першого з'єднання викладач зі свого персонального кабінету, використовуючи відповідний програмний «Інструмент пошуку прикладів реалізації» постійно досліджує різноманітні Інтернет-джерела, пов'язані з предметом вивчення даної дисципліни, та за допомогою програмного «Інструменту збереження результатів пошуку» заносить знайдені новітні приклади реалізації проєктів промислового Інтернету речей у «Викладацьку базу даних по прикладам реалізації». Накопичена таким чином проєктна інформація потім детально вивчається викладачем з метою самоосвіти та підготовки навчальних матеріалів декларативного типу по даній дисципліні. Ця база даних через відповідний комунікаційний сервіс системи «JetIQ» публікується для вільного доступу студентів. По мірі накопичення додаткової проєктної інформації викладач оновлює опубліковану базу даних.

Інформація, яку містить ця база даних, може використовуватись студентами як для поглиблення своїх знань у цій предметній області, так і при виконанні стадії проєктування промислової КФС в ході проєктного практикуму.

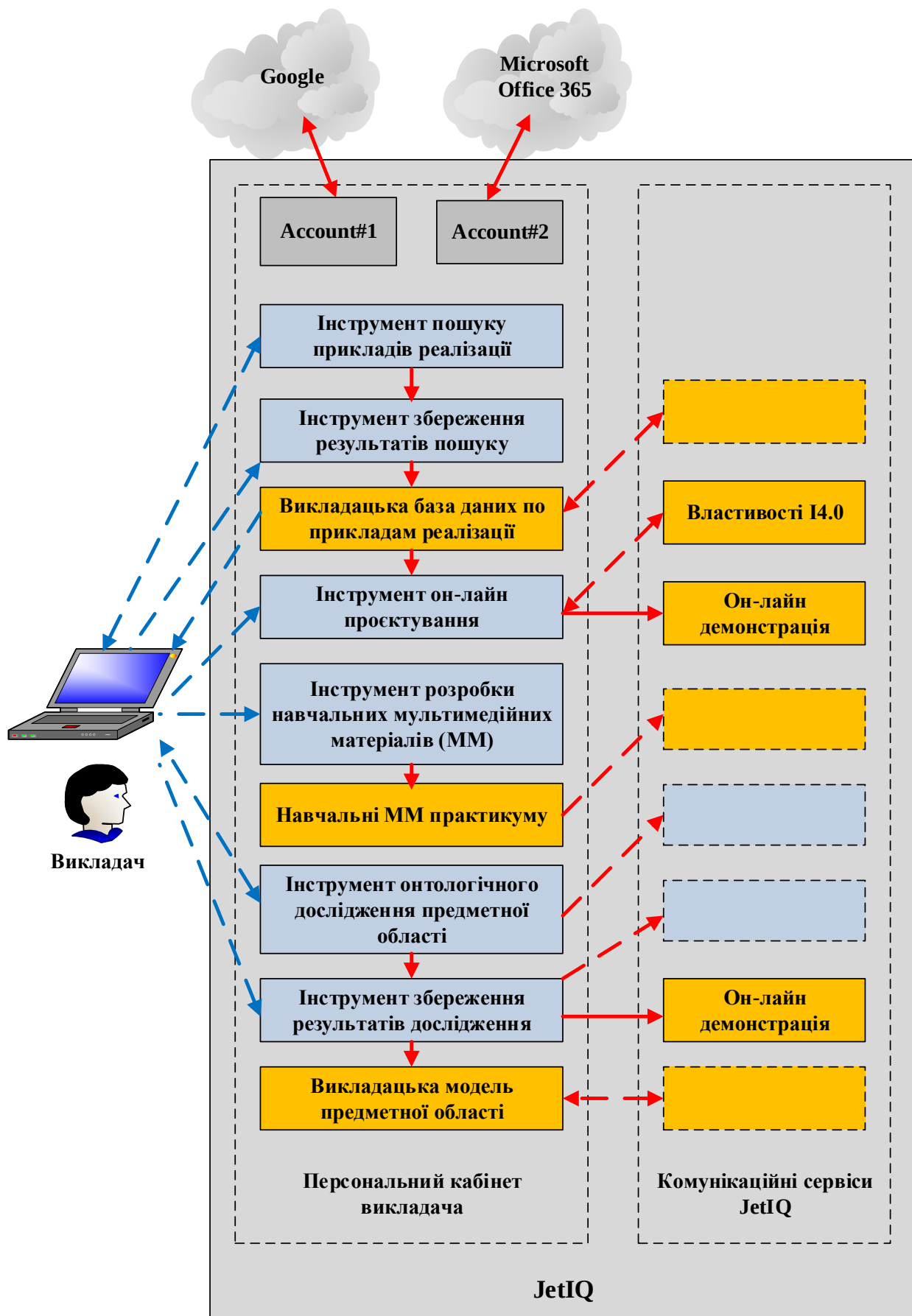


Рисунок 1.19 – Концепція вдосконаленої підсистеми електронної підтримки

При читанні лекцій викладач надає студентам як навчальний матеріал як декларативного типу, так і процедурного типу. Другий матеріал стосується пояснень якихось важливих для даної предметної області процесів, наприклад, процесів проєктування промислових КФС, або процесів дослідження та аналізу предметної області промислового Інтернету речей. Тому вдосконалена підсистема електронної підтримки повинна допомагати викладачу розробляти ці навчальні матеріали та тим чи іншим способом надавати їх студентам.

На рисунку 1.19 пояснюється, як викладач під час лекцій може надавати студентам навчальний матеріал процедурного типу, зокрема виконувати он-лайн проєктування промислової КФС (розробка концепції та архітектурне проєктування). Для цього викладач використовує відповідний програмний «Інструмент он-лайн проєктування», який може включати і потрібну проєктну інформацію з «Викладацька база даних по прикладах реалізації». Наприклад, таку інформацію може містити відеоролик, який демонструє дію якоїсь реальної промислової КФС. Після демонстрації цього відеоролика студентам («Он-лайн демонстрація» через відповідний комунікаційний сервіс «JetIQ») викладач аналізує з ними його зміст та виділяє властивості даної реалізації КФС (властивості I4.0). Ці властивості викладач зразу вносить у файл «Властивості I4.0», доступний для перегляду студентами.

Після цього викладач під час лекції в режимі он-лайн демонструє студентам процес проєктування даної КФС на рівні її концепції та архітектури. Таким чином, студенти на конкретних прикладах навчаються практичному проєктуванню таких систем, що знадобиться їм при виконанні власних проєктів за індивідуальним завданням в рамках проєктного практикуму даної дисципліни.

Для підготовки викладачем різноманітних мультимедійних матеріалів (НММ) як для лекцій (наприклад презентації по окремим лекційним темам), так і для проєктного практикуму (наприклад анімовані моделі діючого реального виробництва чи працюючої системи автоматизації), викладач використовує спеціальний «Інструмент розробки навчальних мультимедійних матеріалів». Ці матеріали викладач викладає через відповідний комунікаційний сервіс «JetIQ» для скачування чи перегляду студентами. При цьому за допомогою НММ для проєктного практикуму студенти можуть, наприклад, виконувати стадію «Аналіз існуючого АТП/АВП», в ході якої вони повинні глибоко розібратися з усією операційною діяльністю такого АТП/АВП та функціоналом його системи автоматизації, побудованої за концепцією «Індустрія 3.0».

При вивченні матеріалу модуля М2 даної дисципліни викладач повинен мати програмний «Інструмент онтологічного дослідження предметної області», за допомогою якого він зможе постійно сканувати різноманітні Інтернет-джерела, пов'язані з предметом вивчення дисципліни, та відповідним чином представляти результати цього дослідження. Одним з найбільш розповсюджених способів цього відображення є графічна онтологічна модель, яка дозволяє і викладачу, і студентам, легше зрозуміти та уявити будову такого складного об'єкту як промислова КФС. Для того, щоб автоматично генерувати таку графічну модель, яка може бути і тривимірною, для викладача повинен бути створений спеціальний програмний «Інструмент збереження результатів дослідження».

Результати викладацького онтологічного дослідження предметної області зберігаються у вигляді «Викладацька модель предметної області», яку викладач може постійно поповнювати і самостійно вивчати для поглиблення своїх практичних знань.

Ця модель може бути надана (через відповідний комунікаційний сервіс «JetIQ») і студентам для їх самостійної роботи.

Крім того, обидва вказані інструменти, по-перше, можуть бути використаними викладачем для демонстрації процесу онтологічного дослідження на лекціях в режимі он-лайн, по-друге, повинні бути доступними і для використання студентами, щоб вони могли проводити власні онтологічні дослідження предметної області при виконанні стадії «Проектування промислової КФС» в рамках проєктного практикуму.

На основі описаної концепції вдосконаленої підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності у навчальному процесі дисципліни «Промисловий Інтернет речей» було розроблене технічне завдання на науково-дослідну роботу з подальшого проєктування даної підсистеми.

Технічне завдання наведене у додатку А.

1.5 Висновки до розділу

В ході виконання науково-дослідних робіт в рамках даного розділу комплексної магістерської кваліфікаційної роботи був проведений аналіз нових вимог до компетенцій магістра спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» в епоху четвертої промислової революції «Industry 4.0», визначені усі задачі викладацької діяльності в навчальному процесі з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», досліджена існуюча система електронної підтримки навчального процесу будь-якої професійно-орієнтованої дисципліни технічного вузу.

В результаті цього спроектована концепція вдосконаленої підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності у навчальному процесі дисципліни «Промисловий Інтернет речей» для магістрів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» та розроблене технічне завдання на науково-дослідну роботу з подальшого проєктування даної підсистеми електронної підтримки.

2 ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ВИКЛАДАЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ПЕРШОМУ НАВЧАЛЬНОМУ МОДУЛІ

2.1 Підтримка проведення циклу лекцій «Основи побудови кіберфізичних систем промислового призначення»

Зараз ми живемо в епоху завершення третьої промислової революції, що почалася в другій половині минулого століття. Її характерні риси — розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, автоматизація та роботизація виробничих процесів. Характерні риси наступної промислової революції, яка отримала назву «Індустрії 4.0» — це повністю автоматизовані виробництва, на яких керівництво всіма процесами здійснюється в режимі реального часу і з урахуванням мінливих зовнішніх умов.

Основою нового автоматизованого виробництва є кіберфізичні системи, які створюють віртуальні копії об'єктів фізичного світу, контролюють фізичні процеси і приймають децентралізовані рішення. Вони здатні об'єднуватися в одну мережу, взаємодіяти в режимі реального часу, самостійно налагоджуватися і самонавчатися. При цьому особливу роль відіграють інтернет-технології, що забезпечують комунікації між персоналом та виробничими машинами. Завдяки такій організації управління виробництвом цифрове «розумне» підприємство здатне виробляти продукцію відповідно до вимог індивідуального замовника, оптимізуючи собівартість цієї продукції.

Вперше про програму «Індустрія 4.0» для переходу промисловості у новий стан мова зайшла у 2011 році на промисловій виставці в Ганновері, де уряд Німеччини поставив задачу розширити застосування інформаційних технологій у виробництві. Над створенням програми модернізації промислових підприємств країни в цьому напрямку працювала високопрофесійна команда, до якої увійшли представники бізнесу і держави.

Мета програми — збереження і збільшення конкурентних переваг підприємств країни.

Експерти виділяють чотири базових технології, в результаті впровадження яких очікуються революційні зміни [26]:

- промисловий (індустріальний) інтернет речей (Industrial Internet of Things), що відкриває пряму дорогу до створення повністю автоматизованих виробництв;
- цифрові екосистеми, що складаються з різних фізичних об'єктів, програмних систем і керуючих контролерів, що дозволяють уявити таке утворення як єдине ціле;
- аналітика великих даних (Data Driven Decision) або просто Великі дані (Big data);
- складні інформаційні системи, відкриті для використання клієнтами і партнерами (цифрові платформи).

Така промислова революція завершиться успішно тільки в тому випадку, якщо вона:

- добре організована;
- щедро профінансована.

А подбати про це повинні ті, кому революція може принести найбільші дивіденди. Головні переваги при переході до нового технологічного укладу отримають ті підприємства, корпорації та навіть держави, які раніше інших впровадять не окремі компоненти, перераховані вище (і супутні їм), але, значною мірою, їх усі. Саме тому на перший етап цієї програми (підготовка бази для запуску процесу) урядом Німеччини було асигновано 200 млн. євро, ще 300 млн. виділив бізнес. Передбачалося, однак, що в подальшому бізнес буде працювати за цією програмою самостійно і до 2020 року в технології, що відносяться до Індустрії 4.0, щорічно буде інвестуватися 30-40 млрд. євро. В цілому європейські інвестиції на сьогодні складають до 140 млрд. євро на рік.

Завдяки щедрому фінансуванню реалізації програми «Індустрія 4.0» у світі почали бурхливо розвиватися різноманітні ініціативи по теорії та практиці побудови «розумного» цифрового виробництва на основі означених вище технологій. Тому предметна область «Індустрія 4.0» в останнє десятиріччя шаленими темпами наповнювалась і продовжує наповнюватися інформацією як про нові теоретичні дослідження, так і про практичні приклади їх реалізації.

Ось чому проведення лекційного курсу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» є досить складною справою, по-перше, тому що предметна область, яка пов'язана з предметом вивчення, знаходиться у стані бурхливого розвитку, по-друге, дотепер не сформовані теоретичні основи цієї дисципліни, тому відсутні готові навчальні посібники і підручники, по-третє, для вивчення такого складного предмету у навчальному плані виділено занадто мало годин навчального навантаження, а зв'язки з іншими дисциплінами майже відсутні, бо вони всі в основному стосуються попереднього стану автоматизації виробництва «Індустрія 3.0».

Саме тому для забезпечення ефективної діяльності викладача з розробки лекційних матеріалів, що мають висвітлювати поточний стан предмету вивчення, який, як було зазначено, зараз постійно змінюється та вдосконалюється, і запропонований відповідна концепція функціоналу підсистеми електронної підтримки (див. рисунок 1.19).

На рисунку 2.1 показана більш детальна функціональна структура даного концептуального рішення, яка забезпечує ефективне виконання викладачем такої діяльності як «Пошук та систематизація вихідної інформації». Викладачу для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надає дві групи основних інструментів – «Інструменти пошуку прикладів реалізації» та «Інструменти збереження результатів пошуку». Обидві ці групи інструментів доступні викладачу через персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ. Перша група інструментів пов'язана з наявними «хмарними» сервісами платформи «Google», до яких

викладач отримує доступ через свій аккаунт «Account#1». Друга група інструментів пов'язана з офісними застосунками «Microsoft Office 365», які розгорнуті на «хмарній» платформі корпорації «Microsoft». До цієї групи інструментів викладач отримує доступ через інший свій аккаунт «Account#2».

На платформі «Google» для реалізації даної діяльності викладача використовуються такі наявні зараз сервіси – «Google Search», «Google Translator», «Google YouTube», «Google Chrome», «Google News» та «Google Drive». За допомогою усіх цих сервісів викладач може ефективно досліджувати предметну область «Індустрія 4.0» та знаходити новітню інформацію про приклади реалізації ідей цієї програми (цифрові технології, кіберфізичні системи промислового призначення, «розумне» цифрове виробництво і т. д.).

.

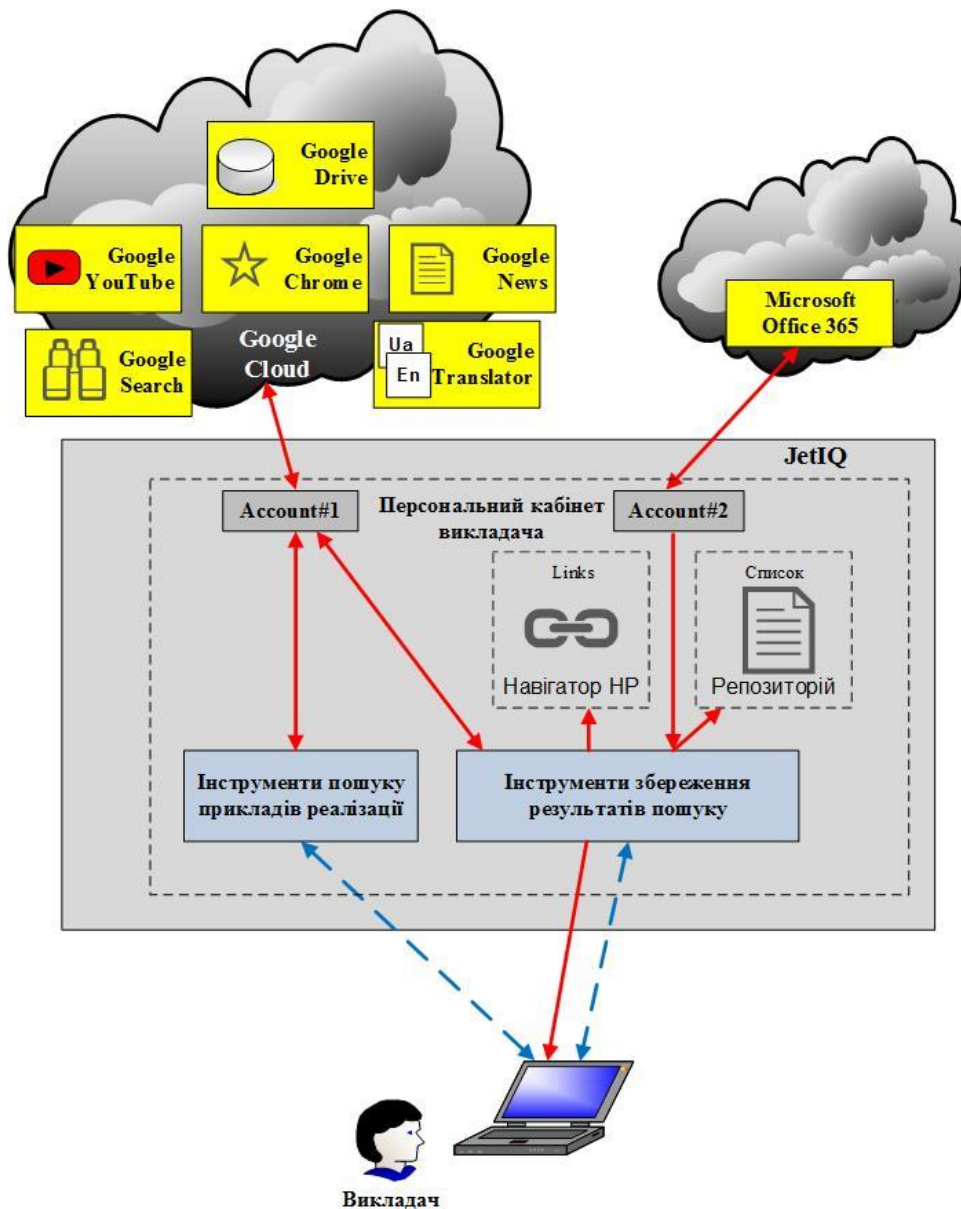


Рисунок 2.1 – Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності «Пошук та систематизація вихідної інформації»

Кожний приклад, знайдений викладачем, вивчається та аналізується ним з метою самонавчання та вибору цікавої інформації, яку можна потім використати для розробки або модернізації навчальних лекційних матеріалів. Результати такого пошуку систематизуються викладачем та зберігаються у електронному вигляді. Для збереження результатів пошуку викладач використовує один з офісних застосунків з платформи «Microsoft». На

рисунку 2.2 показаний приклад документування результатів пошуку за допомогою застосунка «Word».

Результати дослідження предметної області «ІІоТ та Індустрія 4.0»					
№	Назва джерела	Ресурс	Коментар	Посилання	Дата надходження електронного листа
1	CFD (Computational Fluid Dynamics) for the Chemical Industry: Analysis of Rushton Turbine	YouTube	У файлі G:\Моя бібліотека\АСУ\Приклади ІІоТ\Приклади симуляції процесів\Моделювання рідин	https://www.youtube.com/watch?v=i0sRdXpOz00	12.05.24
2	CFD in der Wasser- und Prozessindustrie: Beispiel eines Video-Projektberichts	YouTube	- « -	https://www.youtube.com/watch?v=3Nk5F_kX58c	12.05.24
3	Batching Tank Ladder Logic PLC and HMI Tutorial	YouTube		https://m.youtube.com/watch?v=ExNdVBua8Ms	10.05.2024
4	Простейший вариант поиска пути: объяснение на Python	habr.com		https://habr.com/ru/post/596029/	10.05.2024
5	Sensors and Sensor Solutions for Automated Guided Vehicles	YouTube		https://youtu.be/cgMlrsOeD5U	10.05.2024
6	AGVs and AMRs: How Do They Work?	YouTube		https://youtu.be/vBuNZIGT08U	10.05.2024

Рисунок 2.2 – Приклад документування результатів пошуку

З рисунку видно, що викладач фіксує назву матеріалу, електронний сервіс, суть інформації, електронне посилання на неї та дату перегляду. Крім того, викладач може виділяти ту інформацію, яка викликала у нього найбільший інтерес і може бути використана ним у лекційному матеріалі.

Такий список викладач зберігає на своєму комп'ютері, а також поміщує у персональний репозиторій у системі JetIQ щоб студенти також могли ним користуватися в ході навчального проєкту (див. рисунок 2.1). Крім цього, викладач розміщує посилання на ті електронні джерела, які він вибрав для лекцій або самостійної роботи студентів, у навігаторі навчального ресурсу «Промисловий Інтернет речей» у системі JetIQ (див. рисунок 2.1).

Спроектуюмо тепер функціональну структуру підсистеми електронної підтримки проведення циклу дистанційних лекцій на тему «Основи побудови кіберфізичних систем автоматизації виробництва» (рисунок 2.3).

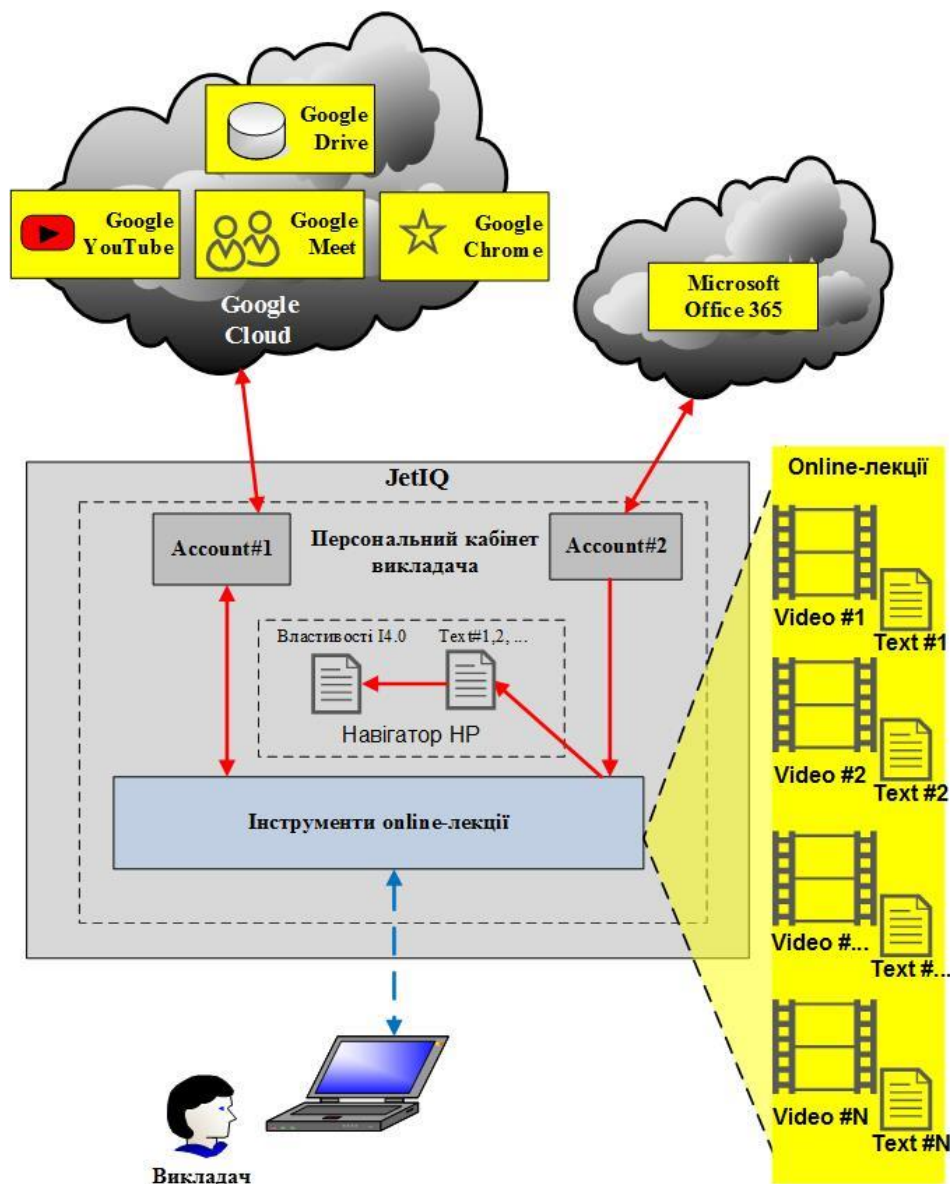


Рисунок 2.1 – Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності «Читання online-лекцій»

Викладачу для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надає групу основних інструментів «Інструменти online-лекції». Ця група інструментів доступна викладачу також через персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ. Група інструментів пов'язана, по-перше, з необхідними «хмарними» сервісами платформи «Google», до яких викладач отримує доступ через свій аккаунт «Account#1», по-друге, з офісними

застосунками «Microsoft Office 365» «хмарної» платформи «Microsoft», до якої викладач отримує доступ через інший свій аккаунт «Account#2».

На платформі «Google» для реалізації даної діяльності викладач використовує такі її сервіси – «Google YouTube», «Google Chrome», «Google Drive» та «Google Meet». За допомогою усіх цих сервісів викладач може ефективно проводити цикл дистанційних лекцій за темою «Основи побудови кіберфізичних систем автоматизації виробництва», метою яких є надання студентам теоретичних відомостей щодо загальної структури таких систем автоматизації виробництва. Для того, щоб даний матеріал викликав зацікавленість студентів пропонується покласти в його основу ті ресурси Інтернет, які демонструють поточний стан цього предмету вивчення, наприклад ті відео з каналів «YouTube», які викладач знайшов в результаті дослідження предметної області, що описаний вище. Це не тільки буде цікаво студентам, але і демонструє їм нерозривний зв'язок лекційного матеріалу з реальним станом речей у даній предметній області. На рисунку 2.4 наведений кадр з такого відео, який відображає дію реальної кіберфізичної системи промислового призначення (КФСПП).



Рисунок 2.4 – Стоп-кадр відео з каналу «YouTube»

Таке відео зазвичай супроводжується звуком, який можна перетворити у субтитри, що генеруються автоматично, і ще включити автоматичний переклад тексту субтитрів на українську мову.

Основною метою такого перегляду є виявлення основних (базових) елементів КФСПП, з яких вона складається, та тих властивостей «розумного» цифрового виробництва, які забезпечуються такою КФСПП. Тому в ході дистанційної лекції викладач спочатку може надати студентам можливість самостійно виявити ці основні (базові) елементи з поточного відео, а після цього, ще раз продемонструвати відео, роблячи у потрібному місці стоп-кадр, на якому відображений чи озвучений пропущений студентами основний (базовий) елемент чи властивість КФСПП.

Як показано на рисунку 2.3, в ході перегляду кожного такого відео викладач і студенти створюють текстовий документ («Text #1», «Text #2», ...), в якому наводять стенограму цього відео. Приклад такої текстової стенограми показаний на рисунку 2.5.

Файл Правка Формат Вид Справка		
1). I am Industry		
Часова відмітка	Базові елементи КФСПП	Властивості виробництва
0:58	цифрова модель підприємства	
1:01	цифровий ЛМІ (окуляри доповненої/віртуальної реальності)	
1:02-1:10	цифрові двійники виробничих систем (роботів) та продукції (автомобілі, літаки)	
1:23	Автоматизовані лінії, цифрові засоби ЛМІ для контролю та управління ними в реальному часі	
1:26		Більша гнучкість виробництва
1:28		Більш ефективне виробництво
1:30		Більш безпечне виробництво
1:31	3D-принтери, адитивне виробництво	
1:35-2:00	людська праця на цифровому виробництві	
1:54	віртуальна реальність для ЛМІ	

Рисунок 2.5 – Приклад виконання текстової стенограми відео

Ці текстові документи викладач після кожної проведеної дистанційної лекції розміщує у навігаторі навчального ресурсу «Промисловий Інтернет речей» для подальшого використання його студентами в ході подальшого навчання. Крім того, викладач сумісно зі студентами розробляє окремий текстовий документ «Властивості Індустрії 4.0», в якому відображаються усі

виявлені на лекціях властивості «розумного» цифрового виробництва, що досягаються за рахунок використання КФСПП. Цей документ викладач також розміщує у навігаторі НР для того, щоб студенти могли доповнювати його за результатами самостійних досліджень предметної області та використовувати у своїх подальших навчальних роботах.

Тепер спроектуємо електронну підтримку заключної фази викладацької діяльності з читання циклу лекцій на тему «Основи побудови кіберфізичних систем автоматизації виробництва». Як було описано вище, в ході цих лекцій викладач демонструє ряд тематичних відео, на основі яких він та студенти в режимі online виявляють основні (базові) елементи сучасних КФСПП та документують їх (рисунок 2.6).

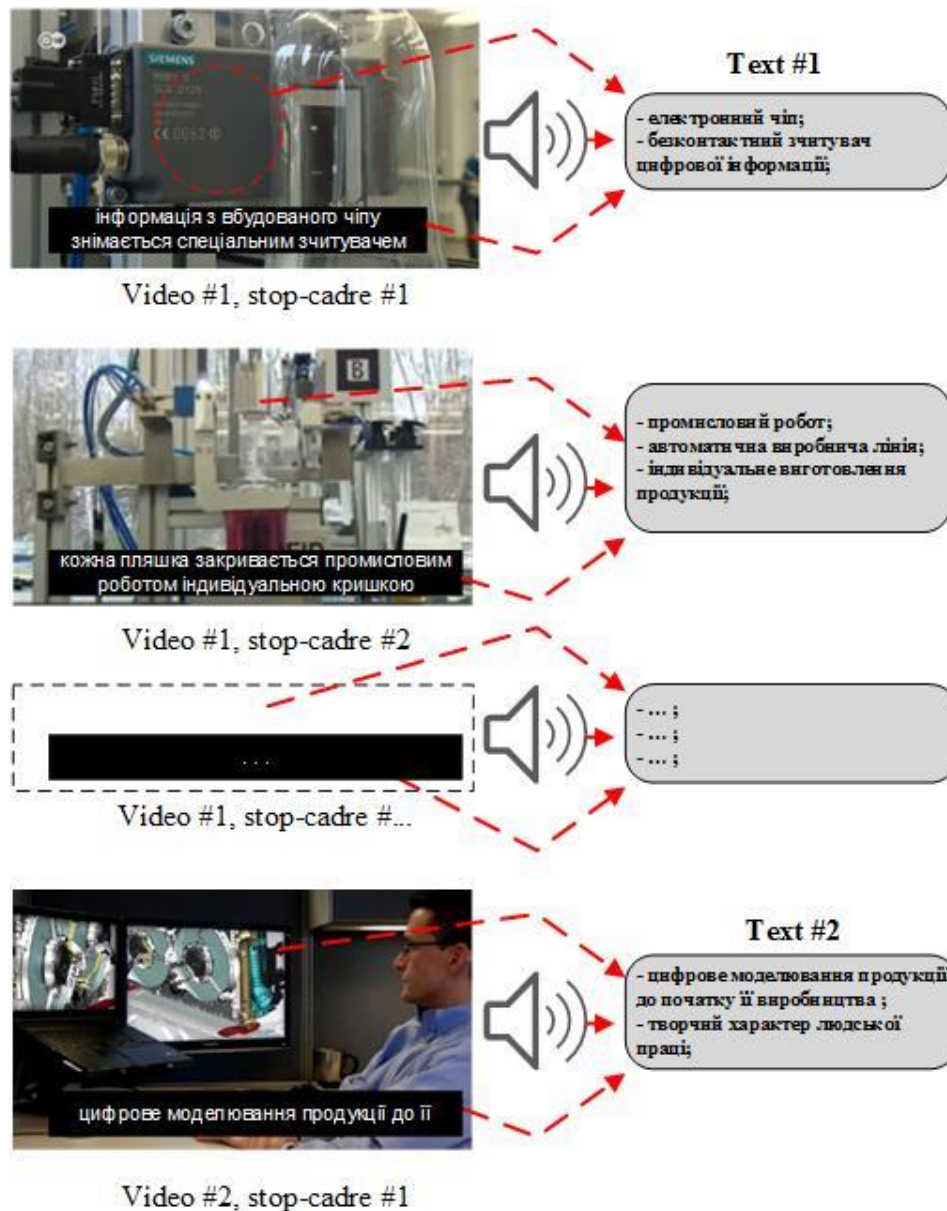


Рисунок 2.6 – Принцип накопичення вихідної інформації про будову КФСПП

Уся накопичена таким чином вихідна інформація щодо основних (базових) елементів побудови сучасної КФСПП зводиться викладачем у єдиний список, структурується так, щоб об'єднати усі знайдені елементи у загальні базові об'єкти структури КФСПП. Наприклад, виявлене виробниче устаткування «розумного» цифрового виробництва (промислові роботи, автоматизовані лінії, 3D-принтери і т. д.) можна об'єднати у загальне поняття «Розумні» машини». Так само об'єднуються інші знайдені основні (базові) елементи КФСПП. Тоді на заключній лекції даного циклу викладач може

формування базового об'єкту «Людська праця»; 9, 10, 11 – формування базового об'єкту «Розумні» машини»).

В результаті викладач у такий спосіб логічно приводить студентів до класичної графічної онтологічної моделі «Кіберфізична система» [27], на яку вже далі може опиратися в ході наступних етапів навчального процесу.

2.2 Підтримка проведення циклу лекцій «Основи проєктування кіберфізичних систем промислового призначення»

Для того, щоб сформувати у студентів чітке уявлення про процес проєктування кіберфізичних систем промислового призначення, послідовність викладення матеріалу у цьому циклі лекцій повинно бути такою, як послідовність виконання проєктних робіт при створенні автоматизованої інформаційної системи (АІС), тобто у вигляді послідовності стадій її стандартного життєвого циклу [28, 29]. У таблиці 2.1 наведені рекомендовані міжнародним стандартом [28] стадії життєвого циклу АІС та їх цілі. Як видно з таблиці, проєктування системи повинно виконуватися на стадії «Розробка», де створюються описи рішень системи, але не означаються послідовні кроки формування цих описів.

Більш детально послідовність формування описів рішень та системи означається у застарілому вже міждержавному стандарті ГОСТ 34.601-90 [129]. Згідно з цим стандартом передпроектні та проєктні роботи над АІС виконуються в рамках таких стадій життєвого циклу системи:

Створення АС складається з таких стадій:

1. Формування вимог до АС.
2. Розробка концепції АС.
3. Технічне завдання.
4. Ескізний проєкт.
5. Технічний проєкт.

6. Робоча документація (робочий проєкт).

Таблиця 2.1 – Стадії життєвого циклу АІС згідно з ДСТУ ISO/IEC 15288:2005

Стадія життєвого циклу	Ціль	Схема рішення
Задум	Визначити потреби правовласників Дослідити задуми Запропонувати життєздатні рішення	Варіанти рішення: - виконати наступну стадію;
Розробка	Уточнити вимоги до системи Створити опис рішень Створити систему Провести верифікацію і валідацію системи	- продовжити наступну стадію; - повернутись до попередньої стадії; - призупинити проєкт;
Виробництво	Виробити систему Проконтролювати і перевірити	- завершити проєкт;
Застосування	Забезпечити застосування системи для задоволення потреб користувачів	
Підтримка застосування	Забезпечити стійку реалізацію можливостей системи	
Переведення в категорію непридатних для застосування	Зберігання, архівування або списання системи	

При цьому перші три стадії 1-3 є такими, що передують проєктуванню, а стадії 4-6 є безпосередньо проєктними.

На стадії «Ескізний проєкт» визначаються: функції АІС (функції підсистем, їх цілі та ефекти, склад комплексів задач та окремих задач); концепція інформаційної бази, її укрупнена структура; функції системи управління базою даних; склад обчислювальної системи; функції та параметри основних програмних засобів.

Стадія «Технічний проєкт» може складатися з таких етапів:

1. Розробка проєктних рішень із системи та її частин.
2. Розробка документації на АІС та її частини.
3. Розробка та оформлення документації на поставку виробів для комплектування АІС та технічних вимог (технічних завдань) на їх розробку.
4. Розробка завдань на проєктування в суміжних частинах проєкту об'єкта автоматизації.

Як видно, безпосередні проєктні роботи здійснюються на 1-му та 2-му етапах цієї стадії. Зокрема, на 1-му етапі розробляють загальні рішення щодо

- системи та її частин;
- функціонально-алгоритмічної структури;
- функцій персоналу та організаційної структури;
- структури технічних засобів;
- алгоритмів рішень задач та використовуваних мов;
- організації та ведення інформаційної бази;
- системи класифікації та кодування інформації;
- програмного забезпечення.

На 2-му ж етапі отримані результати проєктування висвітлюють у технічній документації.

З урахуванням описаних стандартних стадій життєвого циклу АІС можна запропонувати відповідний порядок навчального проєктування КФСПП для циклу лекцій, що розглядається (рисунок 2.8).

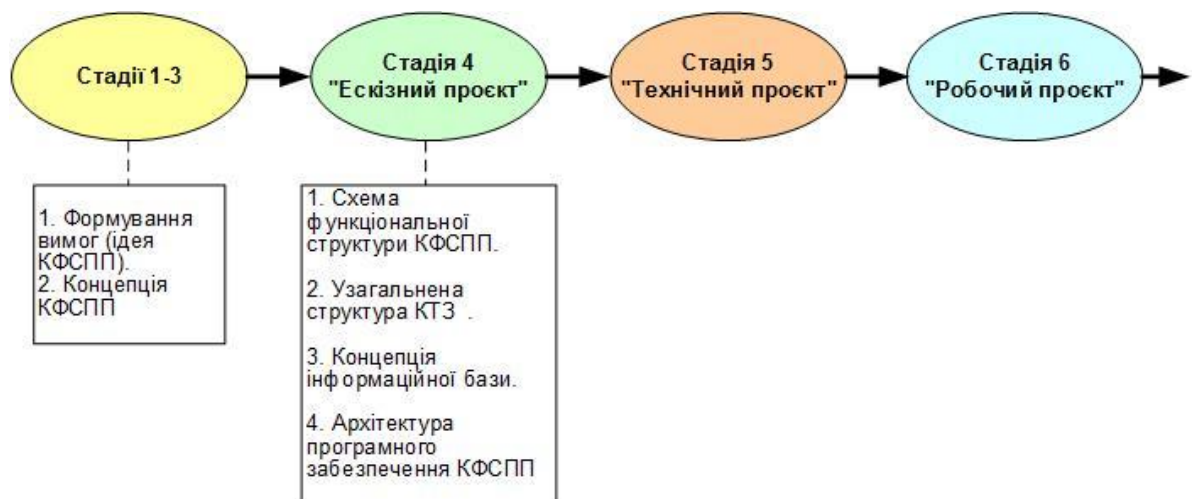


Рисунок 2.8 – Стадії проєктування КФСПП, що розглядаються на лекціях

На лекціях, які присвячені першим трьом стадіям життєвого циклу КФСПП, доцільно розглянути способи формування вимог у вигляді загальної ідеї побудови КФСПП та розробки її концептуального рішення (концепції).

На наступних лекціях можна розглянути стадію 4 життєвого циклу КФСПП, зокрема такі складові ескізного проєкту:

- схема функціональної структури КФСПП;
- узагальнена структура комплексу її технічних засобів (КТЗ);
- концепція інформаційної бази КФСПП;
- архітектура програмного забезпечення КФСПП.

І якщо перші три стадії життєвого циклу КФСПП є такими, що передують проєктуванню, тобто результати виконання їх робіт не регламентуються стандартами щодо оформлення проєктної документації, то на стадії 4 вже треба враховувати конкретні вимоги діючих стандартів щодо оформлення проєктної документації. Вище був означений один із небагатьох міжнародних стандартів, що стосується проєктування архітектури новітніх КФСПП – це «RAMI4.0» [13]. Саме на основі цього стандарту і можна побудувати кілька лекцій з даного циклу.

Спроєкуємо тепер функціональну структуру підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності з читання даного циклу online-лекцій з проєктування КФСПП (рисунок 2.9).

Викладачу для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надає групу основних інструментів «Інструменти online-лекції». Ця група інструментів доступна викладачу через персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ. Група інструментів пов'язана, по-перше, з потрібними «хмарними» сервісами платформи «Google», до яких викладач отримує доступ через свій аккаунт «Account#1», по-друге, з офісними застосунками «Microsoft Office 365» «хмарної» платформи «Microsoft», до якої викладач отримує доступ через інший свій аккаунт «Account#2».

На платформі «Google» для реалізації даної діяльності викладач використовує такі її сервіси – «Google YouTube», «Google Chrome», «Google

Drive» та «Google Meet». За допомогою усіх цих сервісів викладач може ефективно проводити цикл дистанційних лекцій за темою «Основи проєктування кіберфізичних систем промислового призначення», метою яких є надання студентам практичних знань щодо порядку виконання такого проєктування та основних способів оформлення його результатів. Для того, щоб даний матеріал викликав зацікавленість студентів пропонується виконувати усі проєктні роботи на основі тих прикладів практичної реалізації КФСПП, які розглядались під час попереднього циклу лекцій, коли демонструвався поточний стан КФСПП за допомогою відео з каналів «YouTube». Це не тільки буде цікаво студентам, але і демонструватиме їм нерозривний зв'язок лекційного матеріалу з реальним станом речей у даній предметній області.

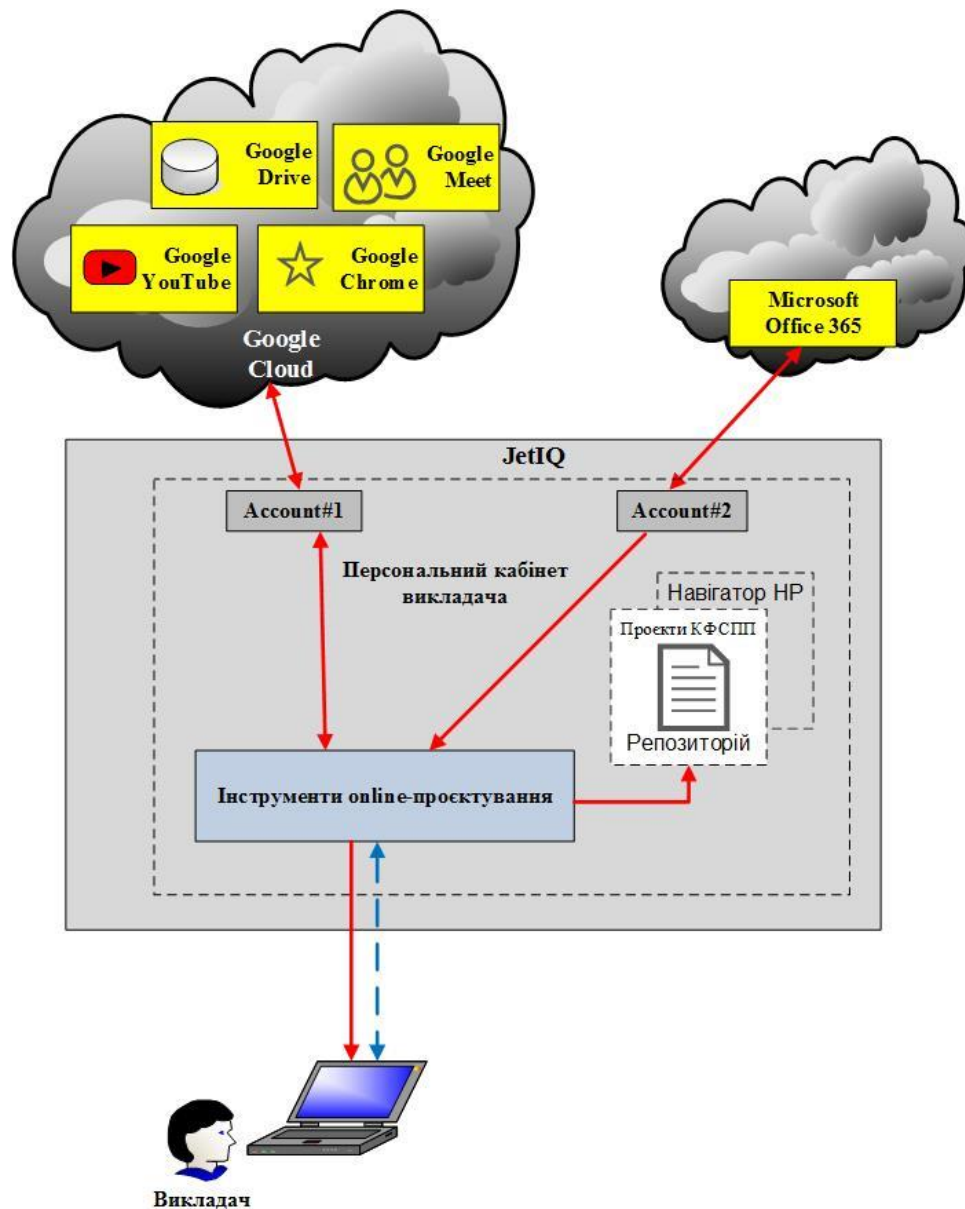


Рисунок 2.9 - Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності «Читання online-лекції з проектування КФСПП»

Тоді на основі аналізу конкретного відео, де демонструвалась робота реальної кіберфізичної системи промислового призначення, але не давалось пояснення щодо внутрішньої будови цієї КФСПП, можна виконати навчальне проектування цієї будови у порядку, що був показаний на рисунку 2.8: спочатку сформулювати загальну ідею створення КФСПП, яку студенти бачили у відео, потім розробити проєкт її концепції (концептуальне рішення), а закінчити цикл лекцій проектуванням архітектури програмного забезпечення цієї КФСПП.

Усі результати такого online-проектування викладач оформлює у вигляді відповідних електронних документів за допомогою офісних застосунків «Microsoft Office 365», наприклад «Visio» або «Word», і зразу після закінчення чергової лекції розміщує ці документи у персональному репозиторії, а з нього – у навігаторі навчального ресурсу «Промисловий Інтернет речей», щоб студенти після лекції могли переглядати ці проекти та формулювати питання до викладача, якщо щось буде незрозуміло.

На рисунку 2.10 показана деталізована функціональна структура підсистеми електронної підтримки читання всього циклу online-лекцій з проектування КФСПП. На цій структурі показано, що цикл лекцій розбитий на стадії навчального проектування КФСПП – стадію «Ідея», стадію «Концепція КФСПП» і стадію «Архітектура КФСПП». В результаті виконання в ході лекцій кожної з цих стадій оформлюється відповідне проєктне рішення у вигляді електронного документу або кількох документів. Усі ці документи по мірі виконання проєктних робіт розміщуються викладачем у персональному репозиторії та в навігаторі навчального ресурсу «Промисловий Інтернет речей», що дає змогу студентам скачувати цю проєктну документацію, вдома аналізувати її та потім використовувати як взірці при виконанні своїх індивідуальних проєктних завдань в рамках практикуму цієї дисципліни.

Тепер розглянемо приклад послідовного виконання проєкту деякої КФСПП, яку студенти можуть бачити у відео на попередніх лекціях (див. рисунок 2.4). Ця КФСПП дозволяє організувати індивідуальне виготовлення кожної одиниці продукції на автоматизованій виробничій лінії.

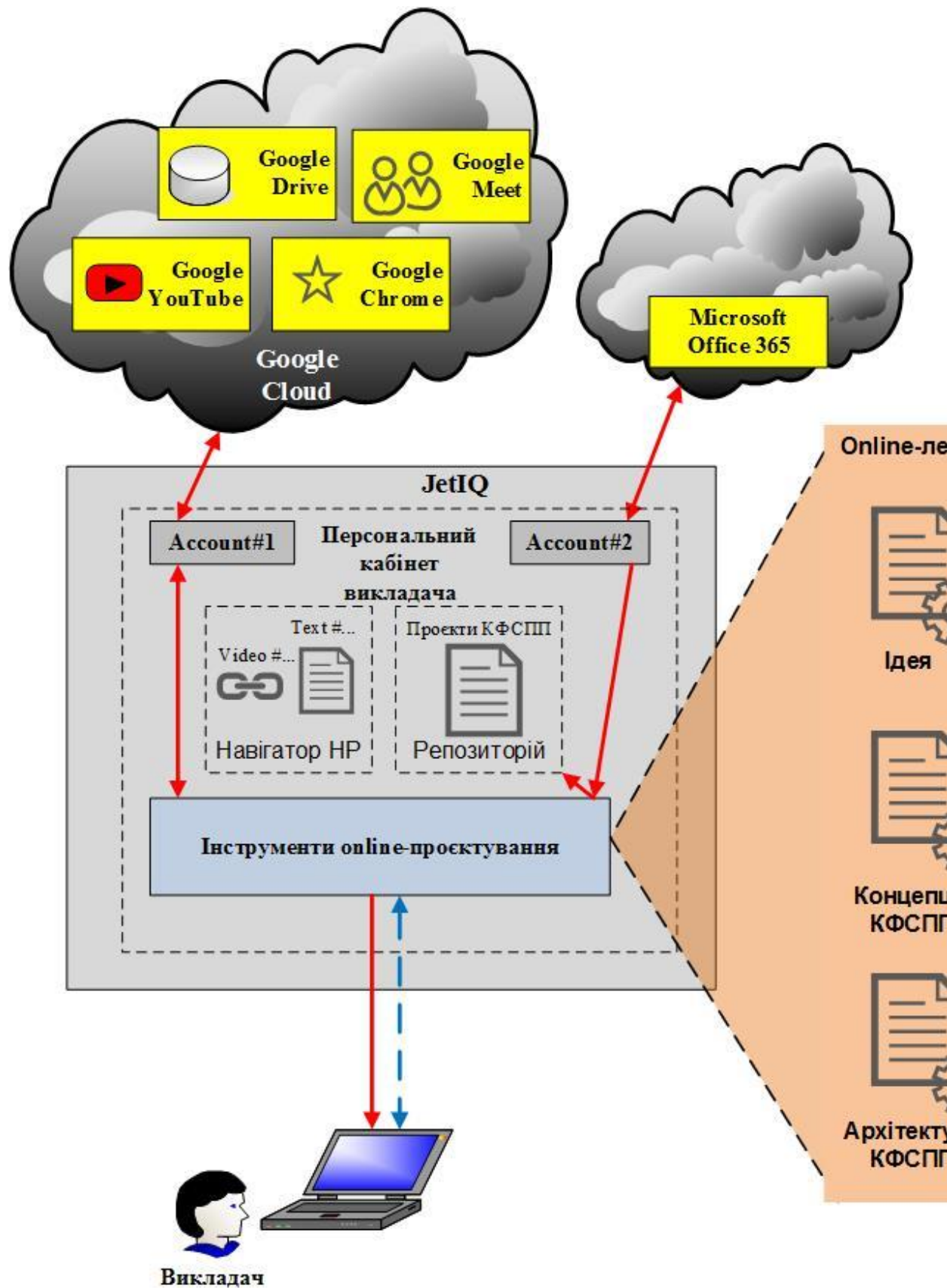


Рисунок 2.10 - Деталізована функціональна структура підсистеми електронної підтримки читання усього циклу online-лекцій з проєктування КФСПП

На попередньому етапі навчального процесу студентами був вже складений перелік основних (базових) елементів, з яких вона складається. Ці елементи, як було також показано вище, відповідають класичним базовим об'єктам онтологічної моделі узагальненої кіберфізичної системи (див. рисунок 2.7). Тому в ході навчального online-проєктування загальну ідею побудови КФСПП, робота якої показана у відео, також можна відобразити за допомогою графічної онтологічної моделі. На рисунку 2.11 показаний варіант такого зображення, яке викладач може розробити в ході відповідної online-лекції.

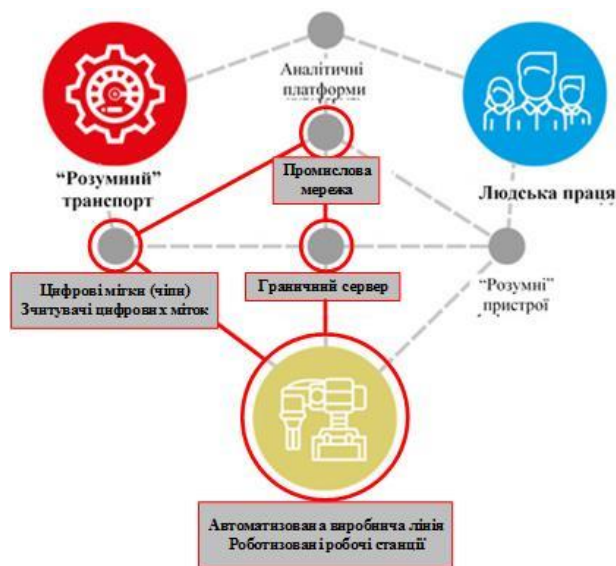


Рисунок 2.11 – Ідея КФСПП у вигляді графічної онтологічної моделі

Суть ідеї полягає в тому, що для індивідуального виготовлення кожної одиниці продукції на автоматизованій виробничій лінії, що складається з кількох роботизованих робочих станцій, використовуються індивідуальні цифрові мітки, закріплені на кожній одиниці продукції. Для зчитування

інформації з цих міток на кожній роботизованій робочій станції встановлений спеціальний зчитувач. Управління роботою автоматизованої лінії здійснюється граничним сервером, де виконується відповідне програмне обчислення, яке аналізує вихідну інформацію, отриману через промислову мережу з кожного зчитувача, і за заданим алгоритмом керує кожною роботизованою робочою станцією.

На основі такої ідеї побудови КФСПП можна далі в ході чергової лекції

розробити відповідне її концептуальне рішення (рисунок 2.12).

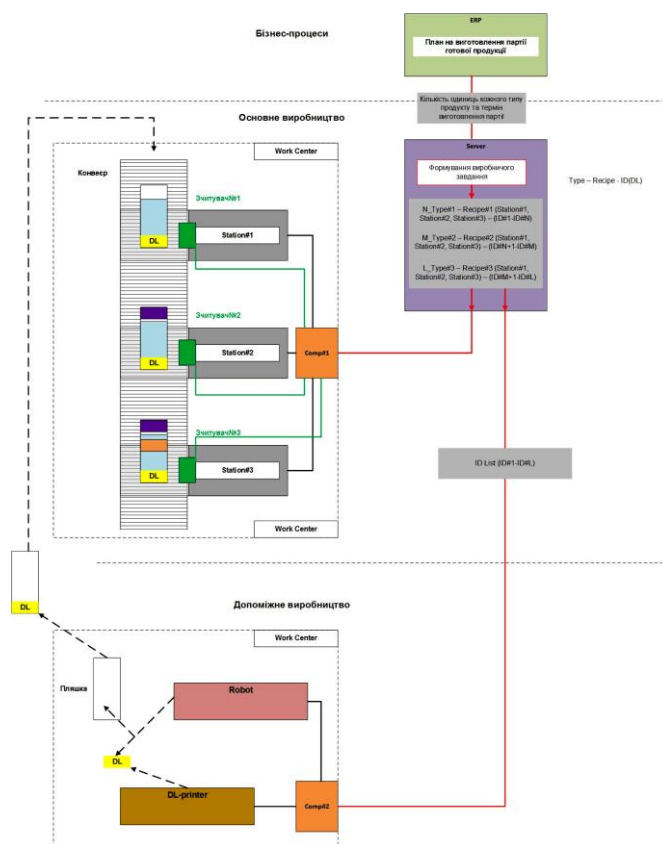


Рисунок 2.12 – Концептуальне рішення КФСПП

Концептуальне рішення КФСПП можна описати таким чином. Готова продукція - це прозора пляшка, в яку на автоматизованій виробничій лінії (Work Center) наливається рідке мило того чи іншого виду. При цьому пляшка в залежності від виду рідкого мила закривається відповідною

пластиковою кришкою і на неї наклеюється відповідна етикетка. Для автоматичного розпізнавання окремих пляшок на кожну з них кріпиться цифрова мітка (DL).

Усе виробництво розділено на дві частини:

- 1) Допоміжне виробництво: виготовляє пусті прозорі пляшки і закріплює на кожній з них індивідуальну цифрову мітку (електронний чіп).
- 2) Основне виробництво: організоване на основі автоматизованої лінії, на якій встановлені три роботизовані робочі станції.
 - «Station#1» для автоматичного наливання в пляшку рідкого мила;
 - «Station#2» для автоматичного накручування на пляшку пластикової кришки.
 - «Station#3» для автоматичного наклеювання етикетки на пляшку.

На рисунку 2.13 показана послідовність фаз даного виробничого процесу.

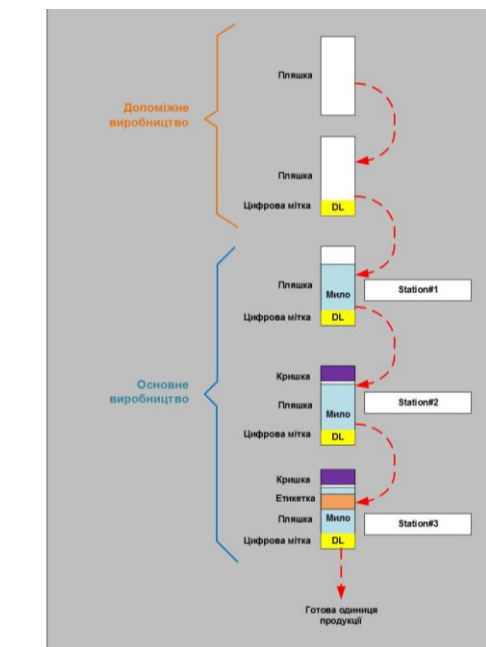


Рисунок 2.13– Послідовність фаз виробництва готової продукції

За управління бізнес-процесами цього виробництва відповідає зовнішня (по відношенню до КФСПП) ERP-система. Її головна функція - планувати виробництво, наприклад, вона повинна формувати поточний виробничий план на випуск чергової партії продукції у вигляді електронного рецепту «Site Recipe». Цей рецепт може містити електронну таблицю, в якій вказуються усі типи продукції в цій партії (тип продукції – пляшка, заповнена певним видом рідкого мила, закрита певною кришкою та з наклеєною певною етикеткою), їх кількість (штук) та відповідні рецепти виготовлення кожного типу продукції. Тобто це виробниче завдання для основного виробництва в цілому.

«Site Recipe» надсилається по мережі до виробничого сервера (Server), де з нього формується інший рецепт – «Master Recipe», який описує вже технологію (процедуру) обробки пляшок кожною роботизованою робочою станцією автоматизованої лінії в залежності від значення цифрової мітки. Сформований «Master Recipe» по мережі передається промисловому комп'ютеру, який керує автоматизованою виробничою лінією.

Для виконання цього рецепту автоматизованою виробничою лінією на кожній її роботизованій робочій станції встановлений зчитувач цифрової мітки (електронного чіпу), сигнал з якого передається до промислового комп'ютера (Comp#1) автоматизованої виробничої лінії. За отриманою інформацією з цифрової мітки цей промисловий комп'ютер керує роботою кожної робочої станції, а саме, він надсилає робочій станції таку інструкцію, яка відповідає технології (процедурі) обробки, заданій в «Master Recipe» для конкретної цифрової мітки. Тобто в «Master Recipe» мають бути зв'язані між собою тип продукції, процедура її обробки та значення цифрової мітки на пляшці.

Саме таке зв'язування повинен виконувати виробничий сервер, обробляючи «Site Recipe» від ERP-системи. Наприклад, якщо він отримає рецепт, у якому вказано, що треба виготовити 30 продуктів типу “2”, то він повинен для цієї продукції згенерувати 30 різних значень цифрових міток.

Теж саме він повинен зробити для інших типів продукції, якщо вона входить у поточну партію. У підсумку буде сформований перелік значень усіх цифрових міток для поточної партії продукції. Після цього цей список зв'язується з технологіями (процедурами) обробки кожної пляшки на автоматизованій виробничій лінії.

Допоміжне виробництво містить принтер цифрових міток (DL-printer), промисловий робот (Robot) та промисловий комп'ютер (Comp#2). Комп'ютер керує роботою принтера і робота. Принтер друкує усі цифрові мітки, які генерує виробничий сервер і надсилає до комп'ютера допоміжного виробництва у вигляді електронного списку «ID List (ID#1-ID#L)». Промисловий робот повинен наклеювати цифрові мітки, які він отримує від принтера цифрових міток, на кожну порожню пляшку, що призначена для поточної партії продукції. Далі пляшка транспортується конвеєром на основне виробництво.

На основі такого концептуального рішення можна продовжити під час наступних лекцій проєктування цієї КФСПП. Для більшої деталізації проєкту можна розробити архітектурне рішення програмної (кібернетичної) частини КФСПП. Цей проєкт повинен відповідати референтній архітектурній моделі RAMI4.0 (див. рисунок 1.4), яка складається з шести вертикальних шарів.

Як правило, проєктування починається з верхнього шару і поступово опускається донизу (проєктування «зверху - донизу»). Але у нашому випадку, коли виконується проєктування заради навчання студентів і його мета показати студентам спосіб проєктного опису архітектурного рішення існуючої КФСПП, можна відійти від цього традиційного підходу з навчально-методичних міркувань.

Тому можна почати знизу архітектурної моделі, де розміщений шар «Asset» (Актив). Там треба відображати усі фізичні активи КФСПП, на яких може бути реалізована її програмна частина – різні обчислювачі цифрових даних, джерела та приймачі цифрових даних, а також самі цифрові дані, що

пов'язані з цими фізичними активами. На рисунку 2.14 показаний варіант проєктування програмної частини КФСПП у шарі «Asset».

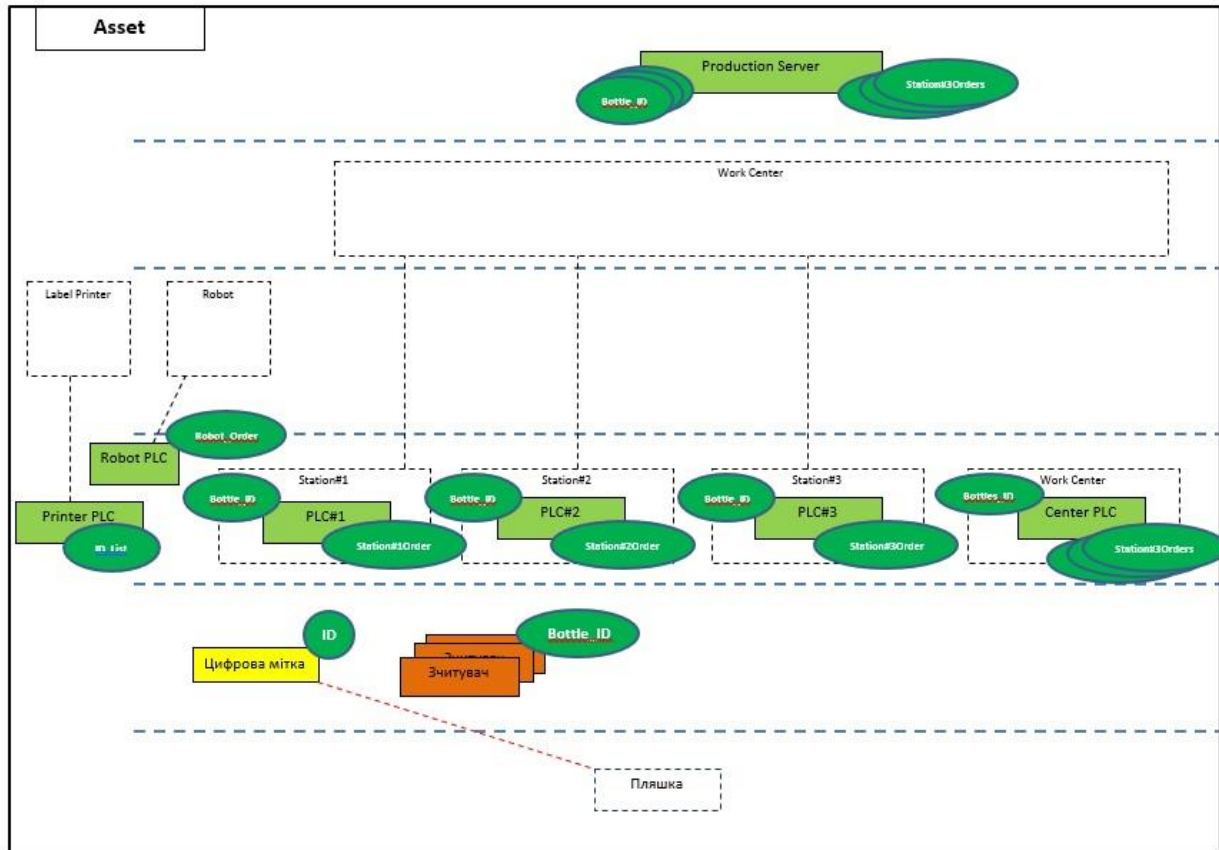


Рисунок 2.14 – Проєктування архітектури КФСПП у шарі «Asset»

З рисунку видно, що основними фізичними активами (обчислювачами) системи будуть вбудовані у кожную робочу станцію контролери «PLC#1» - «PLC#3», центральний керуючий контролер автоматизованої виробничої лінії «Center PLC», вбудований в принтер цифрових міток контролер «Printer PLC», вбудований в промисловий робот контролер «Robot PLC» та виробничий сервер «Production Server». Ці пристрої можуть бути і джерелами відповідних цифрових даних (дані позначені зеленими еліпсами), і приймачами цих даних. Крім цих обчислювачів в системі використовуються такі фізичні джерела цифрових даних – цифрова мітка () та зчитувач. Перша містить цифрові дані «ID»

(Ідентифікатор), а другий формує на виході цифрові дані «Bottle_ID» (Ідентифікатор пляшки).

Після проєктування архітектури КФСПП у шарі «Asset» доцільно в ході лекції перейти до проєктування верхнього шару «Business», в якому треба означити головну бізнес-задачу (бізнес-функцію), яку повинна вирішувати (виконувати) проєктована КФСПП. На рисунку 2.15 показаний можливий варіант цього проєктування.

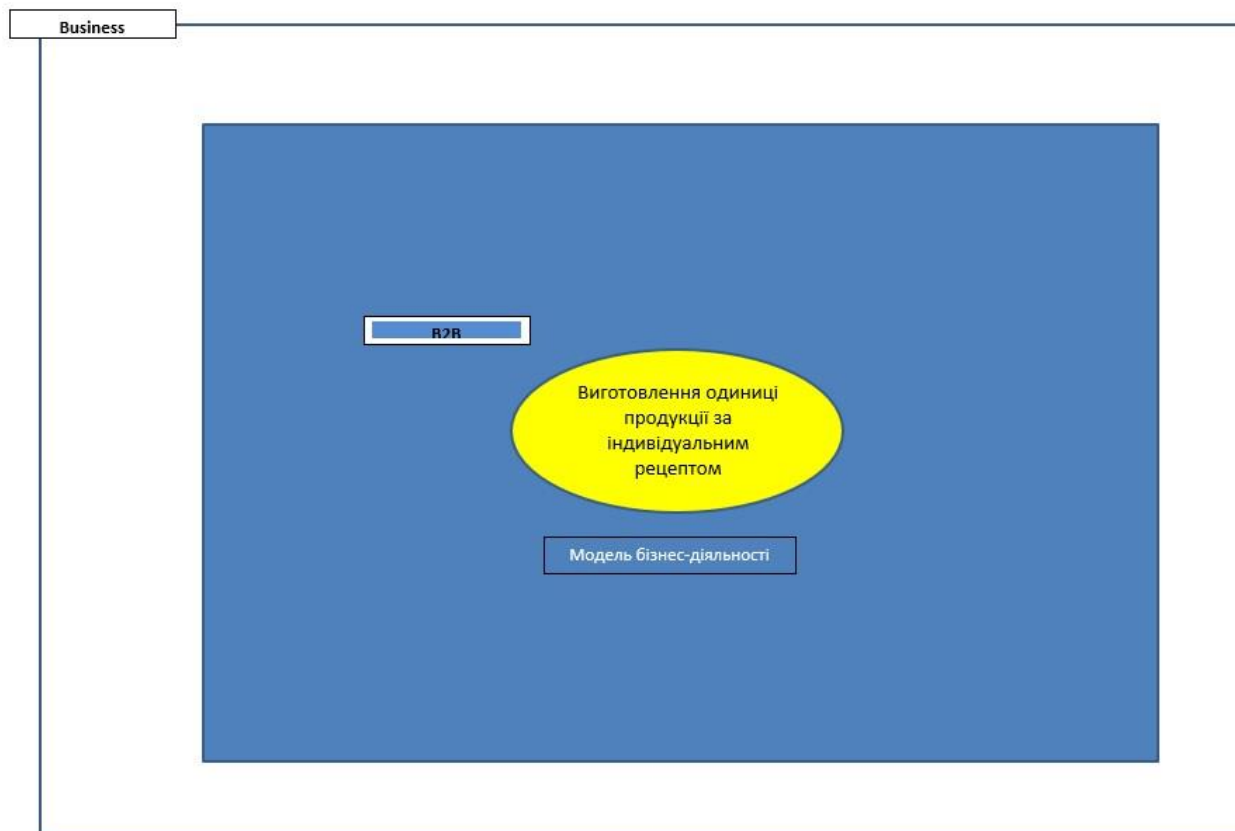


Рисунок 2.15 – Проєктування архітектури КФСПП у шарі «Business»

Така бізнес-задача (бізнес-функція) може бути результатом роботи окремої автоматизованої системи класу «B2B» (Business-to-Business). Якщо така задача поставлена перед всією КФСПП, то тепер можна перейти до проєктування функцій програмної частини системи, які вона повинна буде виконувати заради вирішення вказаної основної бізнес-задачі.

На рисунку 2.16 показані результати навчального поетапного проєктування функціоналу КФСПП, яке виконується у шарі «Functional №1»

архітектурної моделі. На цьому рисунку програмні функції КФСПП помічені голубим кольором, решта функцій виконуються іншими службами виробництва, але потенційно їх теж може виконувати більш масштабна КФСПП, яку треба буде ще розробити у майбутньому.

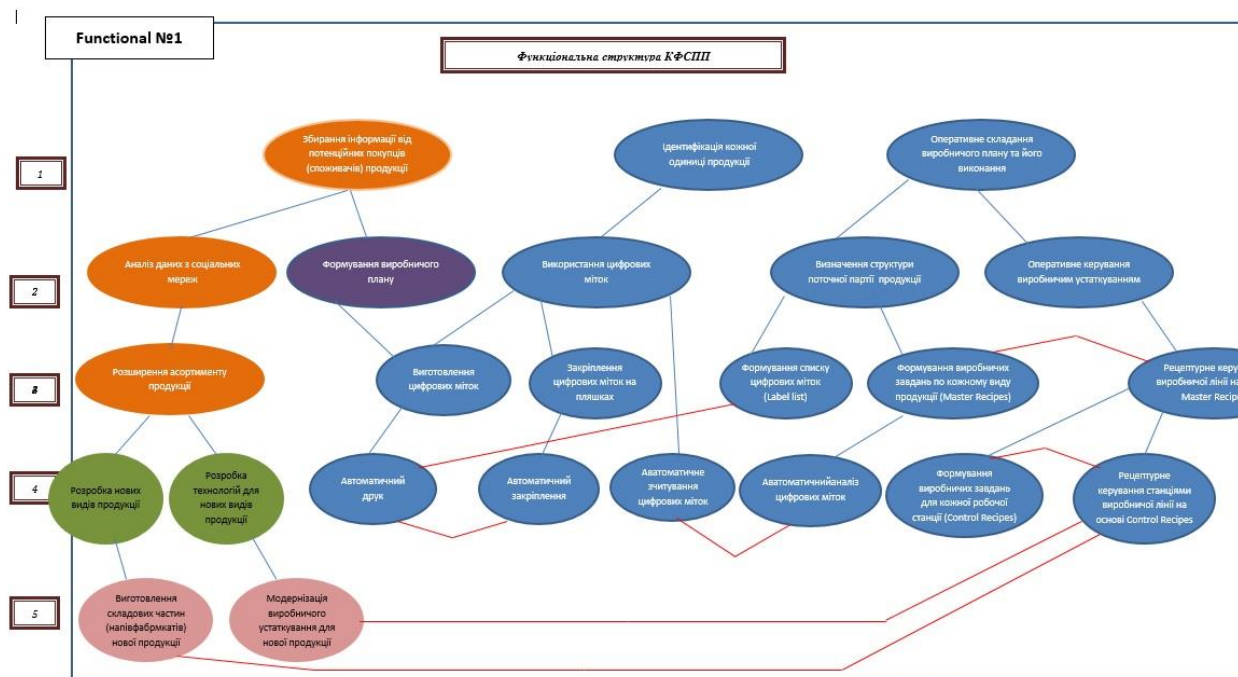


Рисунок 2.16 – Проектування архітектури КФСПП у шарі «Functional №1»

Для деталізації функціоналу саме програмної частини КФСПП в архітектурну модель ввести додатковий шар «Functional №2», де показати ті функції, які мають виконувати окремі обчислювачі системи (контролери і сервер). На рисунку 2.17 показане таке архітектурне рішення.

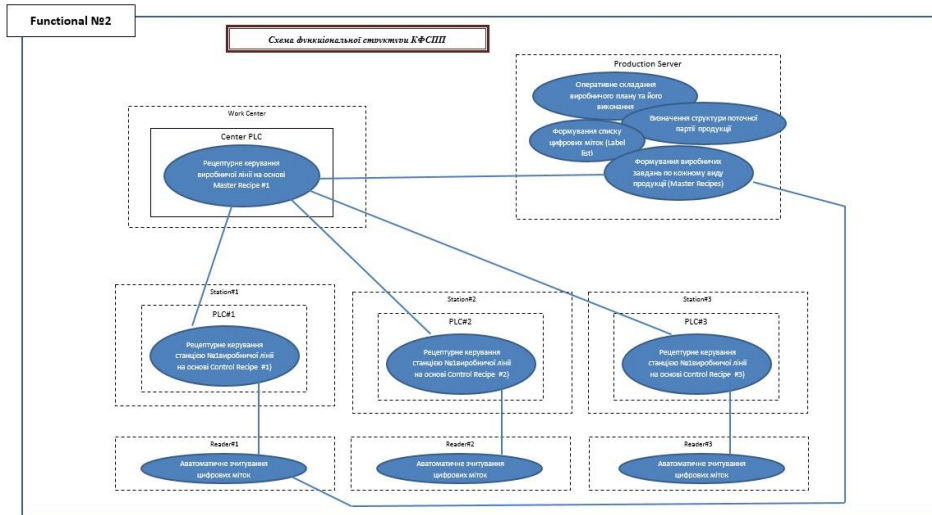


Рисунок 2.17 – Проектування архітектури КФСПП у шарі «Functional №2»

По суті це проєктне рішення відповідає стандартній схемі функціональної структури системи, де показані усі програмні функції, виконувані різними обчислювачами системи, та інформаційні зв'язки між цими функціями.

Далі в ході наступних лекцій можна знову опуститися на нижні шари архітектурної моделі і спроектувати систему, наприклад, у шарі «Integration». На рисунку 2.18 показане таке проєктне рішення.

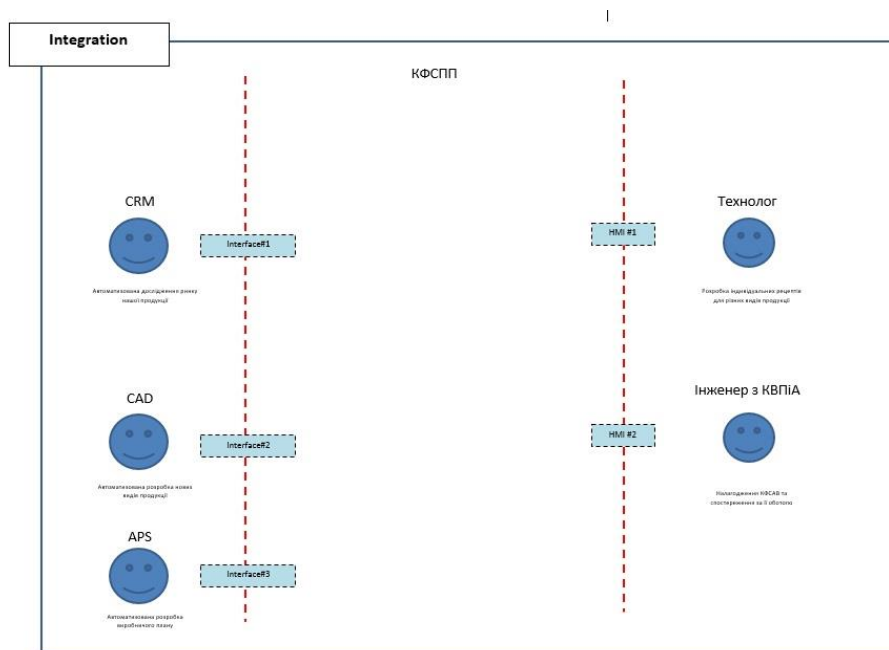


Рисунок 2.18 – Проектування архітектури КФСПП у шарі «Integration»

У цьому шарі проєктуються усі потрібні цифрові інтерфейси КФСПП з зовнішніми акторами (системами і працівниками). Наприклад, дана система може обмінюватися інформацією з системою «CRM» (Customer Relationship Management) щодо результатів досліджень ринку продукції, яку випускає дане виробництво. Також КФСПП може інформаційно взаємодіяти з системою проєктування CAD, з системою вдосконаленого планування APS, з технологом, зі інженером служби КВПіА і т. д.

Далі на лекціях можна спроектувати КФСПП у шарі «Communication», де треба уточнити, якими саме технічними та програмними засобами будуть реалізовуватися в системі ті інформаційні зв'язки, які показані на схемі функціональної структури (див. рисунок XXX). Зокрема, ми можемо означити спосіб реалізації інформаційного зв'язку між цифровою міткою та зчитувачем (рисунок 2.19).

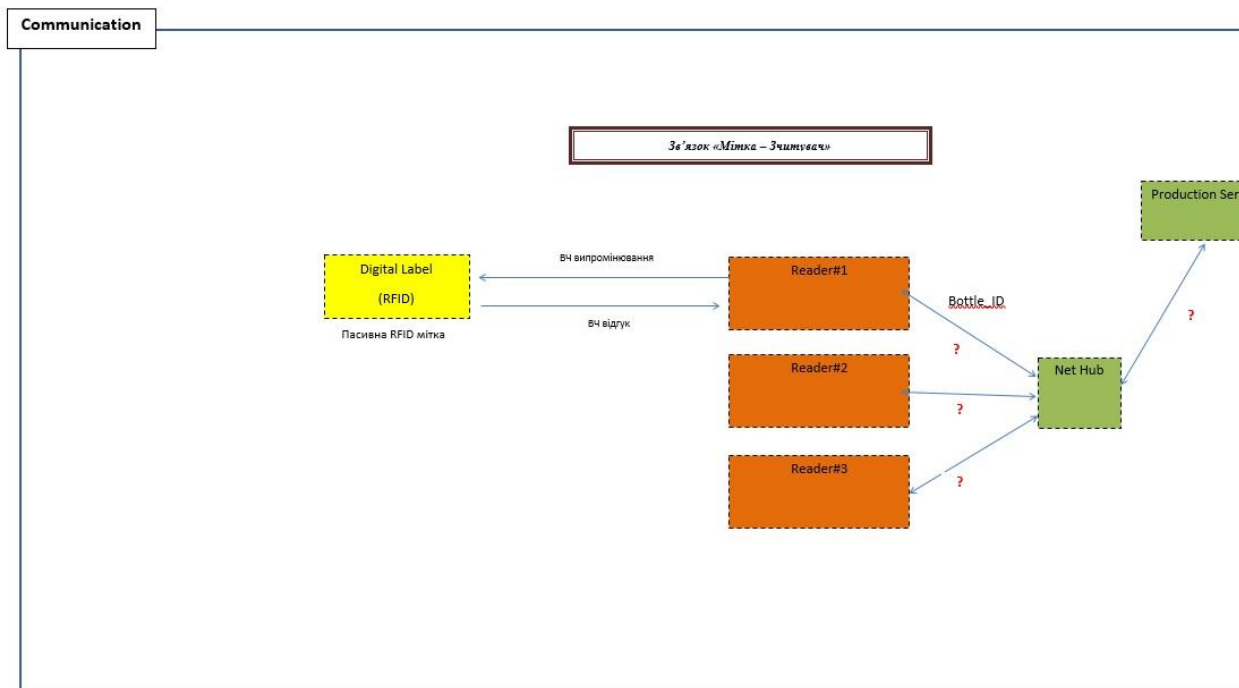


Рисунок 2.19 – Проектування архітектури КФСПП у шарі «Communication»

З рисунку видно, що для цього зв'язку вибрана технологія «RFID» (радіочастотна ідентифікація), яка забезпечує безконтактне передавання цифрових даних з цифрової мітки до зчитувача за рахунок електромагнітного випромінювання надвисокої частоти.

Остаточно архітектурне проектування можна закінчити проєктом інформаційного обміну між програмними функціями, реалізованими на різних обчислювачах.

2.3 Підтримка розробки навчально-методичного забезпечення для студентського практикуму

Як було зазначено у розділі 1 в ході першого модуля дисципліни «Промисловий Інтернет речей» студенти проходять відповідний проєктний практикум, в ході якого вони на практиці повинні навчитися аналізувати

реальний АТП/АВП та виявляти в ньому існуючі проблеми, які далі можна буде вирішити шляхом проєктування та впровадження на реальному виробництві відповідної КФСПП. При цьому студенти використовують спеціальну методику структурованого аналізу реального АТП/АВП, яка заснована на знанні архітектурної будови КФСПП, яка вивчається у лекційному курсі. При застосуванні цього структурованого аналізу використовується також перелік властивостей «розумного» цифрового виробництва, що автоматизоване на основі КФСПП. Такий перелік, сформований в ході лекційного курсу та самостійної роботи студентів, розміщується викладачем у навігаторі навчального ресурсу «Промисловий Інтернет речей» і доступний студентам для перегляду.

Тому основна діяльність викладача щодо розробки навчально-методичного забезпечення такого студентського практикуму включає, по-перше, розробку методики структурованого аналізу реального АТП/АВП, по-друге, в розробці відповідного детального опису цього реального процесу, за яким студенти зможуть достатньо глибоко зрозуміти його суть та виявити приховані проблеми.

Спроєктуємо функціонал підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності щодо розробки вказаного опису реального АТП/АВП.

Вище була зазначена основна методична проблема даної дисципліни – майже повна відсутність логічного зв'язку з іншими професійними та спеціальними дисциплінами, в яких в основному вивчаються різні аспекти створення автоматизованих систем промислового призначення попереднього покоління, тобто систем, що відповідають вимогам третьої промислової революції «Індустрія 4.0». В цій же дисципліні вивчаються системи автоматизації у вигляді КФСПП, які відповідають вимогам іншої революції – «Індустрія 4.0».

Тому було прийнято рішення за можливістю максимально зв'язати навчальний матеріал даної дисципліни з навчальним матеріалом деяких

інших дисциплін, які студенти вивчали раніше або вивчають паралельно з даною дисципліною. В якості такою ланки, що зв'язує, вибране «віртуальне виробництво» хімічної рідини, на основі якого побудовані лабораторні курси декількох дисциплін бакалаврського і магістерського рівня підготовки. На рисунку 2.20 показана загальна схема даного «віртуального» виробничого процесу, який складається з основного і допоміжного технологічних процесів, а також обслуговуючого технічного процесу промислового складу:

- основний технологічний процес, що має три фази (фаза 1 – модель хімічного реактора, фаза 2 – модель накопичувача/дозатора, фаза 3 – модель роботизованої пакувальної лінії);
- допоміжний технологічний процес (моделі двох автоматизованих виробничих ліній для умовного виготовлення комплектів пустої тари);
- обслуговуючий технічний процес (модель промислового складу для

умовного збереження усіх наявних матеріальних ресурсів, напівфабрикатів та продукції «віртуального виробництва»).

У 2020 році таке «віртуальне виробництво» було реалізоване у лабораторії «Промислова мікропроцесорна техніка» ФІІТА ВНТУ шляхом логічного об'єднання усіх наявних в лабораторії моделей технологічних/технічних об'єктів/процесів у єдину імітаційну модель виробництва уявної хімічної продукції [3-6]. На цьому «віртуальному виробництві» імітується виготовлення різних видів рідкої хімічної продукції обмеженими за обсягом партіями у запланований період часу. Таким чином, дане «віртуальне виробництво» організовано у вигляді періодичного виробничого процесу.

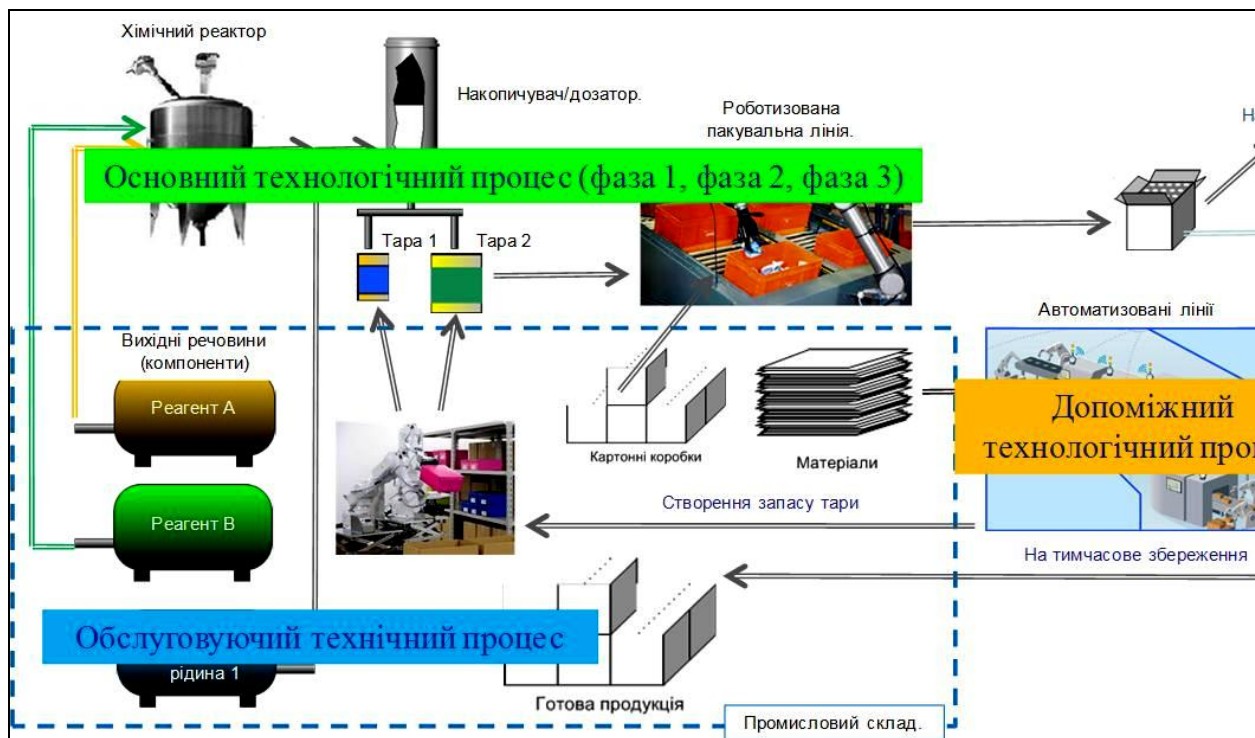


Рисунок 2.20 – Складові процеси «віртуального виробництва» хімічної продукції

Таким чином, студенти на протязі тривалого часу навчання вивчають таке «віртуальне виробництво» і розробляють для нього відповідні системи автоматизації за концепцією «Індустрія 3.0».

Проте проєктний практикум з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» призначений для практичного вивчення студентами процесу цифрової трансформації, тобто переходу від системи автоматизації, побудованої за концепцією «Індустрія 3.0», до КФСПП, побудованої за концепцією «Індустрія 4.0». А для того, щоб студент міг почати виконувати проєктні роботи, пов'язані з цифровою трансформацією реального АТП/АВП, побудованого за концепцією «Індустрія 3.0», і треба спочатку надати йому детальний опис цього процесу у вигляді, наприклад, вихідних графічних моделей, постачених детальними текстовими поясненнями, щоб студент чітко уявив собі можливу практичну реалізацію цього АТП/АВП на реальному хімічному виробництві.

Розробку таких вихідних графічних моделей і повинен виконати викладач, який на основі свого бачення, знань та досвіду може здійснити фахову уявну трансформацію знайомого студентам лабораторного ТП/ВП або АТП/АВП у реальний ТП/ВП чи АТП/АВП промислового підприємства (рисунок 2.21).



Рисунок 2.21 – Суть уявної трансформації лабораторного ТП

Такі моделі викладач має розробляти за допомогою тих програмних засобів, які йому буде надавати система електронної підтримки, наприклад у вигляді графічних та текстових редакторів.

Для прикладу розглянемо моделювання, що може здійснити викладач при розумовій трансформації існуючого лабораторного ТП пакування готової продукції у реальний ТП. Ця модель реального ТП повинна бути достатньо інформативною, щоб студент зміг зрозуміти усі особливості цього процесу та бачити його потенційні недоліки. Тому кращим варіантом є використання 3D-моделювання реального ТП з можливістю застосування в цій моделі засобів технічної анімації. На рисунку 2.22 показаний варіант такої 3D-моделі реального ТП пакування готової продукції, розробленої засобами графічного редактора «Visio» з пакету «Microsoft Office 365» а «хмарній» платформі «Microsoft», доступній викладачу через свій персональний кабінет у системі JetIQ.

На цій моделі відображено реальне приміщення деякого промислового підприємства, де змонтовані конвеєри та пакувальний робот, а також усе інше обладнання, що забезпечує роботу цього ТП.

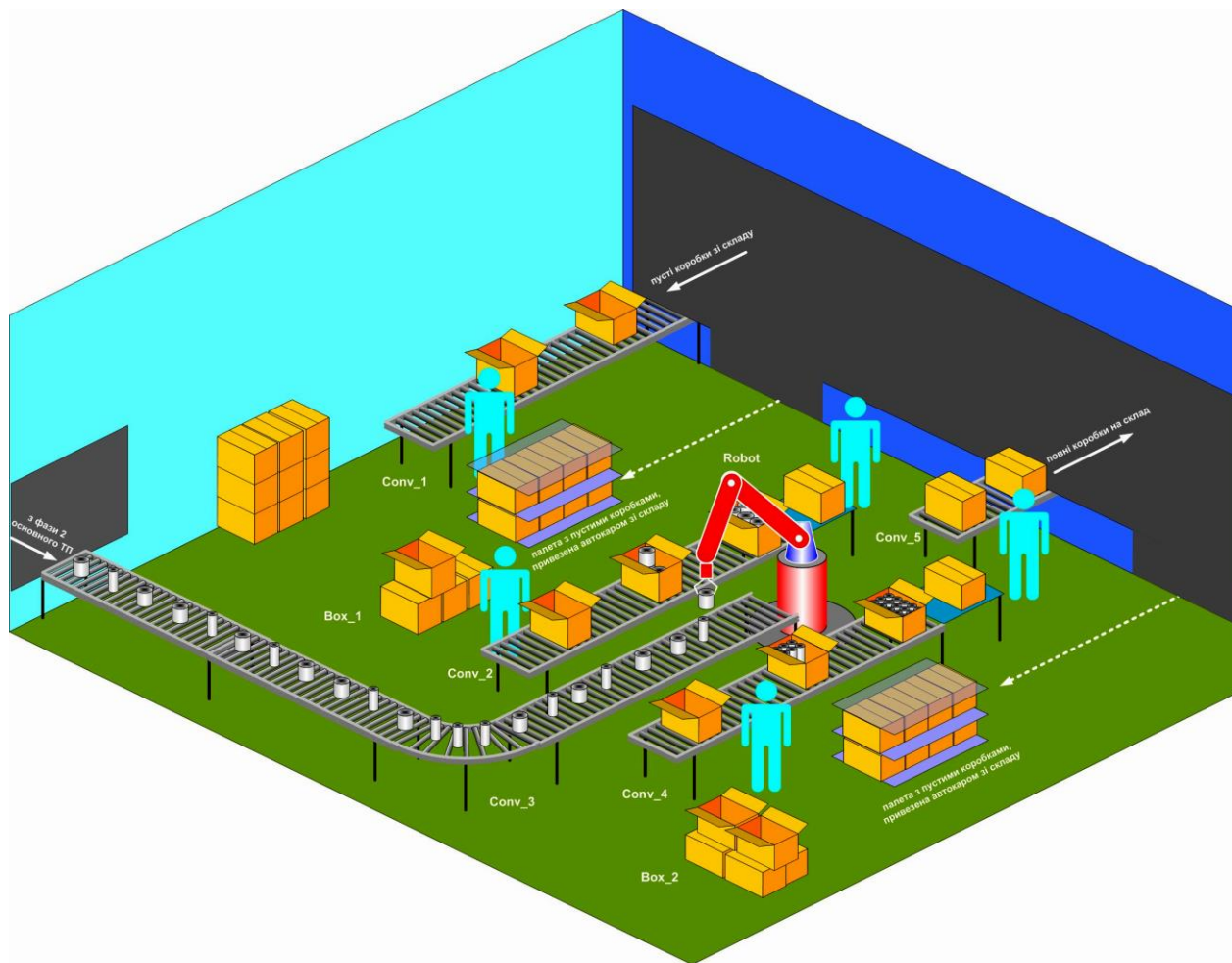


Рисунок 2.22 – Тривимірна графічна модель реального ТП

Така модель описується викладачем у супутньому текстовому документі, де означається не тільки конструкція цього реального ТП та його принцип дії, але і надається повний перелік як встановленого промислового обладнання й основні його конструктивні/технічні/експлуатаційні характеристики, так і локальні запаси матеріальних ресурсів, що забезпечують нормальне протікання цього ТП. У таблиці 2.2 показаний зразок такого переліку.

Таку статичну графічну модель реального ТП викладач може «оживити» за допомогою доступного програмного додатку. Наприклад, остання версія графічного редактора «Visio» за рахунок вбудованих макросів дозволяють додавати до графічних моделей елементи технічної анімації.

Таблиця 2.2 – Промислове обладнання реального ТП

Позначення	Призначення	Характеристики
Robot	Пакувальний робот	Тип, конструктивні та технічні характеристики, вбудовані засоби автоматизації та електропривод
Conv_1	Промисловий конвеєр подачі пустих коробок типів 1 та 2 зі складу	- « -
Conv_2	Промисловий конвеєр подачі пустих коробок типу 1 до пакувального робота	- « -
Conv_3	Промисловий конвеєр подачі з фази 2 основного ТП банок типів 1 та 2, заповнених готовою продукцією та закритих кришками, до пакувального робота	- « -
Conv_4	Промисловий конвеєр подачі пустих коробок типу 2 до пакувального робота	- « -
Conv_5	Промисловий конвеєр	- « -

	подачі повних коробок типів 1 та 2 на склад	
Box_1	Локальний запас пустих коробок типу 1	Величина допустимого мінімального запасу
Box_2	Локальний запас пустих коробок типу 2	Величина допустимого мінімального запасу

Також викладач може розробити модель реальної системи автоматизації, що працює в умовах реального промислового підприємства. Ці умови, без сумніву, відрізняються від тих умов, які є в лабораторії. На підприємстві встановлено реальне промислове обладнання, що має конкретні конструктивні/технічні/експлуатаційні характеристики, а матеріальні ресурси мають свої фізичні властивості.

Тому спочатку викладач повинен обґрунтовано вибрати для реальної системи автоматизації відповідні зразки промислових технічних засобів автоматизації (ТЗА) – контролери, датчики та вимірювачі різних фізичних величин, а потім розмістити їх на тривимірній моделі реального ТП (рисунок 2.23) у тому місці моделі, де вони повинні бути встановленими при монтажі на реальному промисловому підприємстві.

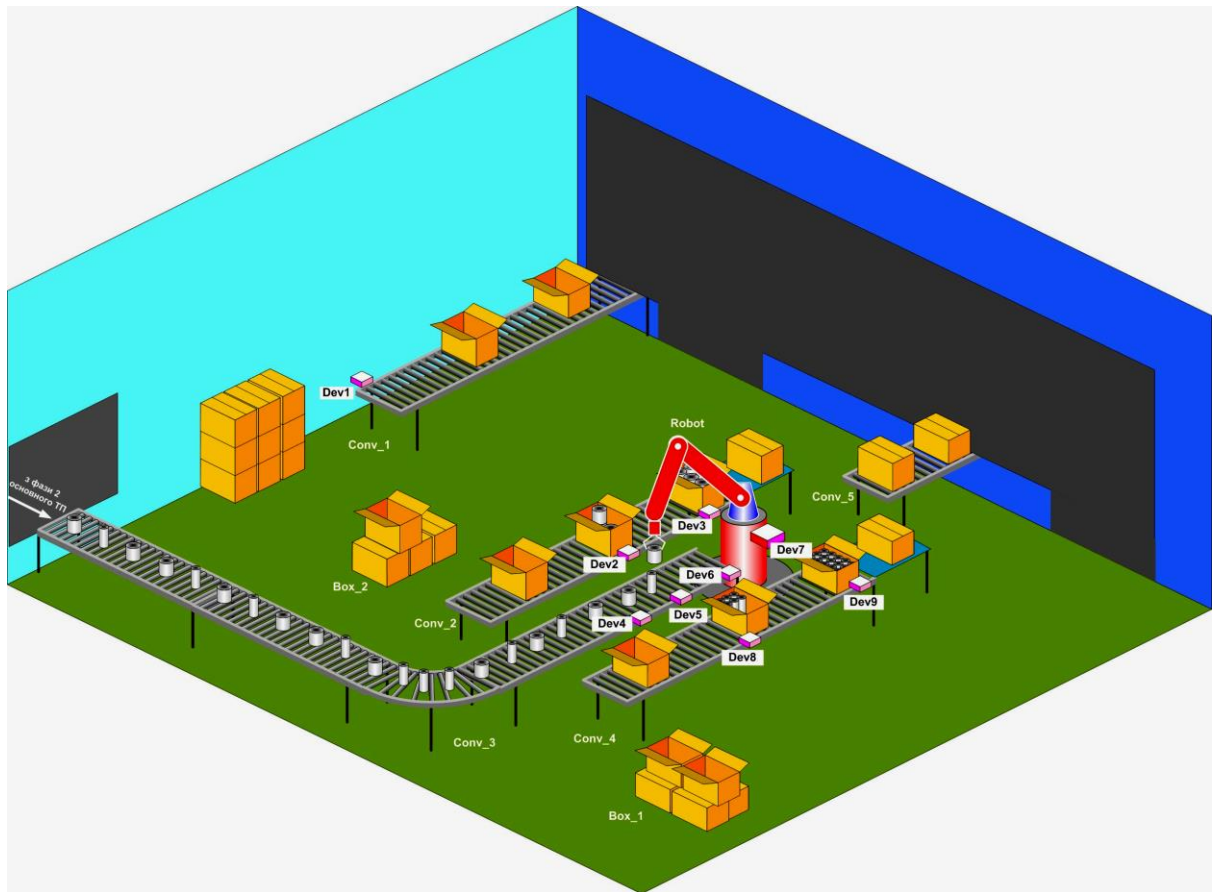


Рисунок 2.23 – Розміщення ТЗА на тривимірній моделі реального ТП

На рисунку кожному ТЗА привласнене позиційне позначення «Dev#», де # - позиційний номер. Ці ТЗА обґрунтовано вибираються актором «Студент» з відповідних каталогів промислової автоматизації, враховуючи конструктивні/технологічні/експлуатаційні характеристики промислового обладнання реального ТП та фізичні властивості матеріальних ресурсів, які наведені в таблиці 2.2. Ця тривимірна модель реального ТП постачається текстовим переліком усіх вибраних ТЗА з означенням їх призначення, типу та основних конструктивних/технічних/метрологічних характеристик.

В таблиці 2.3 наведений приблизний зразок такого переліку, але в процесі практичному навчання оформлення цього переліку може бути відкориговане.

Після розміщення усіх ТЗА на тривимірній моделі реального ТП викладач може спроектувати систему сигнальної арматури, яка

забезпечить передачу електричних сигналів (вимірювання, управління) між промисловим контролером «Dev7» та рештою ТЗА. Для «прокладання» сигнальних кабелів на реальному підприємстві зазвичай застосовується спеціальна монтажна арматура.

Таблиця 2.3 – Технічні засоби автоматизації реального ТП

Поз. позначення	Призначення	Т ип	Характеристики
1	2	3	4
Dev1	Позиційний датчик крайнього положення пустої коробки на конвеєрі «Conv_1»	...	...
Dev2	Позиційний датчик конвеєра «Conv_2» для фіксації робочого положення пустої коробки типу 1 біля пакувального робота	...	...
Dev3	Позиційний датчик крайнього положення повної коробки типу 1 на конвеєрі «Conv_2»	...	...

Dev4	Датчик конвеєра «Conv_3» для ідентифікації типу повної банки, що подається до пакувального робота	...	...
Dev5	Позиційний датчик конвеєра «Conv_3» для фіксації робочого положення повної банки біля пакувального робота	...	...
Dev6	Позиційний датчик крайнього положення повної банки на конвеєрі «Conv_3»	...	...
Dev7	Промисловий контролер, вбудований в пакувальний робот	...	...

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
Dev8	Позиційний датчик конвеєра «Conv_4» для фіксації робочого положення пустої коробки типу 2	...	...

	біля пакувального робота		
Dev9	Позиційний датчик крайнього положення повної коробки типу 2 на конвеєрі «Conv_4»	...	...

На рисунку 2.24 показаний варіант розміщення цієї арматури у приміщенні реального ТП.

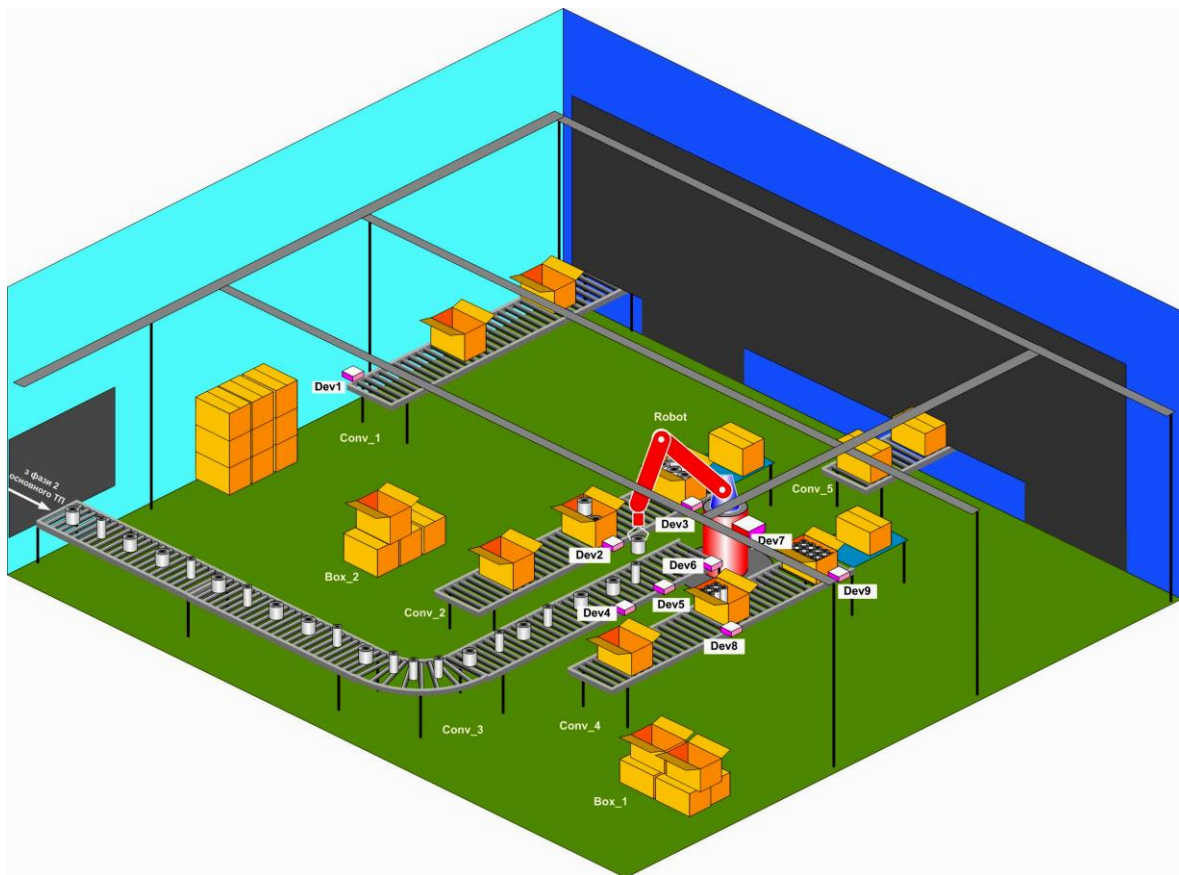


Рисунок 2.24 – Розміщення монтажної арматури на реальному ТП

Ця арматура являє собою монтажні профілі, що встановлені на вертикальних опорах. Всередині цих профілів при монтажі укладаються сигнальні кабелі, що йдуть від/до промислового контролера. Біля місця розміщення відповідного ТЗА потрібний сигнальний кабель опускається з монтажного профілю і підключається до цього ТЗА.

В результаті прокладки усіх сигнальних кабелів викладач може отримати тривимірну модель електричного монтажу ТЗА на реальному ТП (рисунок 2.25).

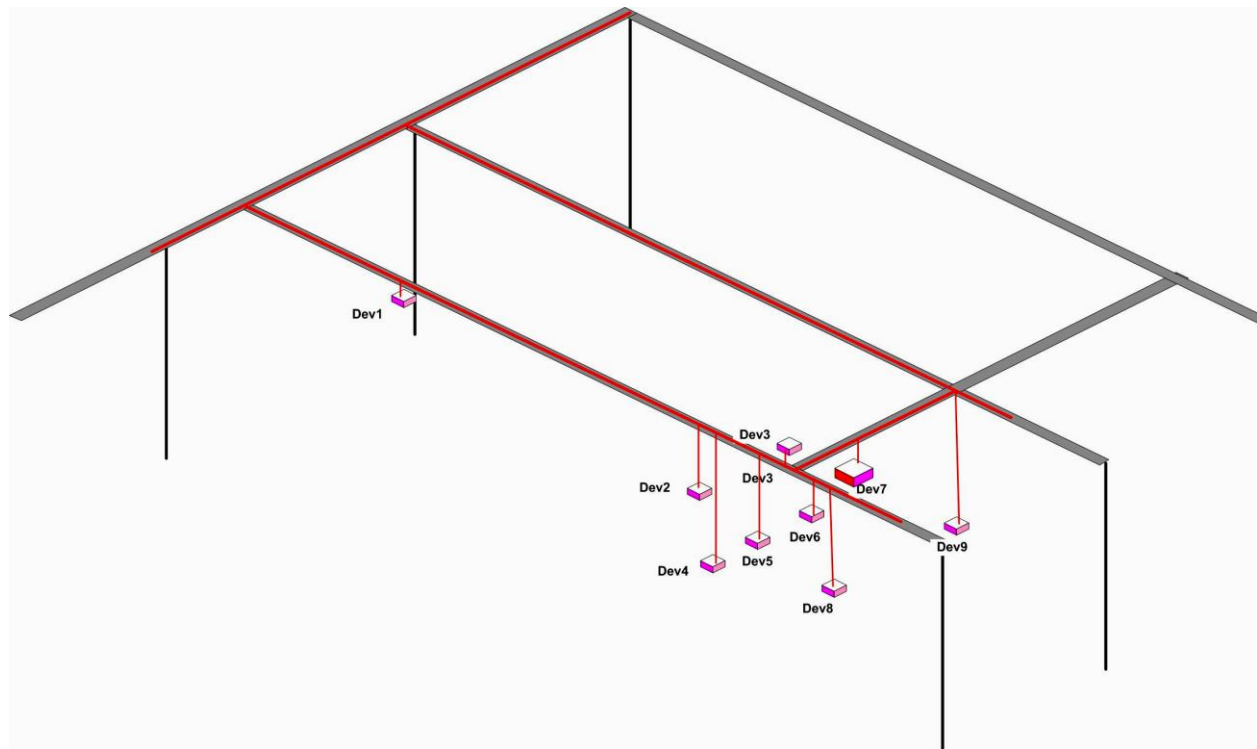


Рисунок 2.25 – Тривимірна модель електричного монтажу ТЗА на реальному ТП

Далі викладач може доповнити тривимірну модель реального АТП програмно-технічними засобами операторського та диспетчерського управління. Операторське управління має здійснюватися через автоматизоване робоче місце оператора АТП (АРМ оператора), яке розташовується у окремому приміщенні. Диспетчерське управління

періодичним виробництвом реального АТП має здійснюватися через автоматизоване робоче місце диспетчера виробництва (АРМ диспетчера), яке також повинно розміщуватися у окремому приміщенні.

На рисунку 2.26 показані відповідні доповнення тривимірної моделі реального АТП.

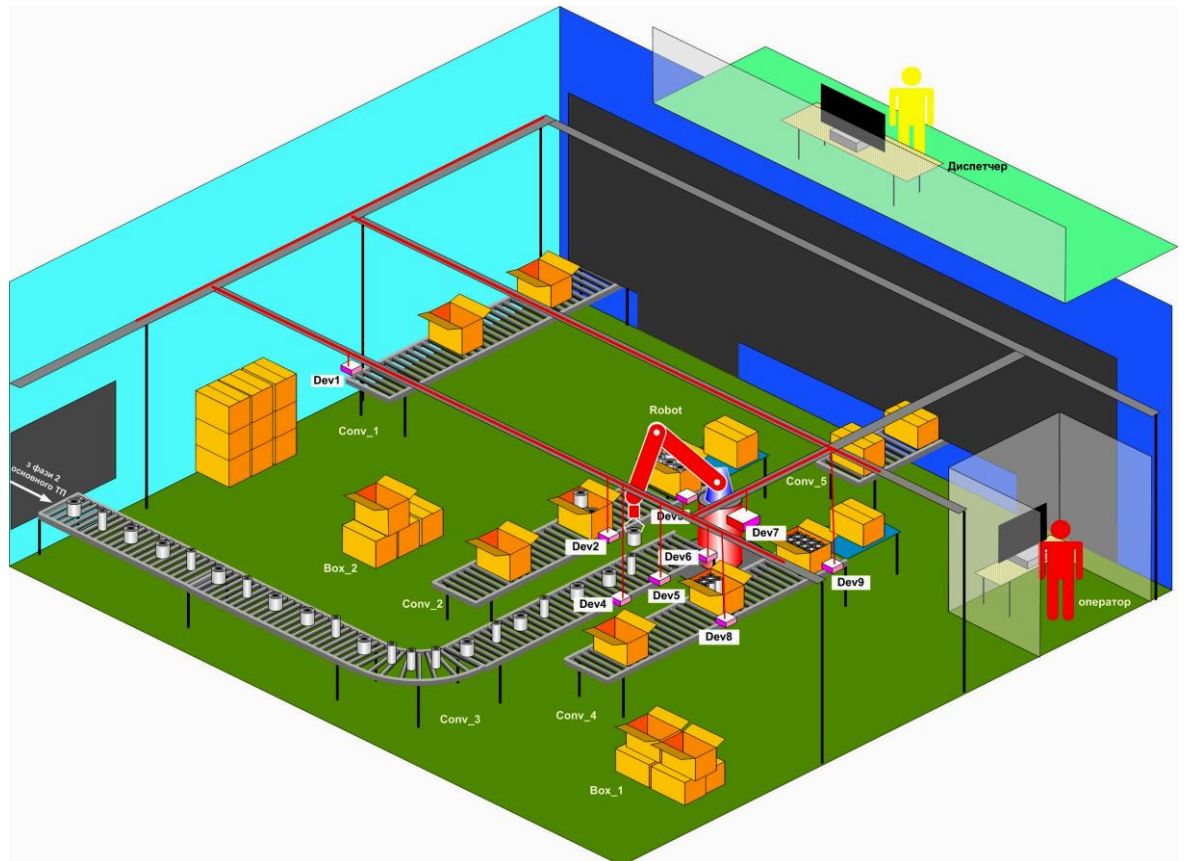


Рисунок 2.26 – Модель реального АТП з АРМ оператора та диспетчера

Останнє, що може зробити викладач, щоб повністю зробити тривимірну модель реального АТП, це «прокласти» в приміщенні підприємства корпоративну цифрову мережу, яка з'єднає промисловий контролер реального АТП, що встановлений у пакувальному роботі, ПК автоматизованого робочого місця оператора та ПК автоматизованого

робочого місця диспетчера. На рисунку 2.27 показана доповнена модель реального АТП.

На графічних моделях реального АТП можна також додатково показати працівників, що забезпечують роботу даного АТП, наприклад, інженера з контрольно-вимірювальних пристроїв та автоматики (КВПіА) та наладчика КВПіА, які мають спостерігати за роботою ТЗА та всієї системи управління в цілому, а також виконувати їх ремонт та налаштування.

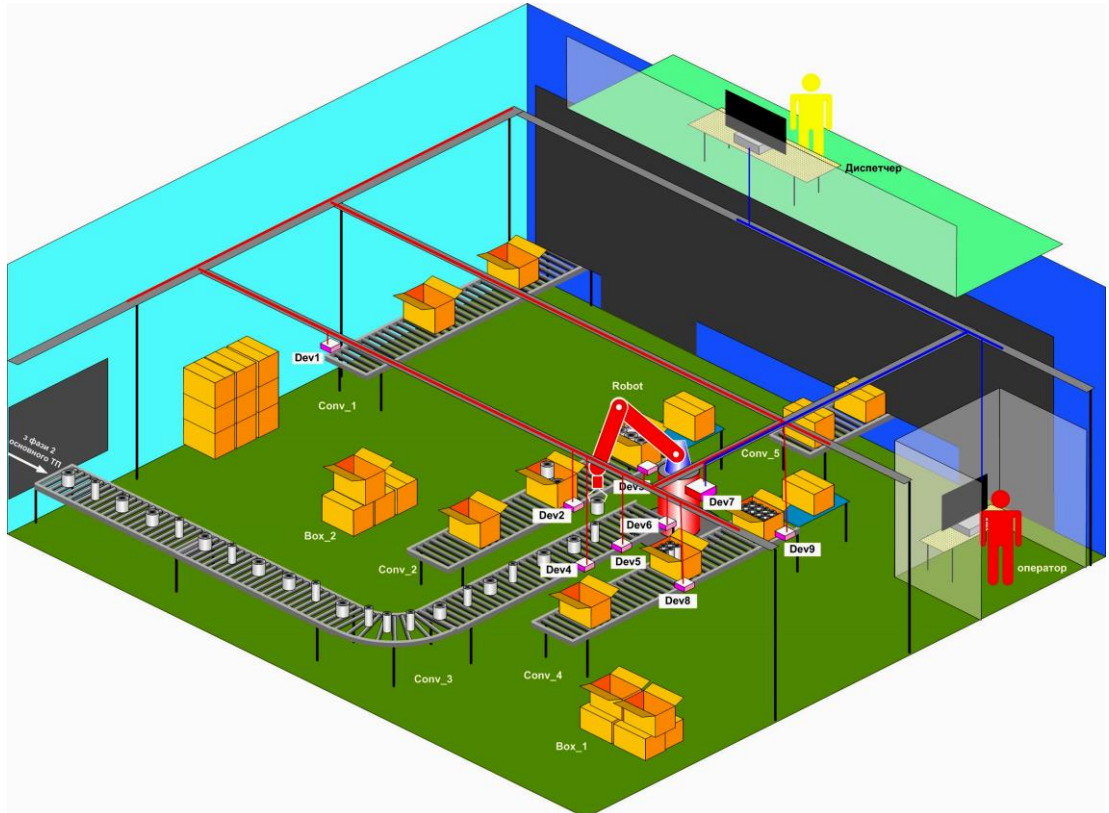


Рисунок 2.19 - Монтаж в приміщенні підприємства корпоративної цифрової мережі

2.4 Висновки до розділу

В ході виконання науково-дослідних робіт в рамках даного розділу комплексної магістерської кваліфікаційної роботи була спроектована підсистема електронної підтримки викладацької діяльності у першому

навчальному модулі дисципліни «Промисловий Інтернет речей», а саме розроблений функціонал підтримки проведення циклу лекцій «Основи побудови кіберфізичних систем промислового призначення» та циклу лекцій «Основи проєктування кіберфізичних систем промислового призначення», а також підтримки розробки навчально-методичного забезпечення для студентського практикуму.

Результати цих проєктних робіт ілюстровані різними прикладами реалізації викладацької діяльності за допомогою підсистеми електронної підтримки.

3 ПРОЄКТУВАННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ВИКЛАДАЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ДРУГОМУ НАВЧАЛЬНОМУ МОДУЛІ

3.1 Підтримка проведення циклу лекцій «Шляхи цифрової трансформації

автоматизованого виробництва»

Як зазначено у попередньому розділі, щедre фінансування реалізації програми «Індустрія 4.0», вперше запропонованої у Німеччині у 2011 році, спричинило у світі бурхливий розвиток різноманітних державних і приватних ініціатив щодо теорії та практики побудови «розумного» цифрового виробництва на основі цифрових технологій. Саме тому предметна область «Індустрія 4.0» в останнє десятиріччя шаленими темпами постійно наповнюється новітньою інформацією як про теоретичні дослідження у цій області, так і про практичні реалізації цієї теорії на виробництві.

Ось чому проведення лекційного курсу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» є досить складною справою, по-перше, тому що предметна область, яка пов'язана з предметом вивчення, знаходиться у стані бурхливого розвитку, по-друге, дотепер не сформовані теоретичні основи цієї

дисципліни і тому відсутні потрібні навчальні посібники/підручники, по-
третє, для вивчення такого складного предмету у навчальному плані виділено
занадто мало годин навчального навантаження, а зв'язки з іншими
навчальними дисциплінами майже відсутні, бо майже всі вони вивчають різні
аспекти попереднього стану автоматизації виробництва – «Індустрія 3.0».

Саме тому для забезпечення ефективної діяльності викладача з
читання лекцій, що мають надавати знання, які тільки зараз формуються у
світі, а тому постійно змінюються та вдосконалюються, і запропонована
відповідна концепція функціоналу підсистеми електронної підтримки (див.
рисунок 1.19). Згідно з нею, при викладенні матеріалу модуля М2 даної
дисципліни викладач повинен мати програмний «Інструмент онтологічного
дослідження предметної області», за допомогою якого він зможе постійно
сканувати різноманітні Інтернет-джерела, пов'язані з предметом вивчення
дисципліни, та відповідним чином представляти

результати цього дослідження.

Відомо, що онтологія — це формалізоване представлення знань про
певну предметну область (середовище, світ), придатне для подальшої
автоматизованої обробки. Онтологію неодмінно супроводжує деяка
концепція цієї області інтересів. Найчастіше ця концепція виражається за
допомогою визначення базових об'єктів (індивідуумів, атрибутів, процесів) і
відношень між ними. Визначення цих об'єктів і відношень (взаємозв'язків)
між ними зазвичай називають концептуалізацією.

Існує і таке узагальнююче визначення онтології: «Онтологія — це
загальноприйнята і загальнодоступна концептуалізація певної області знань
(світу, середовища, системи), яка містить базис для моделювання цієї області
знань і визначає протоколи для взаємодії між агентами, які використовують
знання з цієї області, і, нарешті, включає домовленості про представлення
теоретичних основ даної області знань»

Одним з найбільш розповсюджених способів відображення
результатів онтологічного дослідження є графічна онтологічна модель, Тому

в концепції підсистеми електронної підтримки передбачено, що викладач разом зі студентами в ході навчального онтологічного дослідження обов'язково повинні будувати відповідну графічну концептуальну модель предметної області, що, без сумніву, принесе їм багато користі в процесі осмислення нової інформації та формування глибокого розуміння суті промислової автоматизації «розумного» виробництва на основі кіберфізичних систем.

На рисунку 3.1 показана більш детальна функціональна структура даного концептуального рішення підсистеми електронної підтримки, яка забезпечує ефективне виконання викладачем такої діяльності як «Дослідження предметної області». Викладачу для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надає дві групи основних інструментів – «Інструменти пошуку інформації» та «Інструменти збереження результатів пошуку». Обидві ці групи інструментів доступні викладачу через персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ. Перша група інструментів пов'язана з наявними «хмарними» сервісами платформи «Google», до яких викладач отримує доступ через свій аккаунт «Account#1». Друга група інструментів пов'язана з офісними застосунками «Microsoft Office 365», які розгорнуті на «хмарній» платформі корпорації «Microsoft». До цієї групи інструментів викладач отримує доступ через інший свій аккаунт «Account#2».

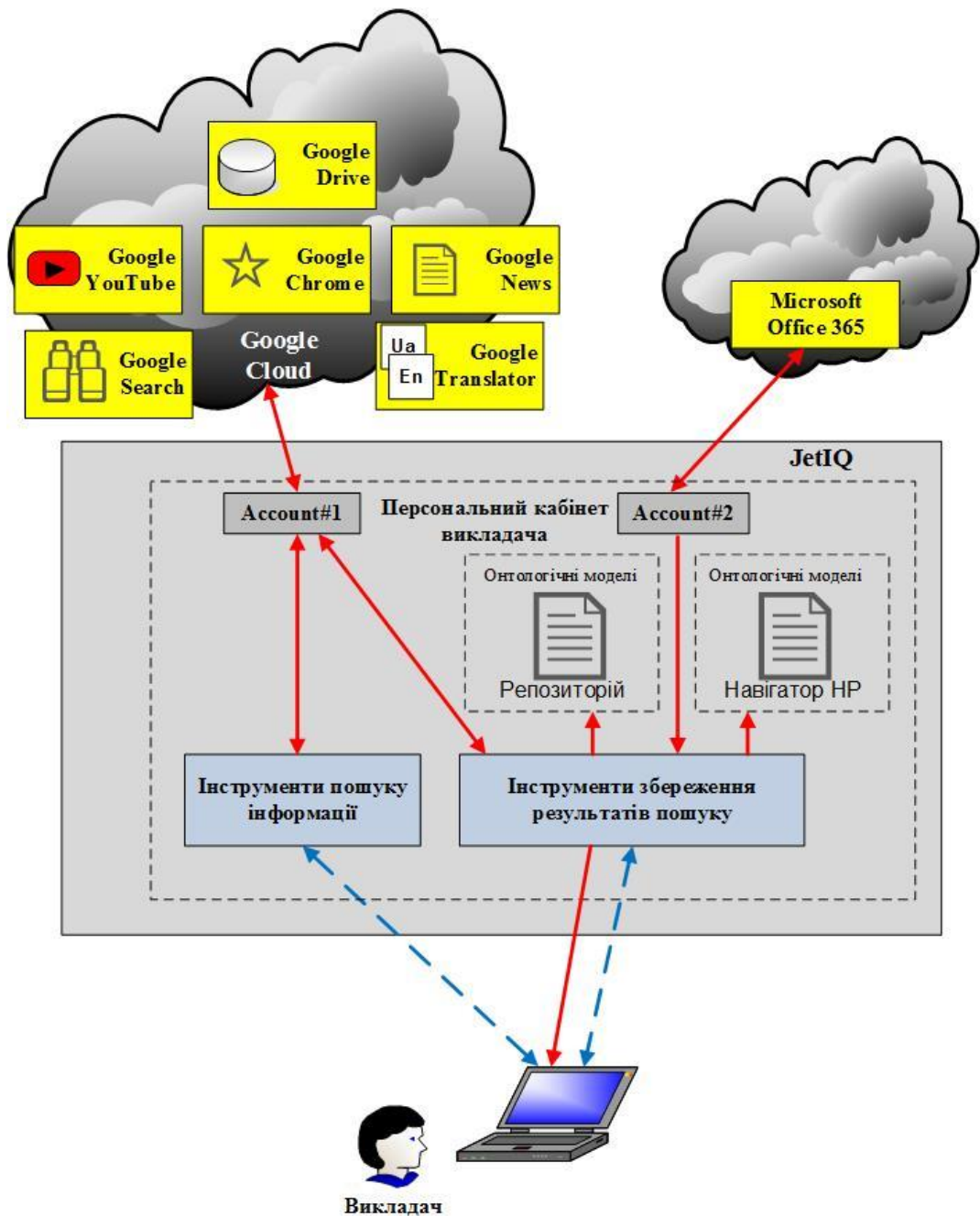


Рисунок 2.1 – Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності «Пошук та систематизація вихідної інформації»

На платформі «Google» для реалізації даної діяльності викладача використовуються такі її сервіси – «Google Search», «Google Translator», «Google YouTube», «Google Chrome», «Google News» та «Google Drive». За допомогою усіх цих сервісів викладач може ефективно досліджувати предметну область «Індустрія 4.0» та знаходити новітню інформацію про

прикладі реалізації ідей цієї програми (цифрові технології, кіберфізичні системи промислового призначення, «розумне» цифрове виробництво і т. д.).

Кожний приклад, знайдений викладачем, вивчається та аналізується ним з метою побудови відповідної концептуальної онтологічної моделі, яку можна потім представити в ході лекцій для пояснення суті того чи іншого концептуального рішення реальної КФСПП. Результат такої розробки онтологічної моделі для кожного знайденого прикладу практичної реалізації КФСПП зберігається у електронному вигляді. Для збереження цих результатів викладач використовує один з офісних застосунків з платформи «Microsoft».

Електронні онтологічні моделі викладач зберігає на своєму комп'ютері, а також поміщує у персональний репозиторій у системі JetIQ та в навігаторі навчального ресурсу «Промисловий Інтернет речей», щоб студенти також могли ними користуватися в ході навчального проєкту.

Спроєктуємо тепер функціональну структуру підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності з читання даного циклу online-лекцій, які пов'язані з проведенням онтологічного дослідження предметної області «Індустрія 4.0» (рисунок 3.2).

Викладачу для виконання цієї діяльності підсистема електронної підтримки надає «Інструменти online-онтологічного дослідження». Ця група інструментів доступна викладачу через персональний кабінет у системі JetIQ ВНТУ. Група інструментів пов'язана, по-перше, з потрібними «хмарними» сервісами платформи «Google», до яких викладач отримує доступ через свій аккаунт «Account#1», по-друге, з офісними застосунками «Microsoft Office 365» «хмарної» платформи «Microsoft», до якої викладач отримує доступ через інший свій аккаунт «Account#2».

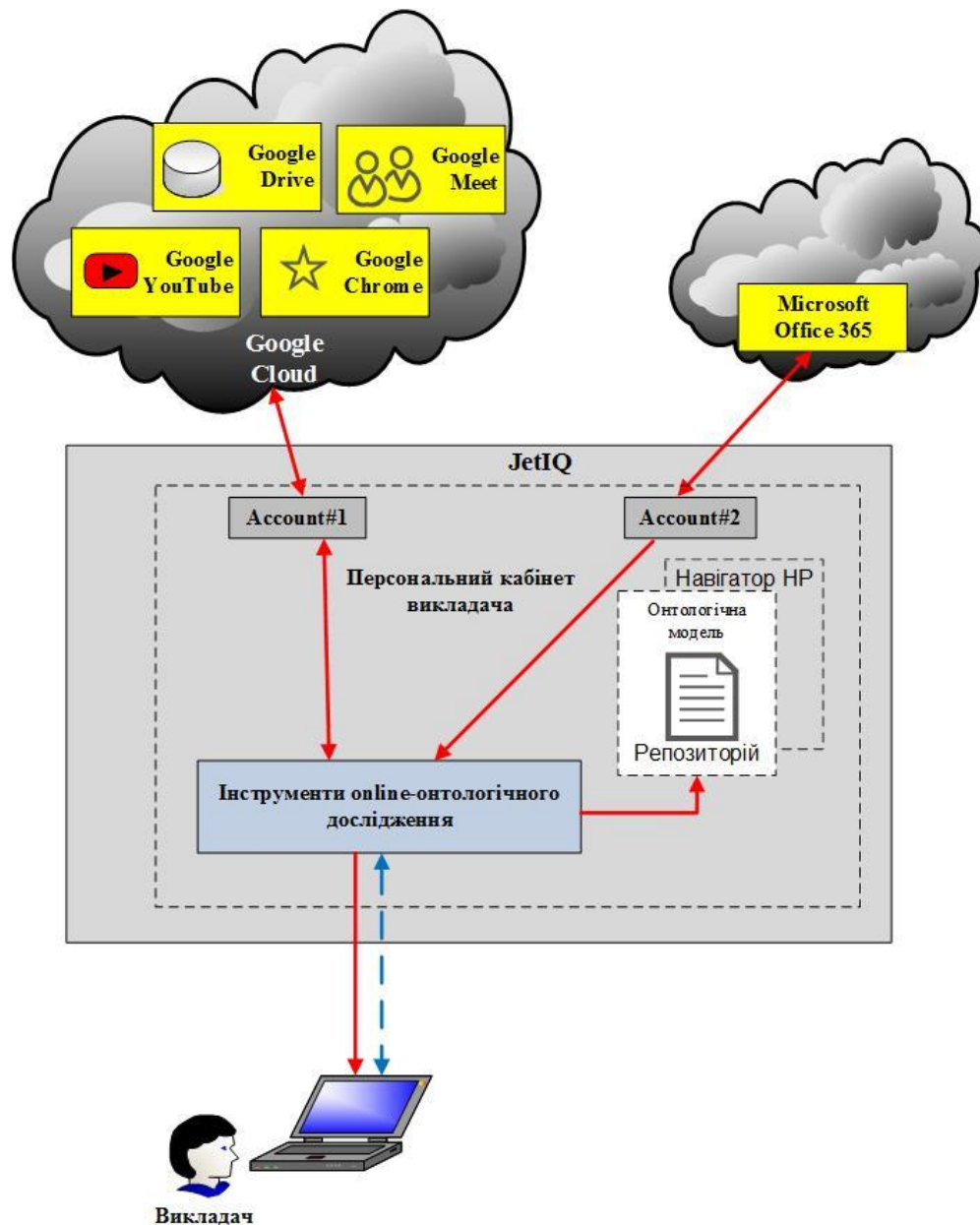


Рисунок 3.2 - Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності «Лекційне online-онтологічне дослідження»

На платформі «Google» для реалізації даної діяльності викладач використовує такі її сервіси – «Google YouTube», «Google Chrome», «Google Drive» та «Google Meet». За допомогою усіх цих сервісів викладач може ефективно проводити дистанційні лекції за темою «Онтологічне дослідження предметної області «Індустрія 4.0»», метою яких є надання студентам

систематизованих теоретичних знань про існуючі зараз шляхи цифрової трансформації автоматизованого виробництва.

Для того, щоб даний матеріал викликав зацікавленість студентів пропонується читати деякі з цих лекцій у формі наукового дослідження, яке спрямоване на здобуття певних знань, які поки що невідомі студентам. Крім того, джерелом цих знань є Інтернет, з яким студенти давно дружать. Решту лекцій цього циклу можна прочитати традиційним способом, коли викладач у декларативній формі надає студентам вже готові результати власних онтологічних досліджень предметної області. При цьому не слід забувати про самостійну роботу студентів, в рамках якої студентам можна давати індивідуальні завдання по подальшому онтологічному дослідженні предметної області, а їх результати на наступній лекції можна колективно обговорити і додати до концептуальної моделі, що зберігається в навігаторі НР.

Тепер означимо концепцію онтологічного дослідження, яке буде проводити викладач як при самостійному вивченні даної предметної області, так і в режимі online на лекціях. Будемо виходити з мети цього дослідження – дати максимально повне уявлення про те чи інше практичне рішення КФСПП, тобто про загальну будову цієї системи та ті цифрові технології, які застосовані для досягнення поставленої проєктувальником мети. У першому модулі дисципліни викладач і студенти вже мають справу з моделюванням предметної області, коли викладач на лекціях пояснює будову узагальненої КФСПП на основі класичної онтологічної моделі КФСПП (див. рисунок 2.7). Ця модель будувалась за такою концепцією – відобразити основні (базові) об'єкти будови КФСПП та зв'язки між ними. Проте у другому модулі дисципліни необхідно вже розширити цю концептуальну модель, щоб за її допомогою і детальніше показати внутрішній устрій різних практичних реалізацій КФСПП, і більш глибоко пояснити студентам на лекціях будову сучасних КФСПП, і надати студентам можливість на основі вже існуючих таких рішень КФСПП знайти практичне рішення своєї КФСПП, яку він

проєктує в рамках практикуму даної дисципліни за індивідуальним завданням.

Тому пропонується крім базових об'єктів та базових відношень між ними, які вже відображені на класичній онтологічній моделі узагальненої КФСПП, ввести для опису конкретного практичного прикладу КФСПП ще додаткові

концептуальні поняття:

- різновид базового об'єкту;
- різновид базового відношення (зв'язку);
- складова частина базового об'єкту;
- складова частина базового відношення (зв'язку);
- цифрова технологія, застосована у складовій частині базового об'єкту;
- цифрова технологія, застосована у складовій частині базового відношення (зв'язку).

Таке онтологічне дослідження призведе вже до більш масштабної та складної концептуальної моделі предметної області, які не можна буде зобразити графічним способом у двовимірному просторі (на площині) як класичну онтологічну модель.

На рисунку 3.3 показаний можливий вигляд цієї графічної моделі предметної області у ізометричному зображенні. В якості відправної точки її будування вибране класичне означення кіберфізичної системи (КФС) промислового призначення, яка є фундаментом промислової автоматизації І4.0, – «Кіберфізична система промислового призначення – це людська праця, «розумні» машини й транспорт, інтегровані в єдиному цифровому просторі за допомогою мереж, «розумних» пристроїв, сенсорних систем, аналітичних платформ і хмарних обчислень». Усі наведені у цьому означенні поняття (базові об'єкти) зв'язані між собою класичними відношеннями (базові зв'язки), які відображені на класичній графічній моделі предметної

області КФСПП. Ця класична модель на рисунку 3.3 розміщена в середині моделі у площині базових об'єктів та зв'язків узагальненої КФСПП.

Нижче та вище площини класичних базових об'єктів та зв'язків КФСПП поміщені площини, де відображується подальша деталізація опису цих систем.

Знизу розміщена площина, у якій відображаються різновиди базових об'єктів та зв'язків, які виявляються в ході онтологічного дослідження предметної області при аналізі кожного конкретного прикладу КФСПП. Тобто ці відображення зв'язані з базовими об'єктами та зв'язками через ієрархію типу «is a

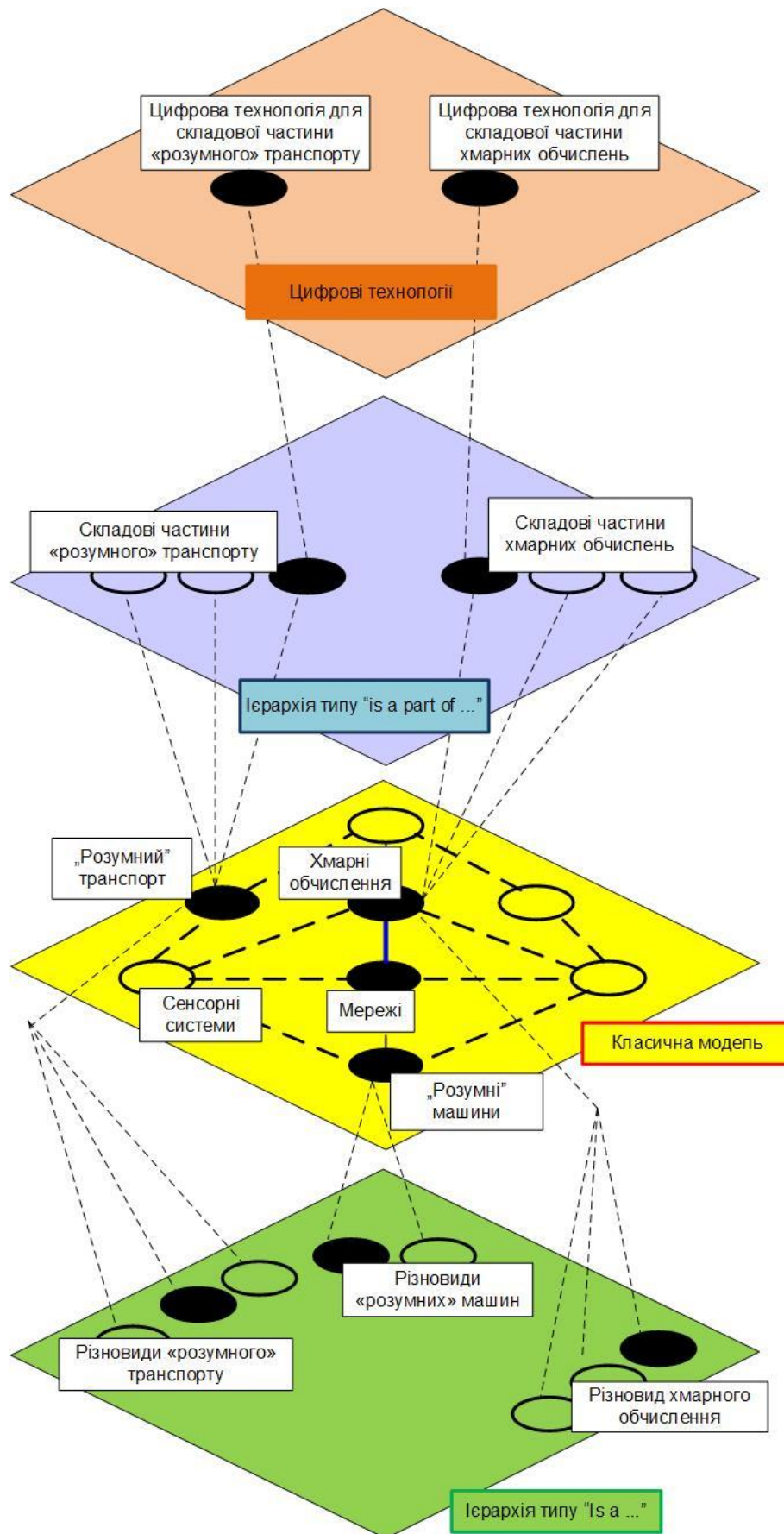


Рисунок 3.3 – Варіант графічної концептуальної моделі предметної області

...» («є ... (чимось)»), тобто є різновидом того чи іншого базового об'єкту чи зв'язку. По мірі розвитку промислової автоматизації «розумного» цифрового виробництва кількість варіантів базових об'єктів та зв'язків буде стрімко збільшуватися, що пояснюється і новими областями застосування ідей четвертої промислової революції, і швидкою появою нових цифрових технологій, які уможливлюють реалізацію нових варіантів таких об'єктів та зв'язків.

Зверху класичної моделі КФСПП на рисунку 3.3 поміщена площина, у якій відображаються складові частини класичних базових об'єктів та зв'язків. Тобто ці відображення зв'язані з базовими об'єктами та зв'язками через ієрархію типу «is a part of ...» («є частиною ... (чогось)»).

Це більш змінювана за контентом область даної моделі ніж нижня її частина, бо швидка поява нових цифрових технологій та розширення областей цифрової трансформації промислового виробництва призводять до інших технічних рішень класичних базових об'єктів та зв'язків.

Наприклад, нещодавно з'явилося нове поняття, яке означено як «AIoT», тобто додані «розумні» пристрої автоматизації, які підключені до Інтернету речей (одна складова) та виконують свої функції на основі реалізованих в них алгоритмів штучного інтелекту (друга складова). Такого інтегрованого виконання «розумних» пристроїв раніше не було.

На самому верху моделі на рисунку 3.3 розміщений шар цифрових технологій, які застосовані при реалізації тієї чи іншої складової частини класичного базового об'єкту чи зв'язку.

Це найбільш змінювана частина даної концептуальної моделі предметної області, бо кількість та різноманіття цифрових технологій з кожним днем стрімко зростає. Проте в окремому практичному рішенні КФСПП зазвичай застосовується декілька новітніх цифрових технологій,

тому концептуальна онтологічна модель цієї КФСПП у верхньому шарі буде нескладною.

Таким чином, підсистема електронної підтримки викладацької діяльності з онтологічного дослідження предметної області повинна забезпечувати можливість збирання вихідної інформації для подальшої побудови тривимірної концептуальної моделі, що показана на рисунку 3.3.

3.2 Підтримка викладацької діяльності з документування результатів онтологічного дослідження предметної області

Зрозуміло, що перед тим, як побудувати показану на рисунку 3.3 тривимірну онтологічну модель конкретної практичної реалізації КФСПП, яка була виявлена викладачем в результаті пошуку вихідної інформації за допомогою описаної вище електронної підтримки, треба обов'язково систематизувати цю інформацію і задокументувати ті її частини, які відповідають концепції даного онтологічного дослідження.

Розглянемо приклад такої обробки вихідної інформації. Нехай викладач буде аналізувати статтю у науково-технічному журналі, що висвітлює питанням впровадження ідей «Індустрія 4.0» на виробництві. Далі у лапках наведений фрагмент цієї статті.

«Для реалізації системи «розумного виробництва» й концепції «Індустрії 4.0» потрібна велика кількість сучасних розробок, що включають у себе програмно-апаратний комплекс рішень. Мережа управління, на відміну від звичайної мережі, чутлива до часу проходження сигналу, а передача сигналів між комп'ютерами повинна відбуватися блискавично без яких-небудь затримок, щоб уникнути потенційного пошкодження продукції або травм персоналу. Чутливі до часу мережі організуються по провідній системі через кабелі Ethernet.

Використання Інтернету речей і адаптація даної технології для використання в промисловості (отримала назву «промисловий Інтернет речей») робить граничні кінцеві точки інтелектуальними, забезпечуючи

обмін даними між комп'ютерами по фізичній або бездротовій мережі, що дозволяє уникнути потенційних затримок і втрат при роботі через головний центр управління.

Використання даних, зібраних з датчиків і виходів обладнання підприємства, може бути використане для створення бази статистичних даних для подальшого прийняття рішень по процесах. Цей відкладений у часі аналіз використовується для обґрунтування довгострокових рішень і виявлення проблем більш високого рівня. ознаки нестабільної роботи, що вказують на очікувану найближчим часом відмову обладнання, тому може бути завчасно замінений, щоб запобігти обов'язкового простою всієї виробничої лінії.

Штучний інтелект у системах розумного виробництва обробляє дані, що надходять з датчиків і виходів обладнання, і робить відповідні дії залежно від результату обробки даних. На відміну від концепції великих даних, де дані збираються для подальшого аналізу, що проходить, як правило, у віддаленому Центрі обробки даних (ЦОД), штучний інтелект прагне негайно приймати рішення або посылати сигнал відповідальному персоналу, ґрунтуючись на поточних показаннях. Наприклад, можна використовувати системи комп'ютерного зору для визначення зон обмеженого доступу й подачі сигналу тривоги співробітникам охорони у випадку несанкціонованого проникнення в цю зону....».

В такому невеликому тексті вже можна виявити цілу купу понять (об'єктів), які, по-перше, характеризують «розумне» виробництва та його системи автоматизації (КФСПП), по-друге, вказують на сучасні цифрові технології, які сьогодні дозволяють реалізовувати цифрову трансформацію виробництва. Усі ці характерні поняття та словосполучення в наведеному фрагменті тексту відмічені підкреслюванням. По суті, це вже перший результат проведеного онтологічного дослідження.

Далі треба систематизувати ці поняття й словосполучення з метою їх структурування за певним правилом (концепцією). Наприклад, можна

поділити їх на такі чотири групи – «Поняття (об'єкти), які означають базові об'єкти КФСПП», «Поняття, які означають цифрову технологію», «Поняття, що є якісними ознаками «розумного» виробництва» та «Асоціації (зв'язки) між поняттями (об'єктами)».

Тоді до групи «Поняття (об'єкти), які означають базові об'єкти КФСПП» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Мережа управління», її різновиди «Бездротова мережа», «Чутлива до часу мережа Ethernet»;
- «Інтелектуальна гранична кінцева точка», тобто пристрій;
- «База статистичних даних», «Центр обробки даних» .

До групи «Поняття, які означають цифрову технологію» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Інтернету речей»;
- «Промисловий Інтернет речей»;
- «Відкладений у часі аналіз», «...виявлення ознак нестабільної роботи обладнання, що вказують на очікувану найближчим часом відмову обладнання»;
- «Штучний інтелект»;
- «Великі дані»;
- «Система комп'ютерного зору».

До групи «Поняття, що є якісними ознаками «розумного» виробництва» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «Безпечність» («...щоб уникнути потенційного пошкодження продукції або травм персоналу...», «...визначення зон обмеженого доступу й подачі сигналу тривоги співробітникам охорони у випадку несанкціонованого проникнення в цю зону...»);
- «Оперативність управління» («...дозволяє уникнути потенційних затримок; штучний інтелект прагне негайно приймати рішення...»);

- «Надійність» («...може бути завчасно замінений, щоб запобігти обов'язкового простою всієї виробничої лінії ...»);
- Розподілення функцій управління виробництвом («...робить граничні кінцеві точки інтелектуальними ...»).

До групи «Асоціації (зв'язки) між поняттями (об'єктами)» з наведеного тексту можна віднести таке:

- «База статистичних даних» - «Центр обробки даних»;
- «База статистичних даних» - «Великі дані»;
- «Штучний інтелект» - «Великі дані»;
- «Система комп'ютерного зору» - «Безпечність виробництва»;
- «Бездротова мережа» - «Надійність виробництва»;
- «Штучний інтелект» - «Оперативність управління виробництвом».

Після такої систематизації та структурування вихідної інформації викладач повинен відповідним чином задокументувати цей результат, але таким чином, щоб цей документ зберігав не тільки саму інформацію, але і відображав зв'язки між окремими частинами цієї інформації так, як це закладено у концептуальну модель предметної області, що показана на рисунку 3.3.

Для виконання такого документування пропонується використати функціонал такого офісного застосунку як електронні таблиці Excel, які доступні викладачу через свій персональний кабінет у системі JetIQ на «хмарній» платформі «Microsoft». Принцип використання такої таблиці для документування результату аналізу конкретного прикладу КФСПП показаний на рисунку 3.4.

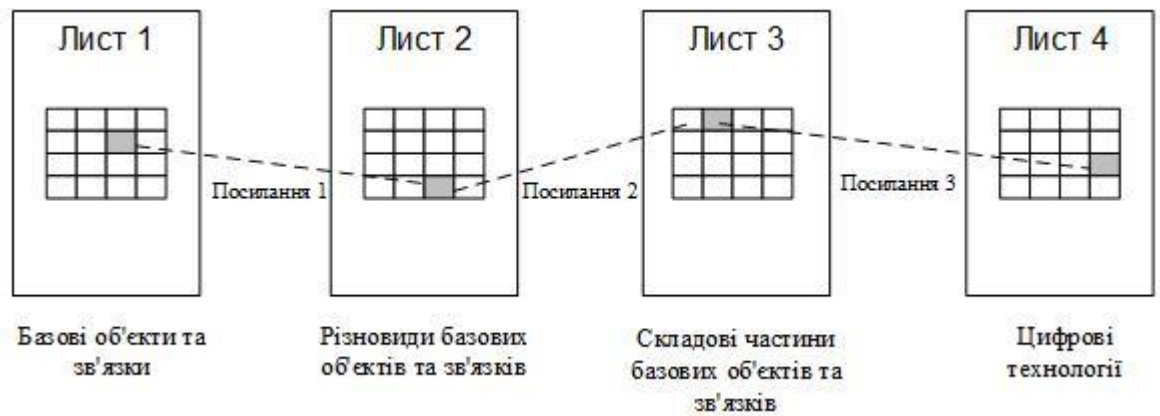


Рисунок 3.4 – Принцип документування результатів дослідження у електронній таблиці

Для документування проведеного викладачем онтологічного аналізу практичного прикладу КФСПП використовуються чотири листи електронної таблиці. Кожний з цих листів відповідає одному з горизонтальних шарів графічної онтологічної моделі, що показана на рисунку 3.3.

Спочатку розміщений лист 1, в якому треба описати ті базові об'єкти та зв'язки класичної моделі КФСПП, які були виявлені викладачем в результаті систематизації та структурування вихідної інформації щодо даного прикладу КФСПП.

Наступний лист 2 призначений для внесення інформації щодо виявлених викладачем різновидів тих базових об'єктів та зв'язків, які описані у листі 1.

У комірки листу 3 викладач повинен ввести ту інформацію, яку він виявив щодо окремої складової частини різновиду базового об'єкту чи зв'язка, який ним вже описаний у листі 2.

У комірки листу 4 викладач повинен ввести інформацію про ту цифрову технологію, яка застосована у даному конкретному прикладі КФСПП для описаної у листі 3 складової частини певного різновиду базового об'єкту чи зв'язку.

Для того, щоб уся ця інформація була зв'язаною між собою так, як це задається концептуальною моделлю на рисунку 3.3, в електронній таблиці

можна застосувати механізм посилання, що зв'язує дані у різних комірках таблиці (в межах листа або між листами). На рисунку 3.4 показана такі посилання між даними (інформацією), що ввів викладач у різні комірки різних листів таблиці.

Після збереження такої таблиці у викладача з'являється готовий документ зі структурованим описом конкретного практичного прикладу КФСПП. Цей опис викладач може використовувати і для самоосвіти, і в ході лекцій, і у проєктному практикумі студентів (для пошуку аналогічних рішень).

Розглянемо тепер варіанти розміщення інформації у таблиці Excel. Візьмемо класичну онтологічну модель КФСПП, яка відображена у плоскості (рисунок 3.5).

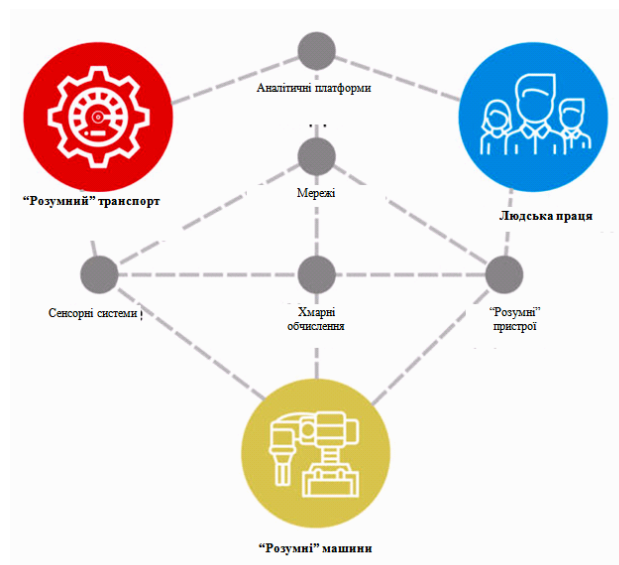


Рисунок 3.5 – Традиційне відображення класичної онтологічної моделі

Для документування такої графічної моделі у електронній таблиці можна запропонувати такий спосіб. Щоб спростити викладачу перехід від звичного для нього традиційного зображення цієї моделі до її зображення у формі електронної таблиці пропонується розмістити всі комірки таблиці,

куди треба вводити інформацію щодо базових об'єктів та зв'язків, так, як ці поняття розміщені на традиційному зображенні моделі.

Перед цим треба модифікувати традиційне зображення онтологічної моделі у форму, яка більш нагадує прямокутну форму електронної таблиці. На рисунку 3.5 показаний приклад такої модифікації.

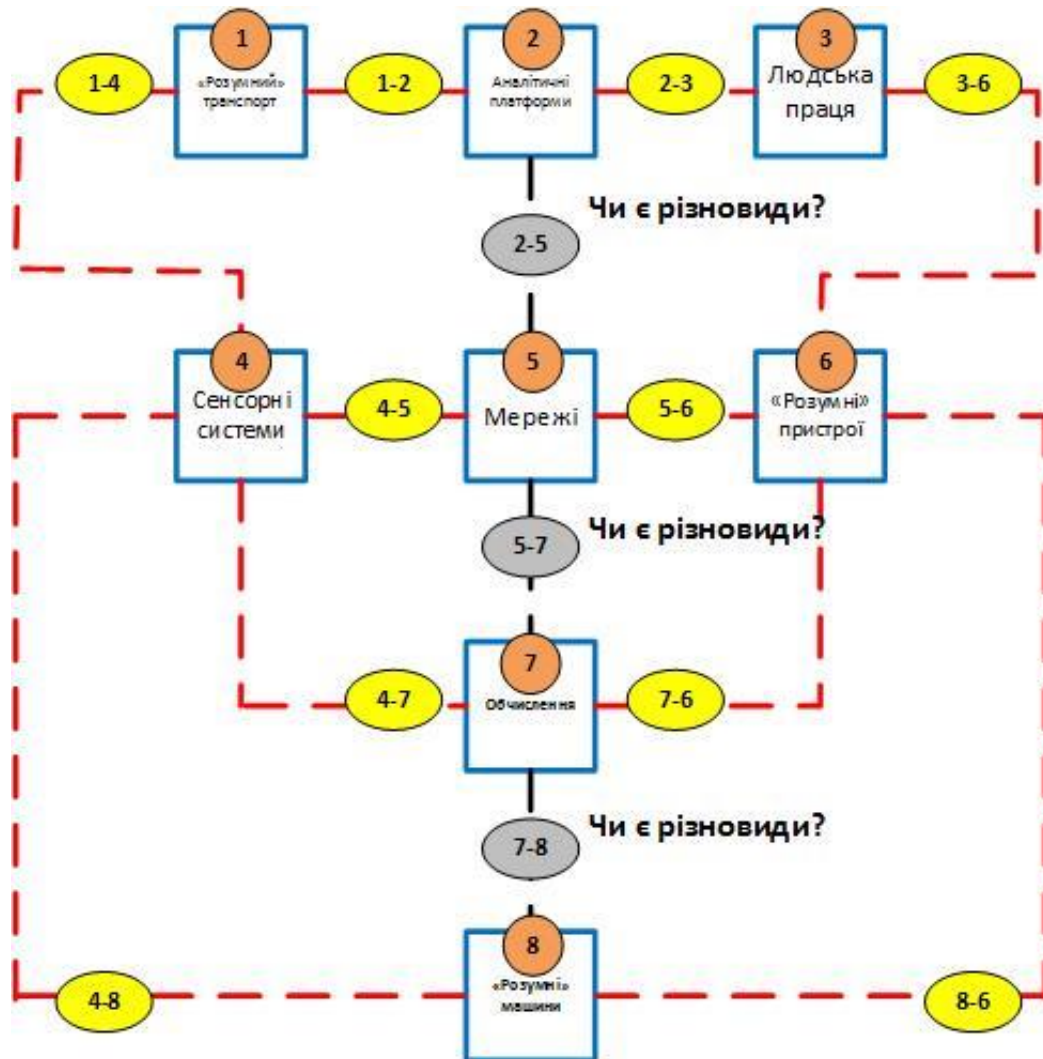


Рисунок 3.5 – Модифікація традиційного зображення класичної моделі КФСПП

На цьому рисунку базові об'єкти пронумеровані, позначені і базові зв'язки між ними. Нумерація потрібна тому, що в електронних таблицях

також застосовують нумерацію комірок. Щодо деяких зв'язків на рисунку 3.5 виникають сумніви щодо наявності у них різновидів, бо ці зв'язки є логічними (умовними).

Тепер можна перейти до електронної таблиці і виділити для кожного елементу на рисунку 3.5 відповідну комірку електронної таблиці для введення до неї відповідної інформації викладачем. На рисунку 3.6 показаний запропонований спосіб розміщення виділених комірок електронної таблиці для введення в них потрібної інформації.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		1-4		1		1-2		2		2-3		3		3-6			
2																	
3																	
4																	
5								2-5									
6																	
7																	
8																	
9																	
10				4		4-5		5		5-6		6					
11																	
12																	
13																	
14								5-7									
15																	
16																	
17																	
18						4-7		7		7-6							
19																	
20																	
21																	
22								7-8									
23																	
24																	
25																	
26								8									
27																	
28																	
29																	
30																	

Рисунок 3.6 – Виділені комірки електронної таблиці для введення інформації про класичні базові об'єкти та зв'язки

Інформацію до кожної з вказаних комірок можна вводити у вигляді приміток, бо якщо вводити інформацію безпосередньо в комірку, то для того, щоб цю інформацію було видно при перегляді таблиці, комірки повинні бути досить великими, що призведе до збільшення розміру таблиці і її не можна буде всю бачити на екрані монітору, а це незручно. А коли інформацію вводити у примітки, то ці примітки приховані і з'являються лише тоді, коли

вибираєш потрібну комірку курсором. Комірки, в які введена інформація, позначаються застосунком Excel відповідним чином. Тобто таблиця збереже свій розмір і її всю можна буде бачити на екрані.

Тепер спроектуємо наступний лист електронної таблиці, куди викладач повинен буде вносити інформацію про виявлені в результаті її аналізу, систематизації і структурування різновиди базових об'єктів та зв'язків. У цьому листі вже треба буде виділяти для введення інформації більшу кількість комірок. Тому треба раціонально їх розмістити для збереження компактного розміру таблиці. На рисунку 3.7 показаний один з варіантів виділення і розміщення таких комірок.

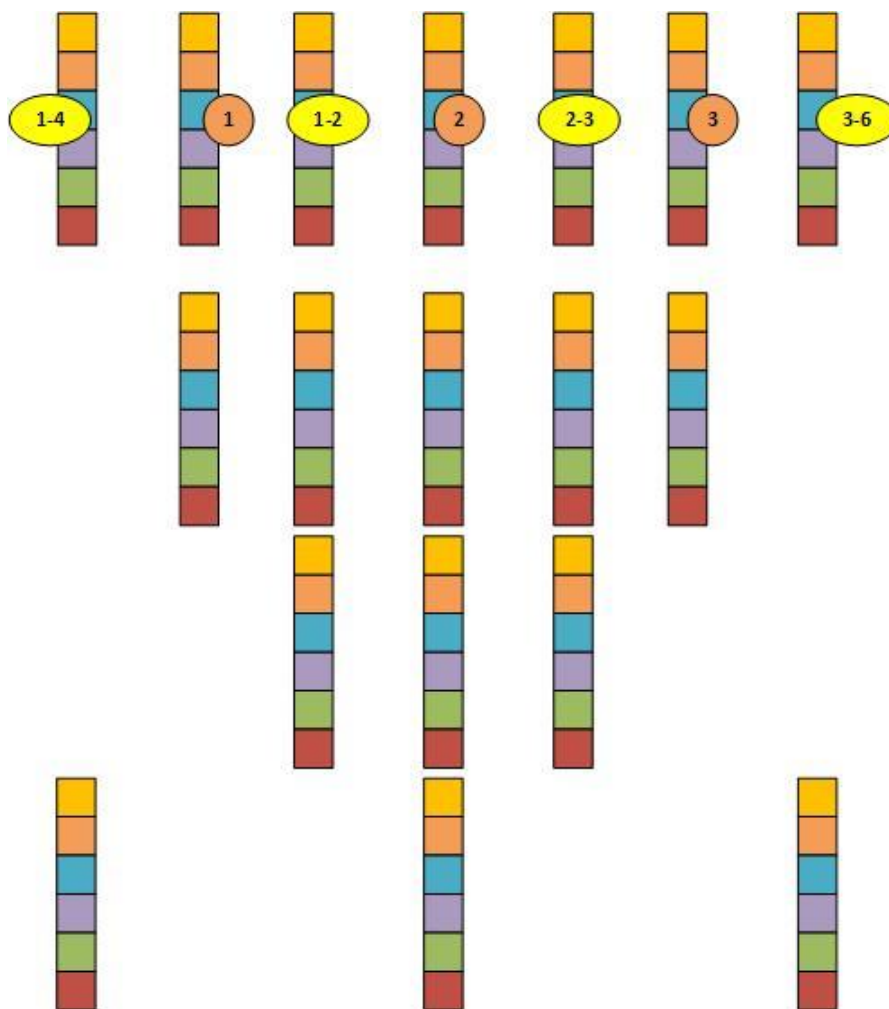


Рисунок 3.7 - Виділені комірки електронної таблиці для введення інформації про різновиди класичних базових об'єктів та зв'язків

На цьому рисунку показано, що на листі 2 електронної таблиці для кожного класичного базового об'єкту чи зв'язка виділено шість комірок для введення інформації про шість можливих їх різновидів. Насправді викладач буде вводити інформацію лише в одну комірку, бо в конкретному прикладі КФСПП зазвичай застосовується один якийсь різновид об'єкту чи зв'язку. Решта комірок буде порожньою і зарезервованою для інших можливих різновидів.

На рисунку 3.7 для деяких комірок показані ті цифрові позначення базових об'єктів чи зв'язків, які введені у модифіковане зображення класичної моделі (див. рисунок 3.5). Це зроблено лише для кращого розуміння даного рисунку.

Аналогічно можна спроектувати інші листи електронної таблиці (лист 3, лист 4), куди викладач повинен вводити інформацію про складові частини та цифрові технології, які виявлені ним при аналізі конкретного прикладу КФСПП.

3.3 Висновки до розділу

В ході виконання науково-дослідних робіт в рамках даного розділу комплексної магістерської кваліфікаційної роботи була спроектована підсистема електронної підтримки викладацької діяльності у другому навчальному модулі дисципліни «Промисловий Інтернет речей», а саме розроблений функціонал підтримки проведення циклу лекцій «Шляхи цифрової трансформації автоматизованого виробництва» та документування результатів онтологічного дослідження предметної області «Кіберфізичні системи промислового призначення».

Результати цих проектних робіт ілюстровані прикладами реалізації викладацької діяльності за допомогою підсистеми електронної підтримки.

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Технологічний аудит розробленої підсистеми підтримки викладацької діяльності у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»

Як було підкреслено раніше, підвищення якості підготовки фахівців в області автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки потребує суттєвого удосконалення навчального процесу, впровадження в навчальний план нових інноваційних професійно-орієнтованих дисциплін тощо. Для успішного розв'язання цієї складної динамічної задачі нами було розроблено систему електронної підтримки освітнього процесу, впровадження якої має забезпечити ефективними освітніми інструментами викладацьку та студентську діяльність при опануванні студентами-магістрантами навчальної дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

Розроблена нами система електронної підтримки освітнього процесу складається з двох основних частин: підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД).

Для безпосередньої розробки підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) нами були розв'язані такі задачі: досліджено нові вимоги до фахової підготовки магістрів в умовах четвертої промислової революції «Індустрія 4.0»; досліджено основні задачі, які постають перед викладачем під час викладання дисципліни «Промисловий Інтернет речей»; зроблено техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування концепції вдосконаленої системи електронної підтримки навчального процесу; зроблено архітектурне проектування підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності (ППВД); зроблено проектування програмних функцій підсистеми для викладацької діяльності (ППВД) в рамках першого та другого модулів дисципліни «Промисловий Інтернет речей» тощо.

В результаті було розроблено програмне забезпечення, використання якого дозволить ефективніше формувати у студентів сучасні фахові компетенції за рахунок використання студентами навчальних мультимедійних матеріалів процедурного типу, підготовлених викладачем за допомогою вбудованих програмних інструментів.

Для встановлення комерційного потенціалу розробленої нами підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) було проведено її технологічний аудит, для чого було запрошено 3-х відомих і визнаних експертів – кандидатів технічних наук, доцентів Гармаша В.В., Кулика Я.А. та Севастьянова В.М.

Встановлення комерційного потенціалу розробленої нами підсистеми (ППВД) у складі загальної системи електронної підтримки навчального процесу було здійснено за загально визнаними критеріями, наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу будь-якої розробки і їх бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

Ринкові перспективи					
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою

Продовження таблиці 4.1

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
	0	1	2	3	4
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
----	---	--	---	--	---

Запрошені експерти оцінили розроблену нами підсистему підтримки викладацької діяльності (ППВД) таким чином (таблиця 4.2):

Таблиця 4.2 – Результати технологічного аудиту розробленої нами підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) (за шкалою оцінювання 0-1-2-3-4)

Критерії	Прізвище, ініціали експертів		
	Гармаш В.В.	Кулик Я.А.	Севастьянов В.М.
	Бали, що їх виставили експерти:		
1	4	3	4
2	4	4	4
3	4	3	4
4	3	4	4
5	4	3	4
6	4	3	4
7	3	4	3
8	4	4	3
9	4	4	4
10	4	4	3
11	4	4	4
12	4	4	4
Сума балів	СБ ₁ = 46	СБ ₂ = 44	СБ ₃ = 45
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{46 + 44 + 45}{3} = \frac{135}{3} = 45,00$		

Встановлення комерційного потенціалу розробленої нами підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) було зроблено на основі рекомендацій, наведених в таблиці 4.3 [30].

Таблиця 4.3 – Рівні комерційного потенціалу будь-якої наукової розробки

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$,	Рівень комерційного
--	---------------------

розрахована на основі висновків експертів	потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Оскільки середньоарифметична сума балів, що їх виставили експерти, складає 45,00 балів, то це свідчить, що розроблена нами підсистема підтримки викладацької діяльності (ППВД) у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» має рівень комерційного потенціалу, який вважається дуже «високим».

Це пояснюється тим, що розроблене нами програмне забезпечення було побудоване на основі інформаційних он-лайн Інтернет-сервісів Google та програмних інструментів Microsoft Office 365, що дозволяє ефективніше формувати у студентів сучасні фахові знання з обраної спеціальності.

4.2 Розрахунок витрат на розроблення підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) у складі системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»

При розробленні підсистеми ППВД були зроблені певні витрати. Зокрема:

А). Основна заробітна плата розробників – Z_0 .

Основна заробітна плата розробників Z_0 складається з витрат на виконання певних операцій, до яких належать: аналізування вимог до підсистеми; планування робіт, проектування підсистеми; програмування підсистеми, розгортання та підтримка підсистеми та інше.

Окрім того, до витрат на розробку підсистеми ППВД потрібно віднести витрати на оплату праці керівника роботи, консультантів тощо.

У загальному (і спрощеному) вигляді витрати на основну заробітну плату розробників підсистеми ППВД (протягом 05.02.2024 – 14.06.2024 рр.) становлять:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн.]},$$

(4.1)

де M – місячний посадовий оклад розробника (дослідника), грн; прийmemo, що

$M = (8000 \dots 40000)$ грн/місяць;

T_p – число робочих днів в місяці; прийmemo T_p дорівнює 22 дні;

t – число днів роботи розробників.

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці 4.4:

Таблиця 4.4 – Основна заробітна плата розробників – Z_o

Найменування посади виконавця	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів (годин) роботи	Витрати на оплату праці, грн
1. Науковий керівник магістерської роботи	25500	1159,09	20 годин	≈ 3864 (при 6-годинному робочому дні)
2. Магістрант-студент-виконавець	Беремо мінімальну оплату 8000 грн	363,64	90 днів	≈ 32728
3. Консультант з економічної частини	18000	818,18	1,5 години	≈ 205
4. Інші консультанти	22000	1000	2 дні	2000
Загалом				$Z_o = 38797$ грн

Б). Додаткова заробітна плата Z_d розробників розраховується як (10...12)% від величини їх основної заробітної плати, тобто:

$$Z_d = \alpha \cdot Z_o = (0,1 \dots 0,12) \cdot Z_o \text{ [грн.]}$$

(4.2)

Прийmemo, що α дорівнює 0,12. Тоді для нашого випадку отримаємо:

$$З_d = 0,12 \times 38797 = 4655,64 \approx 4656 \text{ (грн.)}.$$

В). Нарахування на заробітну плату НЗП_{зп} розробників (дослідників) розраховуються за формулою:

$$\text{НЗП}_{\text{зп}} = (З_o + З_d) \cdot \frac{\beta}{100}, [\text{грн}],$$

(4.3)

де β – ставка обов'язкового єдиного внеску на державне соціальне страхування, %. β дорівнює 22%. Тоді:

$$\text{НЗН}_{\text{зп}} = (38797 + 4656) \times 0,22 = 9559,66 \approx 9560 \text{ (грн.)}.$$

Г). Амортизація основних засобів А, які використовувались під час виконання цієї роботи:

$$A = \frac{Ц \cdot Н_a}{100} \cdot \frac{T}{12} [\text{грн}],$$

(4.4)

де Ц – загальна балансова вартість основних засобів, грн;

$Н_a$ – річна норма амортизаційних відрахувань. Для нашого випадку можна прийняти, що $Н_a$ дорівнює (2,5...25)%;

Т – термін використання основних засобів, місяці.

Зроблені розрахунки зведено в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання, приміщень тощо	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
---	--------------------------	----------------------	---------------------------	--

1. Комп'ютерна техніка, обладнання тощо	60000	25	4,0 (при 80% використанні	4000
2. Приміщення університету, кафедри	20000	2,5	2,0 при 20% використанні	16,66 ≈ 17
Всього				A = 4017 грн

Д). Витрати на матеріали М розраховуються за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n H_i \cdot \Pi_i \cdot K_i - \sum_{i=1}^n B_i \cdot \Pi_b \quad [\text{грн.}], \quad (4.5)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг; Π_i – вартість матеріалу i -го найменування; K_i – коефіцієнт транспортних витрат, K_i дорівнює (1,1...1,15); B_i – маса відходів матеріалу i -го найменування; Π_b – ціна відходів матеріалу i -го найменування; n – кількість видів матеріалів.

Е). Витрати на комплектуючі К розраховуються за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot \Pi_i \cdot K_i \quad [\text{грн.}], \quad (4.6)$$

де H_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.; Π_i – ціна комплектуючих i -го виду; K_i – коефіцієнт транспортних витрат, K_i дорівнює (1,1...1,15); n – кількість видів комплектуючих.

Під час виконання роботи загальні витрати на матеріали та комплектуючі склали приблизно 1000 грн.

Ж). Витрати на силову електроенергію V_e розраховуються за формулою:

$$B_e = \frac{B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}}{K_d} [\text{грн.}],$$

(4.7)

де B – вартість 1 кВт-год. електроенергії, в 2024 р. B приблизно дорівнює 4,5 грн/кВт;

Π – установлена потужність обладнання, кВт; Π дорівнює 0,6 кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин.

Прийmemo, що Φ дорівнює 400 годин;

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності; $K_{\Pi} < 1$ дорівнює 0,84.

K_d – коефіцієнт корисної дії, K_d дорівнює 0,73.

Тоді витрати на силову електроенергію будуть дорівнювати:

$$B_e = \frac{B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}}{K_d} = \frac{4,5 \cdot 0,6 \cdot 400 \cdot 0,84}{0,73} = 1242,94 \approx 1243$$

(грн.)

И). Інші витрати $B_{\text{інш}}$ можна прийняти як (50...300)% від основної заробітної плати розробників, тобто:

$$B_{\text{інш}} = \beta \times Z_o = (0,5 \dots 3) \times Z_o [\text{грн.}]. \quad (4.8)$$

Прийнявши, що β дорівнює 0,5, отримаємо:

$$B_{\text{інш}} = 0,5 \times 38797 = 19398,5 \approx 19399 \text{ (грн.)}.$$

К). Сума всіх попередніх статей витрат складає витрати на виконання цього етапу роботи (безпосередньо розробником-магістрантом), тобто витрат на розробку підсистеми підтримки викладацької діяльності ППВД – B_1 .

$$B_1 = 38797 + 4656 + 9560 + 4017 + 1000 + 1243 + 19399 = 78672 \text{ (грн.)}.$$

Л). Далі потрібно врахувати, що витрати B_1 на розробку підсистеми викладацької діяльності ППВД становлять тільки частину витрат на розробку загальної системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей». Іншу частину витрат становлять витрати B_2 на розробку *підсистеми підтримки студентської діяльності – ППСД*.

Розробку цієї підсистеми робив магістрант – О.В. Петров. За його розрахунками величина витрат B_2 становить 76 421 грн.

Тоді загальні витрати $B_{\text{заг}}$ на розробку та можливе впровадження загальної системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей» розраховуються за формулою:

$$B_{\text{заг}} = \frac{B}{\beta} \quad [\text{грн.}],$$

(4.9)

де β – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання цієї роботи. Можна прийняти, що, β приблизно дорівнює 0,95 [1], оскільки робота майже практично завершена.

$$\text{Тоді: } B_{\text{заг}} = \frac{B_1 + B_2}{\beta} = \frac{78672 + 76421}{0,95} = 163255,78 \text{ (грн.)}.$$

або приблизно 164 (тис. грн).

Тобто прогнозовані загальні витрати на розробку та можливе впровадження (комерціалізацію) розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», яка складаються з підсистеми підтримки викладацької діяльності

(ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД), становлять приблизно 164 тисячі грн.

4.3 Розрахунок економічного ефекту від можливої комерціалізації нашої розробки

Економічний ефект від впровадження та можливої комерціалізації розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», яка складаються з підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД), пояснюється її значно кращими функціональними можливостями. Тому нашу розробку можна буде реалізовувати на ринку дещо дорожче, ніж аналогічні за функціями розробки. Тобто, якщо у 2024 році аналогічні або подібні системи вартували на ринку приблизно 200 тисяч грн (при курсі НБУ приблизно 1\$ приблизно дорівнює 40 грн), то ми можемо реалізовувати нашу розробку на ринку за ціною приблизно 225 тисяч грн або на 25 тисяч грн дорожче.

Аналіз ринку показав, що кількість потенційних користувачів нашої системи електронної підтримки навчального процесу у 2024 році становила: 60 вищих навчальних закладів + 75 професійних навчальних центрів та корпоративних академій + 100 викладачів та тренерів, тобто 235 потенційних споживачів. Аналіз ринку також показав, що потенційна кількість замовників розробленої нами системи також буде зростати (що обумовлено стрімким розвитком науково-технічного прогресу, в тому числі і в освітній діяльності).

Тобто, якщо наша розробка буде впроваджена з 1 січня 2025 року, то її результати будуть виявлятися протягом 2025-го, 2026-го та 2027-го років.

Прогноз зростання попиту на розроблену нами систему може становити по роках $+(5 \dots 10)\%$ до базового року, тобто складати по роках:

- а) 2025 р. – приблизно + 10 шт. до базового року;
- б) 2026 р. – +15 шт. до базового року;
- в) 2027 р. – +20 шт. до базового року.

Можливе збільшення чистого прибутку $\Delta\Pi_i$, що його може отримати потенційний інвестор від комерціалізації нашої розробки, тобто виведення нашої розробки на ринок, становитиме:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right) [\text{тис. грн.}], \quad (4.10)$$

де $\Delta\Pi_o$ – покращення основного якісного показника від впровадження результатів нашої розробки у цьому році. Для нашого випадку це є збільшення ціни реалізації нашої розробки $\Delta\Pi_o$ дорівнює приблизно 25 тисяч грн;

N – основний кількісний показник, який визначає обсяг діяльності у році до впровадження результатів розробки; N дорівнює 235 шт.;

ΔN – покращення основного кількісного показника від впровадження результатів розробки. Таке покращення становитиме по роках: у 2025 році – + 10 шт., у 2026 році +15 шт. та у 2027 році + 20 шт. (відносно базового 2024 року);

Π_o – основний якісний показник (тобто ціна), який визначає обсяг діяльності у році після впровадження результатів розробки, грн; Π_o дорівнює 225 тисяч грн;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки; для нашого випадку n дорівнює 3;

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість; λ дорівнює 0,8333;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати ρ дорівнює (0,2...0,5); візьмемо ρ дорівнює 0,25;

ν – ставка податку на прибуток. У 2024 році ν дорівнює 18%. У наступних роках також очікуємо ν дорівнює 18%.

Тоді можливе зростання чистого прибутку $\Delta\Pi_1$ для потенційного інвестора протягом першого року від можливого впровадження нашої розробки (2025 р.) складе:

$$\Delta\Pi_1 = [25 \cdot 235 + 225 \cdot 10] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) \approx 1388 \text{ (тис. грн.)}.$$

Можливе зростання чистого прибутку $\Delta\Pi_2$ для потенційного інвестора від можливого впровадження нашої розробки протягом другого (2026 р.) року складе:

$$\Delta\Pi_2 = [25 \cdot 235 + 225 \cdot 15] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) \approx 1580 \text{ (тис. грн.)}.$$

Можливе зростання чистого прибутку $\Delta\Pi_3$ для потенційного інвестора від можливого впровадження нашої розробки протягом третього (2027) року складе:

$$\Delta\Pi_3 = [25 \cdot 235 + 225 \cdot 20] \cdot 0,8333 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) \approx 1773 \text{ (тис. грн.)}.$$

Приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження нашої розробки становитиме:

$$\Pi\Pi = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t} \text{ [грн.]},$$

(4.11)

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої роботи, грн;

t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої роботи, роки. Для нашого випадку t дорівнює 3 роки;

τ – ставка дисконтування. Прийmemo прогнозне значення ставки τ на 2025 рік:

τ дорівнює 0,10 (10%);

t – період часу від моменту початку розроблення нашої системи до моменту отримання можливих чистих прибутків потенційним інвестором.

Тоді приведена вартість зростання всіх можливих чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від комерціалізації нашої розробки, складе:

$$\text{ПП}^{10\%} = \frac{1388}{(1+0,1)^2} + \frac{1580}{(1+0,1)^3} + \frac{1773}{(1+0,1)^4} \approx 1147 + 1187 + 1211 = 3545 \text{ (тис. грн.)}.$$

Теперішня вартість інвестицій PV , що повинні бути вкладені інвестором для реалізації і комерціалізації нашої розробки: PV дорівнює $(1,0\dots5) \times B_{\text{заг}}$.

Для нашого випадку прийmemo, що:

$$PV = (1,0\dots5) \times 164 = 3 \times 164 = 492 \text{ (тис. грн.)}.$$

Розраховуємо абсолютний ефект від можливих вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$.

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV \quad [\text{тис. грн.}], \quad (4.12)$$

де ПП – приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків для інвестора від можливого впровадження (комерціалізації) нашої розробки, грн;

PV – теперішня вартість інвестицій PV дорівнює 492 (тис. грн.).

Абсолютний ефект від можливого впровадження нашої розробки (при прогнозованому ринку збуту) за три роки складе:

$$E_{\text{абс}} = 3545 - 492 = 3053 \text{ (тис. грн.)}.$$

Оскільки $E_{\text{абс}} > 0$, то комерціалізація нашої розробки може бути доцільною.

Далі розрахуємо внутрішню дохідність E_v вкладених інвестицій:

$$E_v = \sqrt[T_{\text{ж}}]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1 \text{ [тис. грн.],} \quad (4.13)$$

де $E_{\text{абс}}$ – абсолютний ефект вкладених інвестицій; $E_{\text{абс}}$ дорівнює 3053 (тис. грн.);

PV – теперішня вартість початкових інвестицій PV дорівнює 492 (тис. грн.);

$T_{\text{ж}}$ – життєвий цикл розробки, роки.

$T_{\text{ж}}$ дорівнює 4 років (2024-й, 2025-й, 2026-й, 2027-й роки)

Для нашого випадку отримаємо:

$$E_v = \sqrt[4]{1 + \frac{3053}{492}} - 1 = \sqrt[4]{1 + 6,2052} - 1 = \sqrt[4]{7,2052} - 1 = 1,638 - 1 = 0,638 = 63,8\%.$$

Далі визначимо ту мінімальну дохідність, нижче за яку потенційному інвестору не вигідно буде займатися комерціалізацією нашої розробки.

Мінімальна дохідність або мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування $\tau_{\text{мін}}$ визначається за формулою:

$$\tau_{\min} = d + f [\%],$$

(4.14)

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні d дорівнює (0,15...0,20);

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; f дорівнює (0,1...0,30).

Прийmemo f дорівнює 0,30.

Для нашого випадку отримаємо:

$$\tau_{\min} = 0,20 + 0,30 = 0,50 \text{ або } \tau_{\min} = 50 (\%).$$

Оскільки величина E_b дорівнює 63,8% $> \tau_{\min}$ дорівнює 50%, то потенційний інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні та комерціалізації нашої розробки.

Далі розраховуємо термін окупності коштів, вкладених у можливу комерціалізацію розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

Термін окупності $T_{ок}$ розраховується за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_b} \text{ [роки].}$$

(4.15)

Для нашого випадку термін окупності $T_{ок}$ коштів становитиме:

$$T_{ок} = \frac{1}{0,638} = 1,56 \text{ (роки)} < 3 \text{ (роки)},$$

що свідчить про потенційну доцільність комерціалізації розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», яка складається з підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД).

Далі проведено моделювання залежності величини внутрішньої дохідності вкладених потенційних інвестицій від рівня інфляції в країні. Приймаючи прогнозований рівень інфляції у 20%, отримаємо:

$$\text{ПП}^{20\%} = \frac{1388}{(1+0,2)^2} + \frac{1580}{(1+0,2)^3} + \frac{1773}{(1+0,2)^4} \approx 964 + 914 + 855 = 2733 \text{ (тис. грн.)}.$$

Тоді абсолютний ефект від можливого впровадження нашої розробки за три роки складе:

$$E_{\text{абс}} = 2733 - 492 = 2241 \text{ [тис. грн.]}$$

Внутрішня дохідність E_v вкладених інвестицій становитиме:

$$E_v = \sqrt[3]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1 \text{ [%]},$$

де $E_{\text{абс}}$ – абсолютний ефект вкладених інвестицій; $E_{\text{абс}}$ дорівнює 2241 тисячі грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій PV дорівнює 492 тисяч грн.

Для нашого випадку отримаємо:

$$E_v = \sqrt[3]{1 + \frac{2241}{492}} - 1 = \sqrt[3]{1 + 4,5548} - 1 = \sqrt[3]{5,5548} - 1 = 1,535 - 1 = 0,535 = 53,5 \text{ [%].}$$

Тобто і у цьому випадку, оскільки величина E_v дорівнює $53,5\% > \tau_{\min}$ дорівнює 50% , то потенційний інвестор у принципі може бути зацікавлений у фінансуванні та комерціалізації нашої розробки.

Прийнявши прогнозований рівень інфляції у 30% , отримаємо:

$$\text{ПП}^{30\%} = \frac{1388}{(1+0,3)^2} + \frac{1580}{(1+0,3)^3} + \frac{1773}{(1+0,3)^4} \approx 821 + 719 + 621 = 2161 \text{ (тис. грн.)}.$$

Тоді абсолютний ефект від можливого впровадження (комерціалізації) нашої розробки за три роки складе:

$$E_{\text{абс}} = 2161 - 492 = 1669 \text{ (тис. грн.)}.$$

Внутрішня дохідність E_v вкладених інвестицій становитиме:

$$E_v = \sqrt[3]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1 [\%],$$

де $E_{\text{абс}}$ – абсолютний ефект вкладених інвестицій; $E_{\text{абс}}$ дорівнює 1669 (тис. грн.);

PV –теперішня вартість початкових інвестицій PV дорівнює 492 (тис. грн.)..

Для нашого випадку отримаємо:

$$E_{\epsilon} = \sqrt[3]{1 + \frac{1669}{492}} - 1 = \sqrt[3]{1 + 3,3922} - 1 = \sqrt[3]{4,3922} - 1 = 1,447 - 1 = 0,447 = 44,7 [\%].$$

Зроблені розрахунки у вигляді графіків наведено на рис. 4.1.

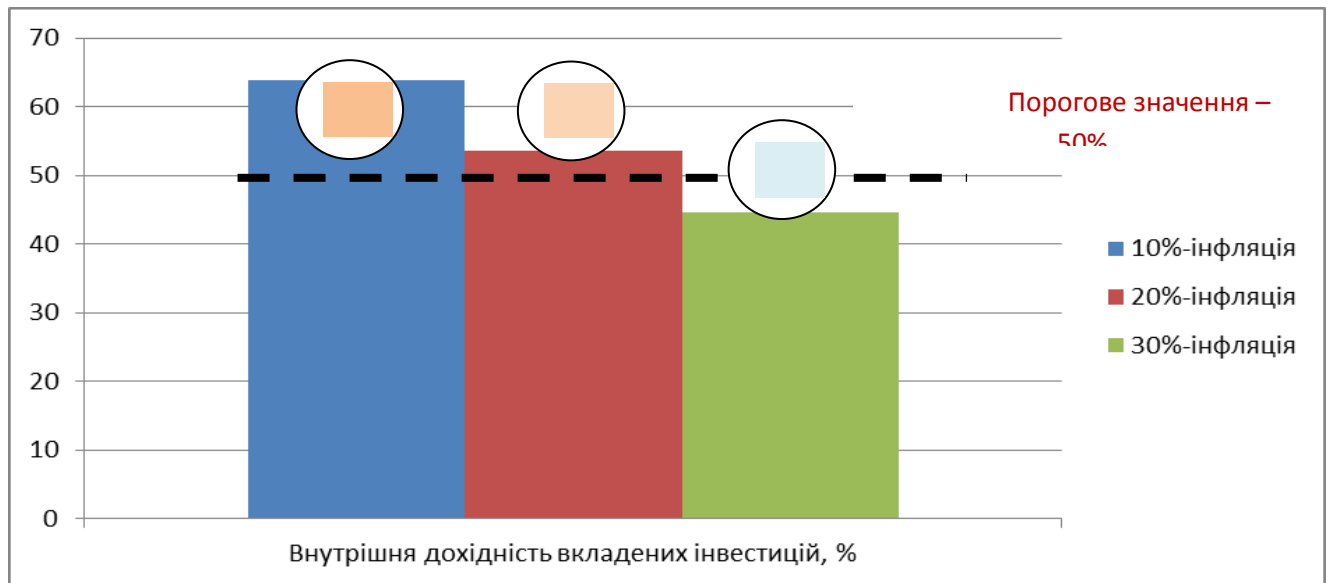


Рисунок 4.1 – Моделювання залежності величини внутрішньої дохідності потенційних інвестицій, вкладених у комерціалізацію розробленої нами системи електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей», яка складається з підсистеми підтримки викладацької діяльності (ППВД) та підсистеми підтримки студентської діяльності (ППСД), від рівня інфляції в країні

Аналіз графіка на рис 4.1 показує, що при рівні інфляції в 10% величина внутрішньої дохідності інвестицій становить E_v дорівнює 63,8%, що значно вище порогового значення $\tau_{\min}$ дорівнює 50%, і тому комерціалізація нашої розробки є доцільною. При рівні інфляції в 20% величина внутрішньої дохідності інвестицій, вкладених в комерціалізацію нашої розробки, становить E_v дорівнює 53,5%, що також вище порогового значення $\tau_{\min}$ дорівнює 50%, і тому комерціалізація нашої розробки потенційним інвестором також є доцільно. При рівні інфляції в країні у 30% величина внутрішньої дохідності інвестицій, вкладених у можливу комерціалізацію нашої розробки, становить E_v дорівнює 44,7%, тобто дещо нижче порогового значення $\tau_{\min}$ дорівнює 50%. Тобто доцільність комерціалізації нашої

розробки у цьому випадку вимагає проведення додаткових розрахунків (наприклад, збільшенням ціни реалізації тощо).

ВИСНОВКИ

В результаті виконання досліджень в рамках розділу 1 магістерської кваліфікаційної роботи був виконаний огляд основних напрямків цифрової трансформації сучасного промислового виробництва, яка здійснюється з метою впровадження ідей четвертої промислової революції «Індустрія 4.0». Для подальшого обґрунтування загальної архітектури нового комп'ютеризованого навчального засобу для практичного вивчення студентами процесу цифрової трансформації була досліджена існуюча в комп'ютеризованій навчальній лабораторії реалізація технічного процесу трубопровідної транспортної системи, яка функціонує в рамках «віртуального виробництва» хімічної продукції. Досліджена предметна область цифрової трансформації аналогічних технічних процесів та намічені ті її напрями, які можуть вивчатися студентами на новому навчальному засобі. Розроблена архітектура нового комп'ютеризованого навчального засобу, яка відображає як його складові частини, так і основні стадії виконання студентами відповідного проєктного практикуму.

В результаті виконання розділу 2 магістерської кваліфікаційної роботи була обґрунтована модель діяльностей стадії «Моделювання існуючого автоматизованого ТП», які виконують актори «Студент» і «Викладач» в ході практичного вивчення цифрової трансформації АТП трубопровідної транспортної системи хімічного підприємства. Зроблений огляд та наведені приклади основних графічних комп'ютерних моделей, що має розробляти актор «Викладач» в рамках навчально-методичного забезпечення практикуму професійної дисципліни. Також зроблений огляд та наведені приклади графічних комп'ютерних моделей, що має розробляти актор «Студент» в ході проходження відповідного практикуму з професійної дисципліни.

В результаті виконання розділу 3 магістерської кваліфікаційної роботи було сформоване загальне бачення процесу виконання стадії «Аналіз

реального автоматизованого ТП» при практичному вивченні цифрової трансформації реального АТП трубопровідної транспортної системи. На основі цього бачення був розроблений детальний алгоритм виконання робіт студентом та викладачем в рамках даної стадії практичного навчання. Для пояснення практичного застосування такого алгоритму наведені приклади виконання порівняльного аналізу деяких фрагментів фізичної реалізації існуючого реального АТП та виявлення існуючих їх недоліків.

В результаті виконання розділу 4 магістерської кваліфікаційної роботи була обґрунтована модель діяльності заключної стадії практичного вивчення цифрової трансформації АТП трубопровідної транспортної системи, які виконують студент і викладач.

На основі запропонованого методу онтологічного дослідження предметної області промислової автоматизації І4.0 була побудована її концептуальна модель та означені способи її використання для цифрової трансформації АТП трубопровідної транспортної системи.

В якості прикладу виконання цієї стадії практичного вивчення цифрової трансформації було розроблене концептуальне рішення нового АТП трубопровідної транспортної системи, який на цифровому «розумному» виробництві обслуговує ТП на основі кількох «розумних» хімічних реакторів малого об'єму.

В економічному розділі магістерської кваліфікаційної роботи доведена висока економічна ефективність можливого впровадження нової методики проведення проєктного практикуму у вузах України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гур'янова А.В. та ін.. Організація цифрових виробництв Індустрії 4.0 на основі кіберфізичних систем та онтологій / А.В. Гур'янова, Д.А. Заколдаєв, А.В. Шукалова, І.О. Жаринова, М.О. Костишина // Науково-технічний вісник інформаційних технологій, механіки та оптики. – 2018. – Т. 18. – № 2. – С. 268 – 277.

2. Wiki : ВНТУ [Електронний ресурс] / URL : <https://wiki.vntu.edu.ua>.

3. 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.

4. 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.

5. 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 (URL : <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/download/571/545/632>).

6. 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 (URL : <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/view/581>).

7. Оглобля О.В. Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни «Промисловий інтернет речей»: підсистема підтримки викладацької діяльності / О.В. Оглобля, В. М. Папінов // Матеріали

Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)» [Електронне мережне наукове видання]. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/view/21574/17973>.

8. 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.

9. ISA-88/95/106 в Україні [Електронний ресурс]. URL : <https://sites.google.com/site/isa88inua/home>.

10. Пупена О. Модель компетенцій спеціалістів Industrial Automation в епоху 4.0 [Електронний ресурс]. URL : www.asu.in.ua.

11. Automation Competency Model Updated [Електронний ресурс]. URL : <http://asu.in.ua/viewforum.php?f=257>.

12. Професії Automation I3.0+ (Finalized Occupation Descriptions) [Електронний ресурс]. URL : <https://www.automationfederation.org/Resources/WorkforceDevelopmentResources>.

13. Reference Models for Digital Manufacturing Platforms/ Francisco Fraile, Raquel Sanchis, Raul Poler, Angel Ortiz// MDPI: Appl. Sci. 2019, 9, 4433; doi:10.3390/app9204433. [Електронний ресурс]. URL : www.mdpi.com/journal/applsci.

14. A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees [Електронний ресурс]. URL : <https://www.wi2017.ch/images/wi2017-0262.pdf>.

15. Effects of Industry 4.0 on vocational education and training [Електронний ресурс]. URL : <http://epub.oeaw.ac.at/0xc1aa5576%200x0032aa5d.pdf>.

16. Implications for Learning Factories from Industry 4.0 [Електронний ресурс]. URL : <https://pdfs.semanticscholar.org/049c/e7b15ef6349e34c80e6de8c06559ba7075ea.pdf>.

17. 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/>.
18. Основні положення концепції інформатизації сфери освіти України. - К.: Вища школа, 1999. - 22 с.
19. Шрейдер Ю.О. Експертні системи: їх можливості в навчанні // Вістник вищої школи. - 1987. - № 2. - С. 14-19.
20. Шапіро Е.Л. Компоненти знань та їх співвідношення у сферах інтелектуальної діяльності // Вістник вищої школи. - 1990. - № 11. - С.26-31.
21. Кузін Л.П. Основи кібернетики: В 2-х т. Т. 2. Основи кібернетичних моделей. Навчальний посібник для вузів. - К.: Освіта, 1979. - 584с.
22. Соловов О.В. Електронне навчання: проблематика, дидактика, технологія [Електронний ресурс]. URL : http://cnit.ssau.com/news/book_solovov/oglavlenie.html.
23. Соловов А.В. Дидактичний аналіз проблематики електронного навчання [Електронний ресурс]. URL : <http://cnit.ssau.com/do/articles/didakt>.
24. Курс "Інформаційні технології дистанційного навчання" [Електронний ресурс]. URL : <http://cnit.ssau.com/ito/predisl/index.htm>.
25. Беспалько В.П. Основи теорії педагогічних систем. - К: Просвіта, 1977. - 303с.
26. Industry 4.0 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4>.
27. The Past, Present and Future of Cyber-Physical Systems: A Focus on Models [Електронний ресурс]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4435108/>.
28. ДСТУ ISO/IEC 15288:2005 "Інформаційні технології. Системна інженерія. Процеси життєвого циклу системи".

29. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник./ О.М. Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк – К.: Вид-во "Ліра-К", 2011. – 552 с.

30. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт. / Укладачі В.О. Козловський, О.Й. Лесько, В.В.Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

Додаток А
(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри АІТ

_____ Олег БІСІКАЛО

«__» _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на комплексну магістерську кваліфікаційну роботу

«Система електронної підтримки навчального процесу з дисципліни

«Промисловий Інтернет речей»

Частина 1. Підсистема підтримки викладацької діяльності

08-31.МКР.00 .02.000 ТЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доц. кафедри АІТ

Владислав КАБАЧІЙ

“__” _____ 2024 р.

Виконавець:

ст.. гр. АКІТ-22мз

Олександр ОГЛОБЛЯ

“__” _____ 2024 р.

Вінниця – 2024 рік

1 Назва і галузь застосування

Система електронної підтримки (СЕР) навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей»

СЕР буде використовуватися як програмно-технічний засіб навчання при підготовці у вищому навчальному закладі фахівців зі спеціальностей 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" та 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка".

2 Підстава для розробки

Робота виконується на підставі наказу по університету №____ від _____, 2024 р. та індивідуального завдання, складеного та затвердженого кафедрою АІТ ВНТУ.

3 Мета та призначення розробки

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є створення на основі існуючої система автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу «JetIQ» ВНТУ та існуючого інформаційно-освітнього середовища типу «віртуальне хімічне виробництво» кафедри АІТ ВНТУ системи електронної підтримки навчального процесу, яка підвищить ефективність викладацької та студентської діяльності, спрямованих на вирішення основних задач професійно-орієнтованої дисципліни «Промисловий Інтернет речей».

СЕР призначена для забезпечення лекцій та практикуму вибіркової дисципліни "Промисловий Інтернет речей" (1 курс магістерської підготовки).

Використання СЕР дозволяє створити умови для індивідуальної когнітивної діяльності студента при рішенні реальних проектних задач, сприяє більш глибокому вивченню студентом теоретичного матеріалу навчальної

дисципліни, а також дає можливість сформувати у студента відповідні професійно-орієнтовані практичні уміння та навички проєктування.

4 Джерела розробки

1. 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.
2. 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.
3. 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 (URL : <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/download/571/545/632>).
4. 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 (URL : <https://oeipt.vntu.edu.ua/index.php/oeipt/article/view/581>).
5. Пупена О.М. Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт, ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. - К.: НУХТ, 2016. -135 с.

5 Показники призначення

Об'єктом досліджень є навчальний процес підготовки у вищому технічному навчальному закладі магістрів з автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки. Такий об'єкт досліджень відноситься до наукової дисципліни "Інженерна педагогіка".

Предметом досліджень є підвищення ефективності теоретичного та практичного вивчення студентами методів та засобів цифрової трансформації існуючого автоматизованого технологічного/технічного процесу (АТП) у АТП «розумного» цифрового виробництва за рахунок використання в навчальному процесі системи електронної підтримки викладацької та студентської освітньої діяльності .

Задачі досліджень магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Дослідження нових вимог до фахової підготовки магістрів в умовах четвертої промислової революції «Індустрія 4.0».
2. Дослідження основних задач, виконуваних викладачем, в ході навчального процесу з дисципліни «Промисловий Інтернет речей».
3. Техніко-економічне та науково-технічне обґрунтування концепції вдосконаленої системи електронної підтримки навчального процесу.
4. Розробка технічного завдання на науково-дослідну роботу.
5. Архітектурне проєктування підсистеми електронної підтримки викладацької діяльності.
6. Проєктування програмних функцій підсистеми для викладацької діяльності в рамках першого модуля дисципліни.
7. Проєктування програмних функцій підсистеми для викладацької діяльності в рамках другого модуля дисципліни.

В основу СЕП необхідно покласти існуючу в ВНТУ систему автоматизованого управління даними освітнього процесу та документообігу "JetIQ" ВНТУ 2 , але задіяти для цього додатковий її функціонал, зазвичай не використовуваний викладачами;

СЕП повинна допомагати викладачу розробляти та використовувати в ході

навчального процесу різноманітні навчальні мультимедійні матеріали процедурного характеру (їх використання в навчальному процесі у великій мірі сприятиме формуванню у студентів професійних знань, що не артикулюються (уміння, досвід, навички, інтуїція);

Для посилення процедурного характеру навчального матеріалу даної дисципліни СЕП повинна забезпечувати викладачу можливість виконання тих чи інших проєктних процесів або інформаційних досліджень предметної області у режимі он-лайн з одночасною демонстрацією цих дій віддаленим студентам;

СЕП повинна надавати викладачу усі необхідні програмні інструменти, за допомогою яких він буде створювати спеціальні програмні інструменти як для своєї діяльності (розробка навчальних мультимедійних матеріалів, наприклад анімованих моделей виробництва), так і для діяльності студентів (для виконання аналізу існуючого АТП/АВП, для проведення онтологічних досліджень предметної області та оформлення їх результатів, для оформлення проєктних рішень промислової КФС).

СЕП повинна забезпечувати нормальний режим роботи без втрати працездатності на протязі навчального року.

6 Економічні показники

До основних економічних показників входять:

- термін окупності інвестицій до 3 років;
- внутрішня дохідність інвестицій, %. – більше 50,0 ;
- абсолютний ефект від впровадження, тис. грн.. – не менше 3000,0;
- витрати на розробку, не більше, тис. грн. – 80,0 ;

7 Стадії розробки

1. Етап «Науково-технічне та техніко-економічне обґрунтування роботи» та розробка технічного завдання має бути виконаний до 15.03.24 р.

2. Етап «Проектування підсистеми підтримки викладацької діяльності у першому навчальному модулі» має бути виконаний до 15.04.24 р.
3. Етап «Проектування підсистеми підтримки викладацької діяльності у другому навчальному модулі» має бути виконаний до 15.05.24 р.
4. Етап «Економічний розділ» має бути виконаний до 31.05.24 р.

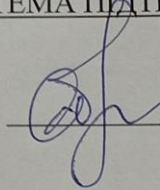
8 Порядок контролю та приймання

1. Рубіжний контроль – 10.06.24 р.
2. Попередній захист – 12.06.24 р.
3. Захист роботи – в період з 14.06.24 р. по 30.06.24 р. за графіком, встановленим кафедрою АІТ.

Додаток Б
(обов'язковий)
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

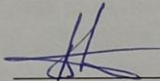
СИСТЕМА ЕЛЕКТРОННОЇ ПІДТРИМКИ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ З
ДИСЦИПЛІНИ «ПРОМИСЛОВИЙ ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ»
ЧАСТИНА 1. ПІДСИСТЕМА ПІДТРИМКИ ВИКЛАДАЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Зав. кафедри АІТ



д-р техн. наук, професор каф. АІТ
Олег БІСІКАЛО

Керівник роботи



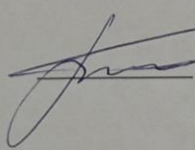
канд. техн. наук, доц. каф. АІТ
Владислав КАБАЧІЙ

Тех. контроль



канд. техн. наук, доц. каф. АІТ
Владислав КАБАЧІЙ

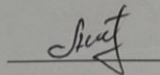
Опонент



канд. техн. наук, професор каф. КСУ
Микола БИКОВ

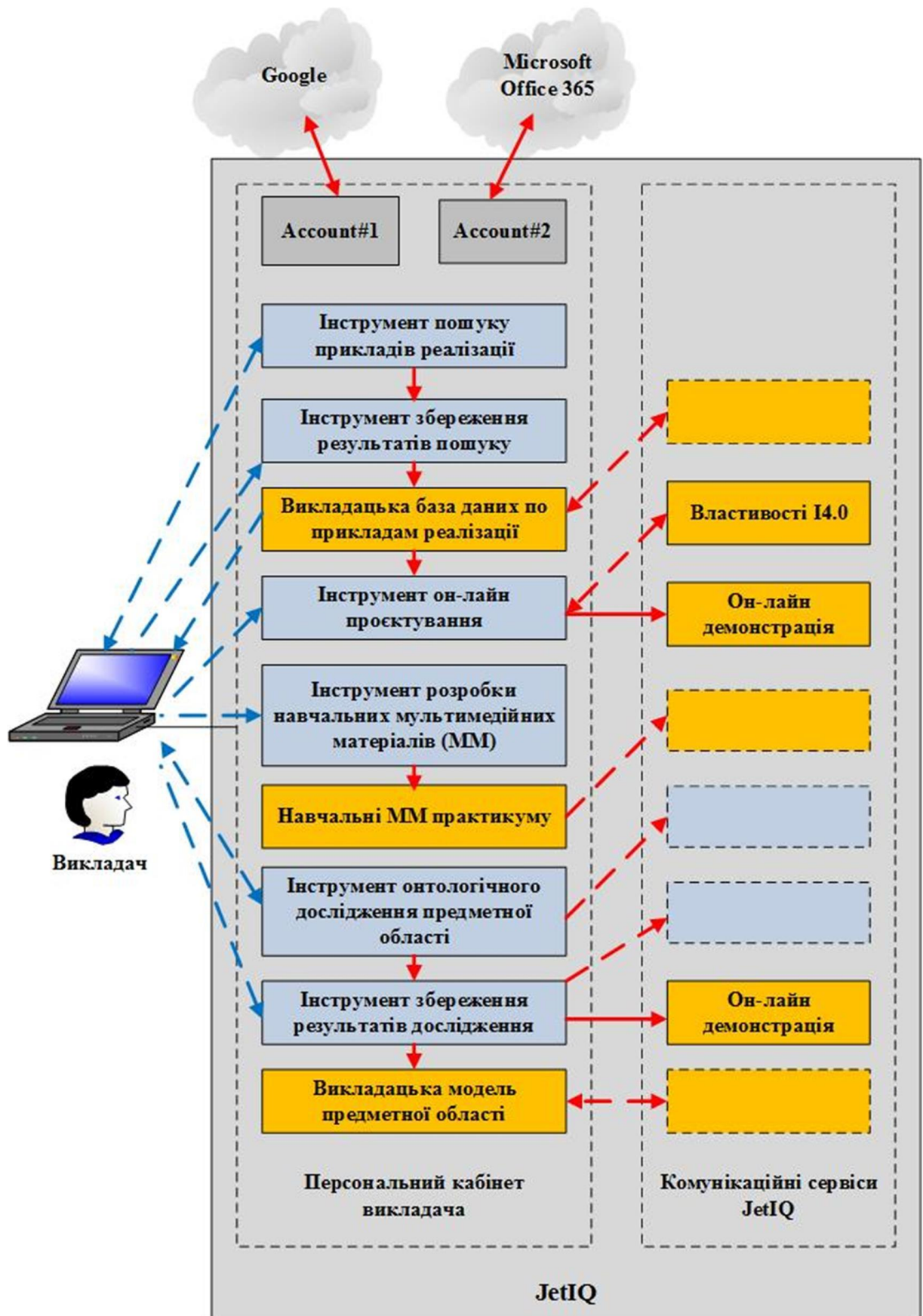
Студент

гр. АКІТ-22мз

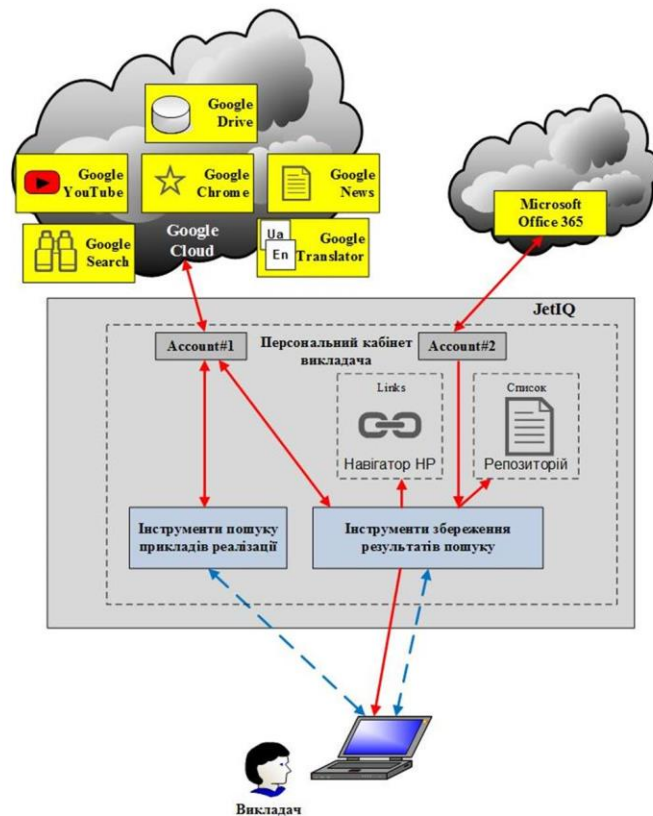


Олександр ОГЛОБЛЯ

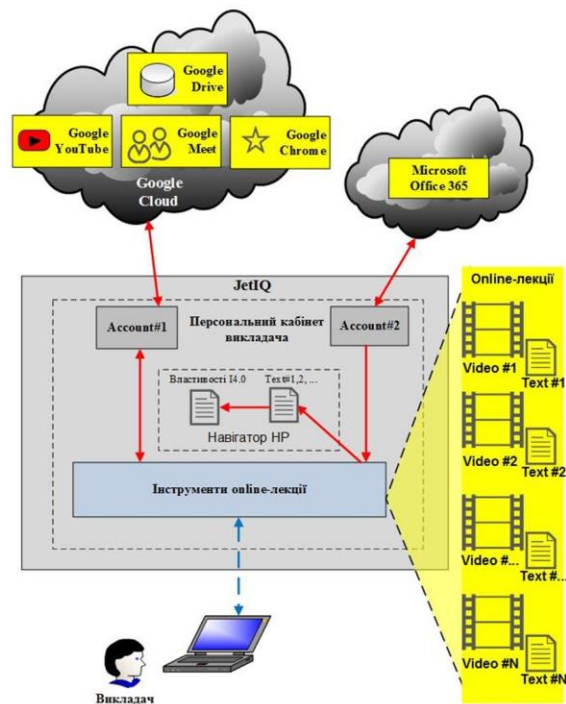
КОНЦЕПЦІЯ ВДОСКОНАЛЕНОЇ ПІДСИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОЇ ПІДТРИМКИ



ПІДТРИМКА ПРОВЕДЕННЯ ЦИКЛУ ЛЕКЦІЙ "ОСНОВИ ПОБУДОВИ КФСПП"

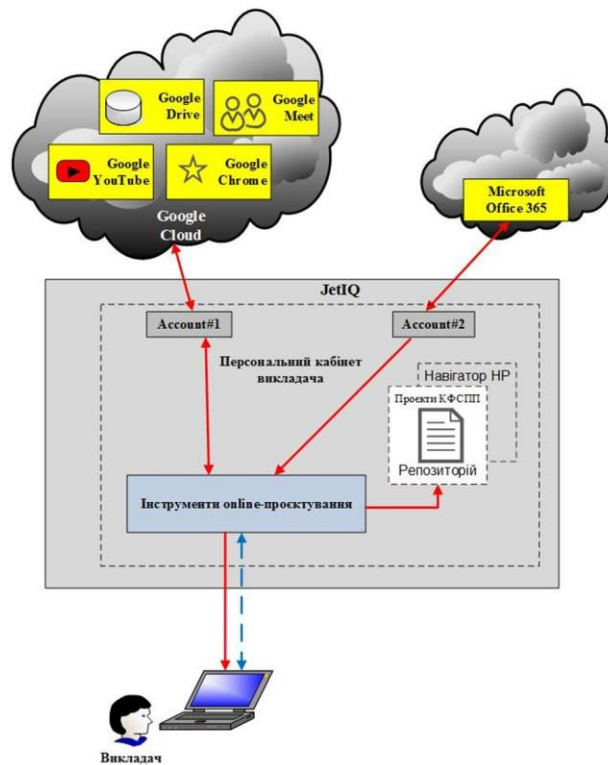


Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності "Пошук та систематизація вихідної інформації"

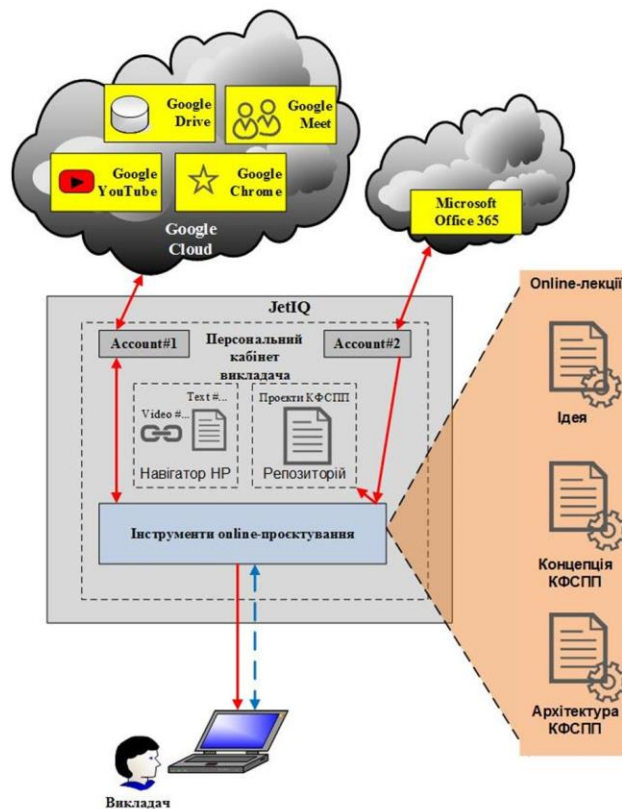


Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності "Читання online-лекцій"

ПІДТРИМКА ПРОВЕДЕННЯ ЦИКЛУ ЛЕКЦІЙ "ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ КФСПП"

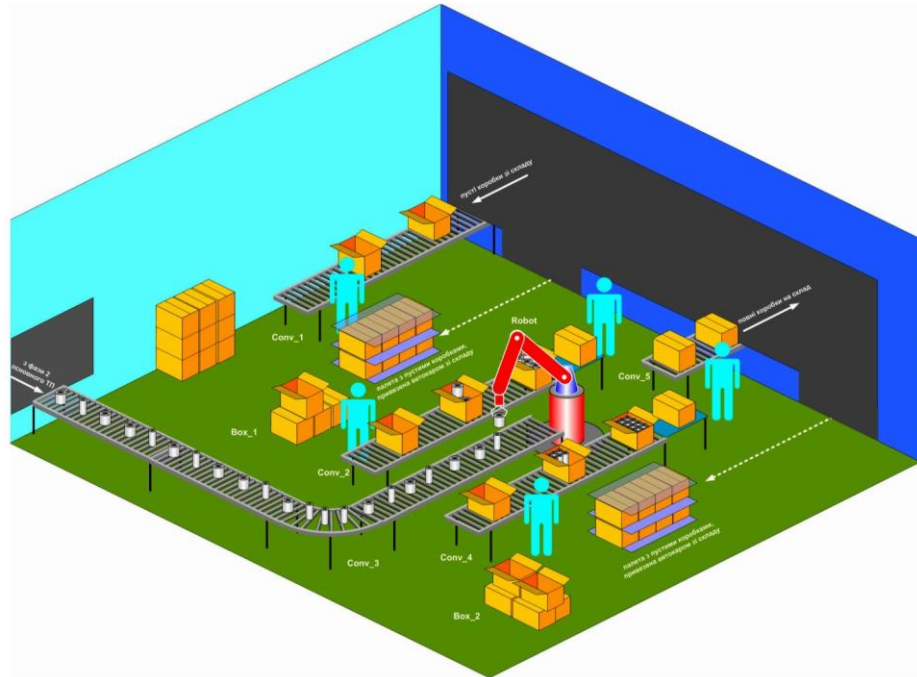


Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності "Читання online-лекції з проєктування КФСПП"

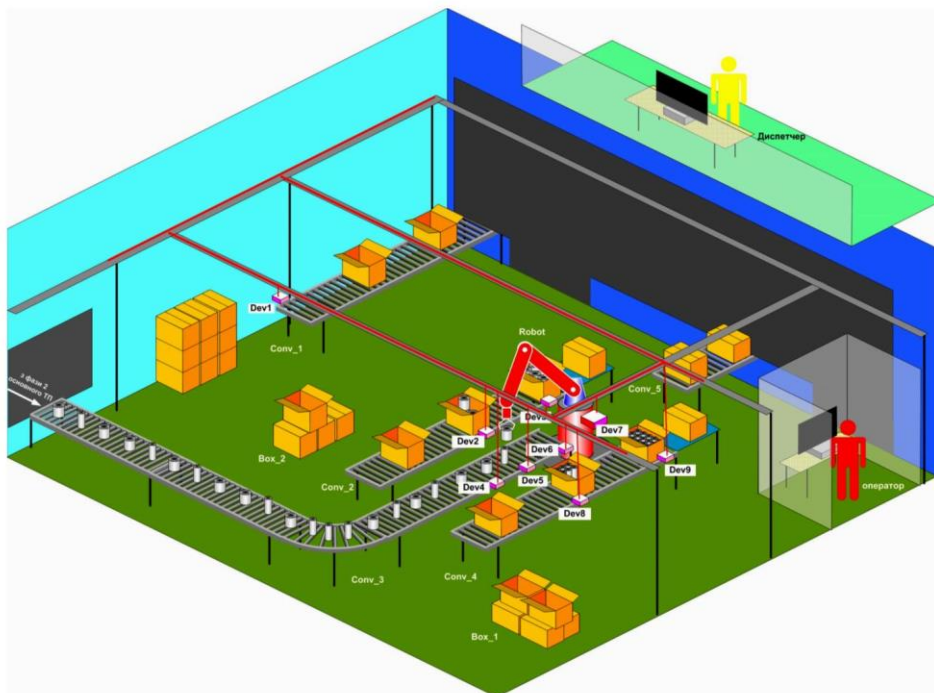


Деталізована функціональна структура підсистеми електронної підтримки читання усього циклу online-лекцій з проєктування КФСПП

ПІДТРИМКА РОЗРОБКИ НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТУДЕНТСЬКОГО ПРАКТИКУМУ У ПЕРШОМУ МОДУЛІ

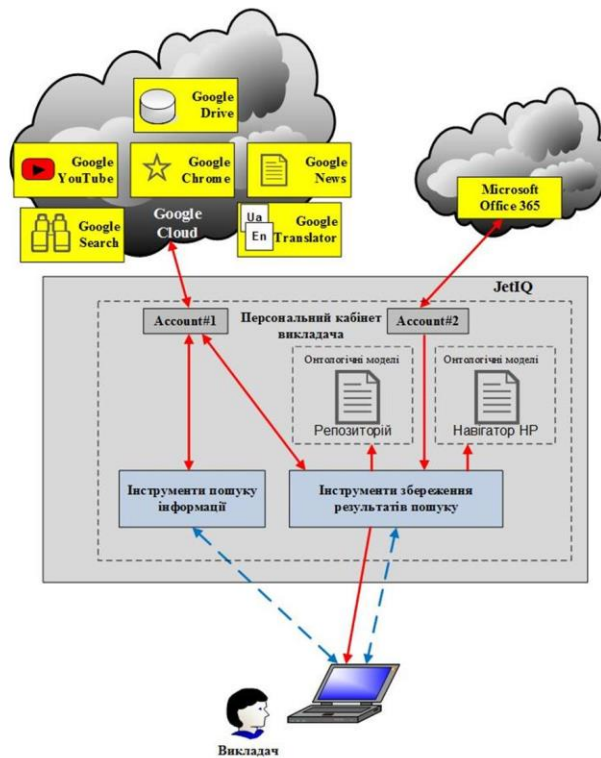


Тривимірна графічна модель реального ТП

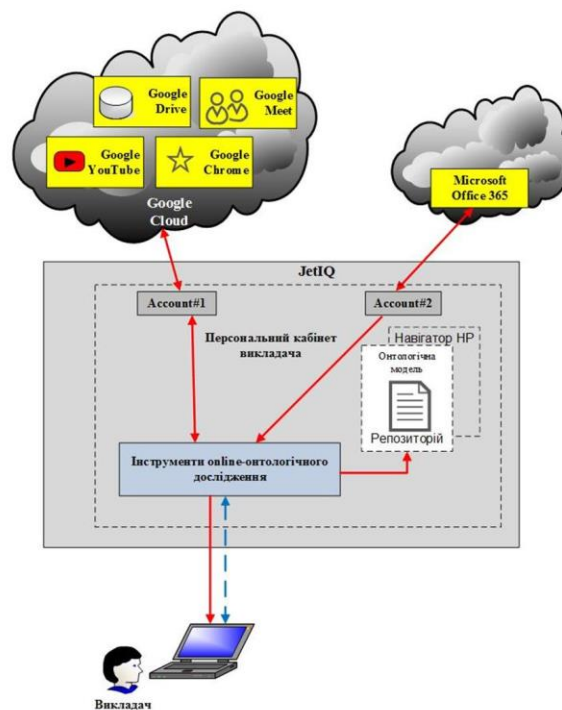


Тривимірна модель реального АТП з АРМ оператора та диспетчера

ПІДТРИМКА ПРОВЕДЕННЯ ЦИКЛУ ЛЕКЦІЙ "ШЛЯХИ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ АВП"

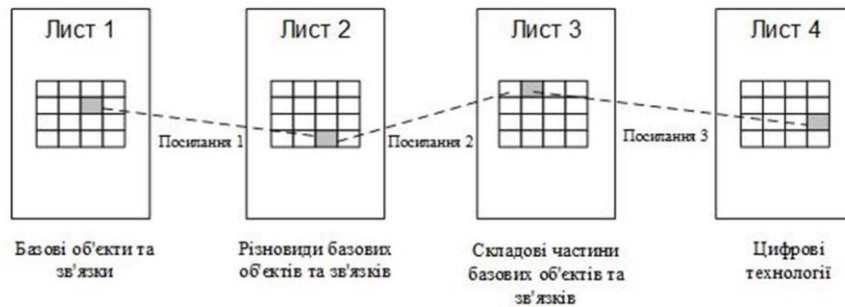


Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності
"Пошук та систематизація вихідної інформації"

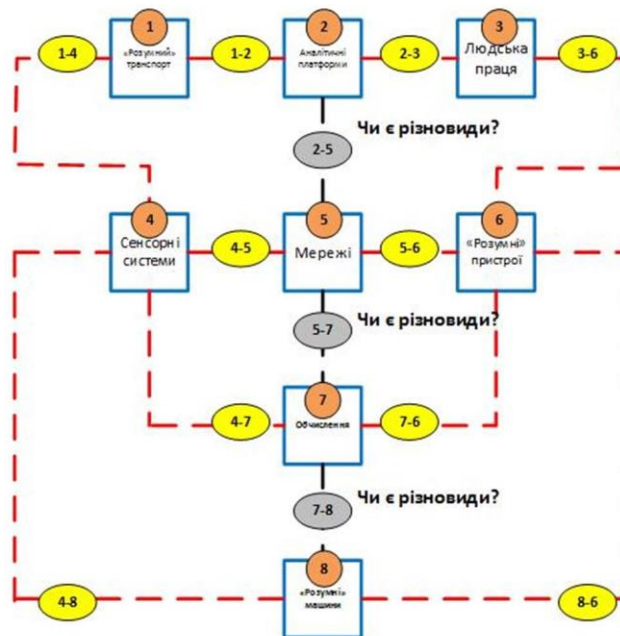


Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності
"Лекційне online-онтологічне дослідження"

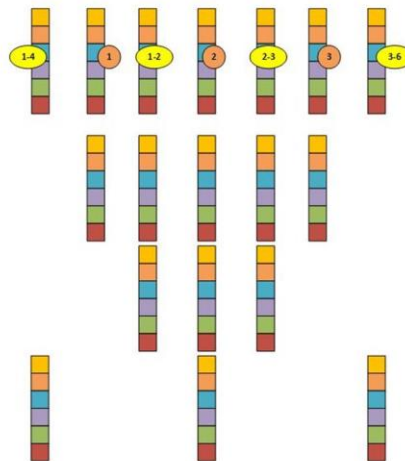
ПІДТРИМКА ВИКЛАДАЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ З ДОКУМЕНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОНТОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ КФСПІ



Принципи документування результатів дослідження у електронній таблиці



Деталізована функціональна структура підсистеми для діяльності
"Лекційне online-онтологічне дослідження"



Виділені комірки електронної таблиці для введення інформації про
різновиди класичних базових об'єктів та зв'язків

ДОДАТОК В
(довідковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ
НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: *Магістерська кваліфікаційна робота*
«Система електронної підтримки навчального процесу з
дисципліни «Промисловий Інтернет речей» Частина 1. Підсистема
підтримки викладацької діяльності»

Тип роботи: кваліфікаційна робота
(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше – зазначити)

Підрозділ: кафедра АІТ, ФКСА, АКТ-22мз
(кафедра, факультет, навчальна група)

Науковий керівник: Кабачій В.В., доцент каф. АІТ
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

<i>Plagiat.pl (StrikePlagiarism)</i>		<i>Unicheck</i>	
КП1	-	Оригінальність	90,6 %
КП2	-		
Тривога/Білі знаки	/	Схожість	9,4 %

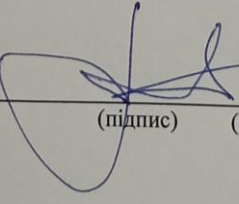
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор  Оглобля О.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення: Допустити до захисту

Особа, відповідальна за перевірку  Маслій Р.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)