
ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

УДК 378 + 681.324

В.М. ПАПІНОВ

ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВІРТУАЛЬНИМ ВИРОБНИЦТВОМ ЯК ОСНОВА ПРОЄКТНОГО ПРАКТИКУМУ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ

*Вінницький національний технічний університет
21021, Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна
Тел.: +38(067)7813273, E-mail: vnpapinov@gmail.com*

Анотація. У статті розглядається інтегрована система управління (ІСУ) періодичним виробництвом, яка реалізується в комп'ютеризованій лабораторії для організації проєктного практикуму магістрів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології".

Ключові слова: інтегрована система управління, періодичне виробництво, комп'ютеризована лабораторія, проєктний практикум, магістр

Abstract. At article the integrated control system (ICS) of periodic manufacture, realized in the computerized lab for a design practical work of magisters of a specialty 151 "Automation and the computer-integrated technologies", is considered.

Keywords: integrated control system, periodic manufacture, computerized lab, design practical work, magister

DOI: 10.31649/1681-7893-2023-46-2-5-21

ВСТУП

Сучасна інформатизація світового освітнього процесу йде по шляху створення нових інформаційно-освітніх середовищ у вигляді «навчальних фабрик» та «віртуальних підприємств» з метою покращення фахової підготовки студентів технічних спеціальностей та прискорення набуття ними досвіту та навичок практичної професійної діяльності [1-8]. У Вінницькому національному технічному університеті для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» також розроблена та впроваджена в навчальний процес нова форма проведення практикумів з професійних дисциплін у вигляді «віртуального виробництва», яке по суті є лабораторною імітацією «навчальної фабрики» [9-12]. Таке «віртуальне виробництво» функціонує на базі універсальної комп'ютеризованої лабораторії «Промислова мікропроцесорна техніка» факультету інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації (ФІТА), яка змонтована за підтримки компанії «СВ Альтера» (м. Київ) [13].

В даній статті, яка є продовженням матеріалу статті «Лабораторна ІСУ виробництвом як основа студентського проєктного практикуму. Частина 1. Бакалаврський рівень підготовки», описане використання інтегрованої системи управління (ІСУ) «віртуальним виробництвом», яка створена в цій же комп'ютеризованій лабораторії, для організації тривалого проєктного практикуму магістрів спеціальності, що значно підвищує ефективність їх професійної підготовки завдяки практичному виконанню студентами детальної розробки окремої підсистеми цієї ІСУ з обов'язковою перевіркою її працездатності на лабораторному обладнанні «віртуального виробництва».

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ВИЯВЛЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Як було зазначено у попередній статті, «віртуальне виробництво», яке створене у комп'ютеризованій лабораторії у вигляді складної гібридної моделі [9, 11, 12], з точки зору його автоматизації засноване на періодичному виробничому процесі (Batch process) «виготовлення» різної за асортиментом хімічної продукції у вигляді її партії чи порції [14].

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Серед усіх типів виробництв саме це виробництво є найбільш гнучким, а тому його автоматизація потребує використання і більш складних за функціональністю систем управління. Зокрема, для управління періодичним технологічним процесом такого виробництва вже ніяким чином не можна використовувати класичний підхід до побудови автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУТП), при якому вся логіка технологічного процесу жорстко задається в програмованому логічному контролері (ПЛК, PLC) чи у вузлі розподіленої системи управління (DCS). Необхідна зовсім інша логіка оброблення технологічної інформації та формування управлінських впливів.

Основні рекомендації щодо побудови ІСУ періодичним виробництвом надають такі діючі міжнародні стандарти в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва як IEC 62264 (аналог американського стандарту ISA-95) та IEC61512 (аналог американського стандарту ISA-88) [15]. Зокрема, в них описується оптимальна функціональна структура таких ІСУ у вигляді моделі управлінської діяльності, яка має використовуватися на практиці як шаблон (каркас) при розробці реальної ІСУ для конкретного виробничого процесу. При цьому результат проектування цієї ІСУ у великій мірі залежить від багатьох факторів та обмежень, наприклад, від досвіду розробників, наявних матеріально-технічних ресурсів, вимог замовника і т.д.. Саме тому при створенні в комп'ютеризованій лабораторії ФІПА нової ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» була вибрана її раціональна реалізація на основі лише тих програмно-технічних засобів, які є в навчальній лабораторії.

Проблема впровадження даної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» в навчальний процес полягає в тому, що сама по собі ця система є надзвичайно складним об'єктом проектування, а тому студент не може протягом одного семестру і в рамках однієї професійної дисципліни повністю розробити та перевірити працездатність навіть окремої її підсистеми. По-перше, студент для виконання проектних робіт повинен мати відповідні теоретичні та практичні знання, а їх він зазвичай накопичує поступово протягом кількох курсів та в рамках різних дисциплін. По-друге, сам процес проектування та перевірки працездатності навіть підсистеми цієї ІСУ є досить тривалим, а тому займатиме у студента в процесі навчання багато додаткового часу. Тому виходом з такої ситуації є організація такого студентського проектного практикуму, який би дозволяв кожному студенту протягом кількох семестрів, навіть курсів, та в рамках різних професійних дисциплін займатися покроковою розробкою (за індивідуальним завданням або в рамках проектною команди) конкретної підсистеми ІСУ даним періодичним «віртуальним виробництвом». Але для такого проектного практикуму обов'язково треба ще розробити відповідну методику його ефективної організації, наприклад, для магістрів спеціальності ця методика має враховувати як діючий навчальний план магістерського рівня підготовки, так і діючий навчальний план бакалаврського рівня підготовки.

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Таким чином, весь комплекс проектних робіт студентів на «віртуальному виробництві» доцільно організувати в рамках практичних курсів кількох взаємопов'язаних професійних дисциплін старшого курсу бакалаврської підготовки та першого курсу магістерської підготовки. Враховуючи вже отримані студентами професійні знання, такий проектний практикум сприятиме подальшому ефективному набуттю студентами потрібних компетентностей щодо практичного виконання усіх стадій життєвого циклу інтегрованих систем управління, а також органічному зв'язуванні усього теоретичного та практичного матеріалу, що викладається у професійних дисциплінах.

Тому **метою** дослідження є пошук шляху організації на основі лабораторної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом», яка побудована за рекомендаціями національних та міжнародних стандартів комп'ютерно-інтегрованого виробництва, студентського проектного практикуму з індивідуальної чи командної розробки підсистем даної ІСУ в рамках навчального плану підготовки магістрів спеціальності.

Для досягнення поставленої мети дослідження треба розв'язати такі основні **задачі**:

- Враховуючи отримані результати виконання проектного практикуму студентами бакалаврського рівня підготовки, окреслити перелік основних задач проектного практикуму та порядок їх виконання студентами магістерського рівня підготовки при індивідуальній чи командній розробці підсистем лабораторної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом».

- Запропонувати таку методику проведення проектного практикуму в рамках діючого навчального плану, яка б дозволяла студентам магістерського рівня підготовки, опираючись на результати попередніх проектних робіт, продовжити індивідуальну чи командну розробку окремої підсистеми лабораторної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» в рамках життєвого циклу даної системи.

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Як було зазначено в попередній статті, лабораторна ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» будується на основі моделі управління операціями, що рекомендована діючими стандартами комп'ютерно-інтегрованого виробництва IEC62264/ISA-95 та IEC61512/ISA-88 [15, 16]. Само поняття «управління операціями» є категорією, яка складається з видів діяльності (функцій управління), безпосередньо пов'язаних з виготовленням партій/порцій продукції. Тому цю модель можна вважати структурою функцій управління періодичним виробництвом. Для лабораторної ІСУ ця структура складається з таких управлінських підрозділів, що працюють в автоматизованому режимі на окремих комп'ютерах лабораторії:

- «Відділ кадрів, бухгалтерія» (основна управлінська діяльність/функція «Управління ресурсами /Resource Management типу "Виробничий персонал"», додаткова управлінська діяльність/функція «Облік та моніторинг виконання виробничих завдань», додаткова управлінська діяльність/функція «Організація матеріального заохочення виробничого персоналу»);

- «Відділ планування» (основна управлінська діяльність/функція «Детальне планування (Detailed Scheduling)»);

- «Технічний відділ» (основна управлінська діяльність/функція «Управління ресурсами/Resource Management типу "Технологічне обладнання"», додаткова управлінська діяльність/функція «Облік та моніторинг технологічного обладнання та технічних засобів автоматизації», додаткова управлінська діяльність/функція «Планування та управління технічним обслуговуванням»);

- «Економічний відділ» (основні стандартні управлінські діяльності/функції – «Аналіз ефективності/Performance analysis», «Відслідковування виробництва/Tracking», «Управління ресурсами типу "Матеріали, сировина, напівфабрикати"», додаткова управлінська діяльність/функція «Облік енергетичних витрат виробництва»);

- «Диспетчерська служба» (три основні стандартні управлінські діяльності/функції – «Управління означенням/Definition Management», «Диспетчеризація/Dispatching», «Управління виробництвом/Execution Management»).

Крім того, на сервері виробничих даних реального часу, крім його основної функції, виконується ще і управлінська діяльність/функція лабораторної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» – «Збір даних/Data collection», яка також рекомендована діючими стандартами.

Визначимо тепер перелік основних задач проектного практикуму та порядок їх виконання студентами магістерського рівня підготовки в ході індивідуальної чи командної розробки підсистем лабораторної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом». При цьому будемо опиратися на ті результати проектних робіт, які студенти вже виконали в ході проектного практикуму на бакалаврському рівні їх підготовки (див. попередню статтю), іншими словами, будемо продовжувати життєвий цикл даної ІСУ [17-18], який складається з таких стадій:

1. Формування вимог до ІСУ.
2. Розробка концепції ІСУ.
3. Технічне завдання.
4. Ескізний проєкт.
5. Технічний проєкт.
6. Робоча документація (робочий проєкт).

При цьому перші три стадії 1-3 є такими, що передують проєктуванню, а стадії 4-6 є безпосередньо проєктними (рис. 1). На стадії «Ескізний проєкт» визначають: функції ІСУ (функції підсистем, їх цілі та ефекти, склад комплексів задач та окремих задач); концепцію інформаційної бази, її укрупнену структуру; функції системи управління базою даних; склад обчислювальної системи; функції та параметри основних програмних засобів.

На стадії «Технічний проєкт» 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-алгоритмічну структуру; функції персоналу та організаційну структуру; структури технічних засобів; алгоритми рішень задач та використовувані мови; організацію та ведення інформаційної бази (наприклад систему класифікації та кодування інформації); програмне забезпечення. На 2-му ж етапі отримані результати проєктування висвітлюють у технічній документації.

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Враховуючи значний об'єм проектних робіт, у попередній статті було запропоновано розділити проектний практикум студентів спеціальності на дві частини – «Ескізний проект» (для студентів бакалаврського рівня підготовки) та «Технічний проект» (для студентів магістерського рівня підготовки), а три передпроектні стадії не включати в цей практикум, а надавати студентам як завдання вже готові ТЗ.

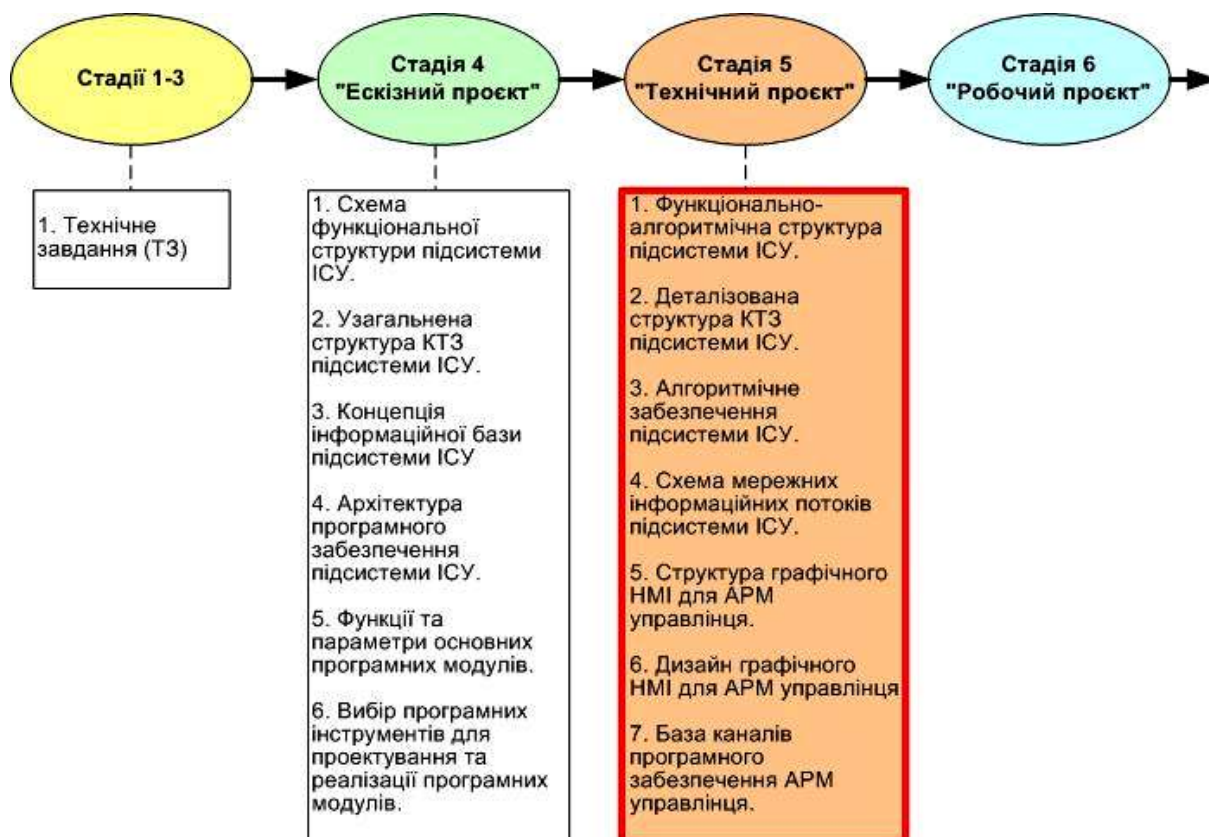


Рисунок 1 – Життєвий цикл ІСУ та перелік основних задач студентського проектного практикуму

На рисунку використовуються такі відомі аббревіатури: КТЗ – комплекс технічних засобів, АРМ – автоматизоване робоче місце, НМІ – Human-Machine Interface.

Як видно з рисунку, виконання студентами магістерського рівня підготовки будь-яких проектних робіт на стадії «Технічний проект» повинно обов'язково опиратися на проектні рішення, отримані студентами на попередній стадії життєвого циклу конкретної підсистеми лабораторної ІСУ. Перелік цих основних результатів наведений на рис. 1 під позначенням стадії «Ескізний проект», а можливі варіанти їх документального оформлення описані у попередній статті на прикладі диспетчерської служби/підсистеми лабораторної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом».

Розглянемо тепер детальніше перелік проектних завдань та порядок їх виконання студентами магістерського рівня підготовки в рамках другої частини проектного практикуму, тобто на стадії «Технічний проект». В якості прикладів виконання таких завдань будемо розглядати ту ж саму диспетчерську підсистему лабораторної ІСУ, що і у попередній статті.

На першому етапі даної частини проектного практикуму доцільно розробити функціонально-алгоритмічну структуру підсистеми ІСУ, використовуючи при цьому результати попередньої стадії її проектування – схему функціональної структури та узагальнену структуру КТЗ. Приклад виконання такої структури показаний на рис.2. Як видно з рисунку, така структура має ієрархічну будову, де можна виділити такі горизонтальні рівні: рівень технологічних/технічних процесів (рівень 0), рівень контролерного управління технологічними/технічними процесами (рівень 1, CONTROL), рівень операторського управління технологічними/технічними процесами (рівень 2, SCADA), рівень управління виробничими процесами (рівень 3, MES/MOM) та рівень управління бізнес-процесами підприємства

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(рівень 4, ERP). На рівні 4 (ERP) на основі додаткового комп'ютера лабораторії (ноутбук чи планшет) створюється АРМ бізнес-менеджера з функціями управління бізнес-процесами «віртуального підприємства». Цей АРМ зв'язаний через мережу Internet та Web Server факультету з локальною мережею Ethernet лабораторії. На рівні 3 (MES/MOM) на основі лабораторного персонального комп'ютера викладача, підключеного до локальної мережі Ethernet лабораторії, створюється АРМ диспетчера з функцією управління рецептами «віртуального виробництва». На рівні 2 (SCADA) на основі п'яти персональних комп'ютерів лабораторії створюються п'ять АРМ операторів технологічних/технічних процесів «віртуального виробництва» (АРМ оператора 1, АРМ оператора 2, ...).

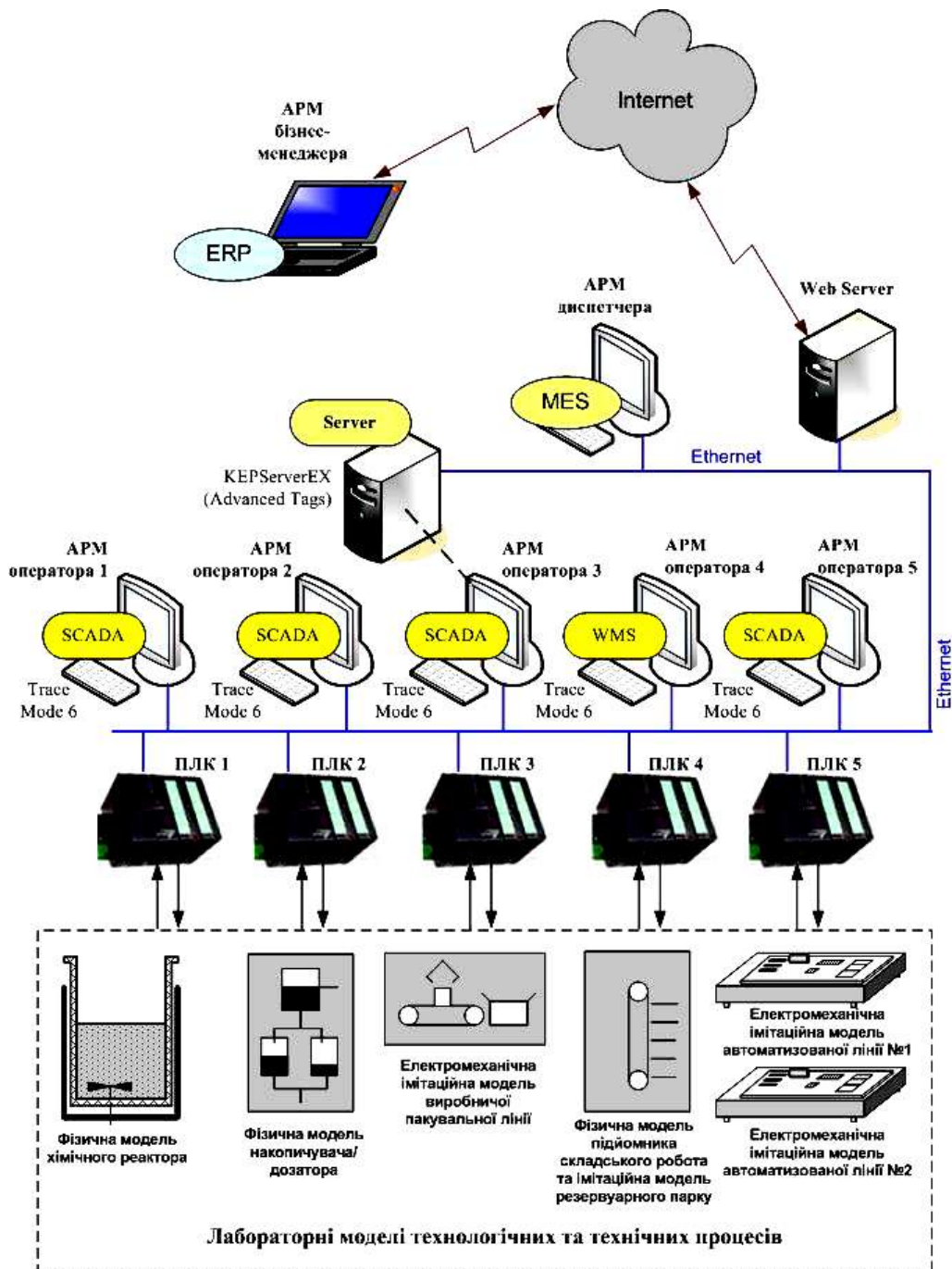


Рисунок 2 – Результат проєктування функціонально-алгоритмічної структури диспетчерської підсистеми

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Усі ці комп'ютери також підключені до локальної мережі Ethernet лабораторії. При цьому персональний комп'ютер «АРМ оператора 3» виконує також функцію сервера виробничих даних (Server), в якому здійснюється моделювання у режимі реального часу матеріальних потоків та запасів «віртуального виробництва». На рівні 1 (CONTROL) використовуються п'ять промислових контролерів «VIPA» (ПЛК1 - ПЛК5), які також підключені до локальної мережі Ethernet лабораторії. Ці контролери отримують виробничі завдання з відповідних АРМ операторів, здійснюють управління технологічними/технічними процесами «віртуального виробництва» і надсилають звітну інформацію про виконання виробничих завдань до АРМ операторів. На рівні 0 використовуються такі лабораторні моделі технологічних/технічних процесів: фізична модель хімічного реактора, фізична модель накопичувача/дозатора, електромеханічна імітаційна модель виробничої пакувальної лінії, фізична модель підйомника складського робота та імітаційна модель резервуарного парку, електромеханічна імітаційна модель автоматизованої лінії №1 та електромеханічна імітаційна модель автоматизованої лінії №2.

На рівні 4 (ERP) виконується основна функція «Управління Місцевим рецептом», яка призначена для формування поточного рецепту з виготовлення основним технологічним процесом (ТП) «віртуального виробництва» партії хімічної продукції заданого типу. Місцевий рецепт означає формулу виготовлення конкретного типу хімічної продукції всіма фазами основного ТП та описує їх основні процедури. Також визначаються загальні вимоги до технологічного обладнання, а у розділі рецепту «Інша інформація» може вказуватися часові терміни виготовлення даної партії. Такий Місцевий рецепт через Internet пересилається у електронному вигляді на рівень MES/MOM.

На рівні 3 (MES/MOM) в АРМ диспетчера виконуються такі основні функції управління: «Управління означенням», «НМІ», «Контроль ресурсів», «Диспетчерування», «Управління виконанням», та «Управління виробничою інформацією». Зокрема, диспетчер, враховуючи інформацію з Місцевого рецепту та конкретні характеристики технологічного обладнання «віртуального виробництва», здійснює розробку набору Майстер рецептів для всіх технологічних/технічних процесів (ТП), які будуть задіяні при виробленні цієї партії продукції. Також деталізується рецептурна процедура – означуються рецептурні процедури виробничих комірок, апаратів, технологічних операцій та етапів. Якщо опис усієї процедури в рецепті доводиться до рецептурних процедурних етапів, то такий опис вважається повним. Виконання описаної функції управління диспетчер здійснює через графічний НМІ цього АРМ.

Сформовані диспетчером Майстер рецепти надсилаються через локальну мережу Ethernet до відповідних АРМ операторів, які повинні виконувати ці виробничі завдання у термін, встановлений план-графіком виробництва. Зокрема, оператори за інформацією з Майстер рецептів повинні сформувати окремі набори Керівних рецептів, які будуть служити виробничими завданнями для промислових контролерів, які здійснюють безпосереднє управління технологічними/технічними процесами з виготовлення порцій/партій продукції.

На рівнях 2 (SCADA) та 3 (MES/MOM) для реалізації більшості алгоритмів управлінських функцій використовується основне програмне забезпечення (ПЗ) персональних комп'ютерів лабораторії (наприклад IDE «SCADA Trace Mode 6»), а на сервері виробничих даних – промислова база даних реального часу «KerServerEX».

На основі даної алгоритмічно-функціональної структури диспетчерської підсистеми студенти в ході проектного практикуму можуть перейти до більш детального проєктування її технічного забезпечення. Під технічним забезпеченням, зазвичай, мають на увазі сукупність технічних засобів та експлуатаційної документації, здатних забезпечити функціонування проєктованої підсистеми в повному обсязі. Одним із видів графічної документації, яка відноситься до технічного забезпечення підсистеми, є її деталізована структурна схема КТЗ, яка розробляється саме на стадії «Технічний проєкт».

На рис. 3 показаний варіант виконання цієї деталізованої структури у вигляді електричної структурної схеми диспетчерської підсистеми лабораторної ІСУ. На цій схемі усі блоки відображають те існуюче лабораторне обладнання, яке використовується для електричного збирання даної підсистеми, а зв'язки між цими блоками відображають види застосованих електричних комунікацій. Лабораторне обладнання структуроване за місцями їх реального монтажу – на лабораторних столах, спеціалізованих стійках чи лабораторних моделях. Наприклад, на лабораторному столі №2 для диспетчерської підсистеми ІСУ використовуються програмований контролер «ПЛК №1» (блок 4), персональний комп'ютер (ПК) «АРМ оператора №1» (блок 5) та два електричних з'єднувача ХТ (блоки 6, 7). На спеціалізованій стійці №1 використовуються програмований контролер «ПЛК №3» (блок 12), персональний комп'ютер «АРМ оператора №3 та сервер» (блок 14) та два електричних з'єднувача ХТ (блоки 13, 15). На лабораторній моделі промислового хімічного реактора використовуються реле рівнів рідини (блок 24), температурний датчик опору (блок 25) та чотири силові електромагнітні реле SW

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

(блоки 26-29). На ПК «АРМ диспетчера» (блок 1) реалізується робоче місце диспетчера, де виконуються такі основні функції управління: «Управління означенням», «НМІ», «Контроль ресурсів», «Диспетчерування», «Управління виконанням» та «Управління виробничою інформацією». Отримана через мережу Internet вхідна інформація у вигляді Місцевого рецепту, що розроблений бізнес-менеджером на ПК «АРМ бізнес-менеджера» (блок 3), обробляється функцією «Управління означенням», яка, враховуючи виробничу інформацію з Місцевого рецепту та конкретні характеристики технологічного обладнання «віртуального виробництва», здійснює розробку набору Майстер рецептів для всіх технологічних/технічних процесів (ТП), які повинні бути задіяними у «виробленні».

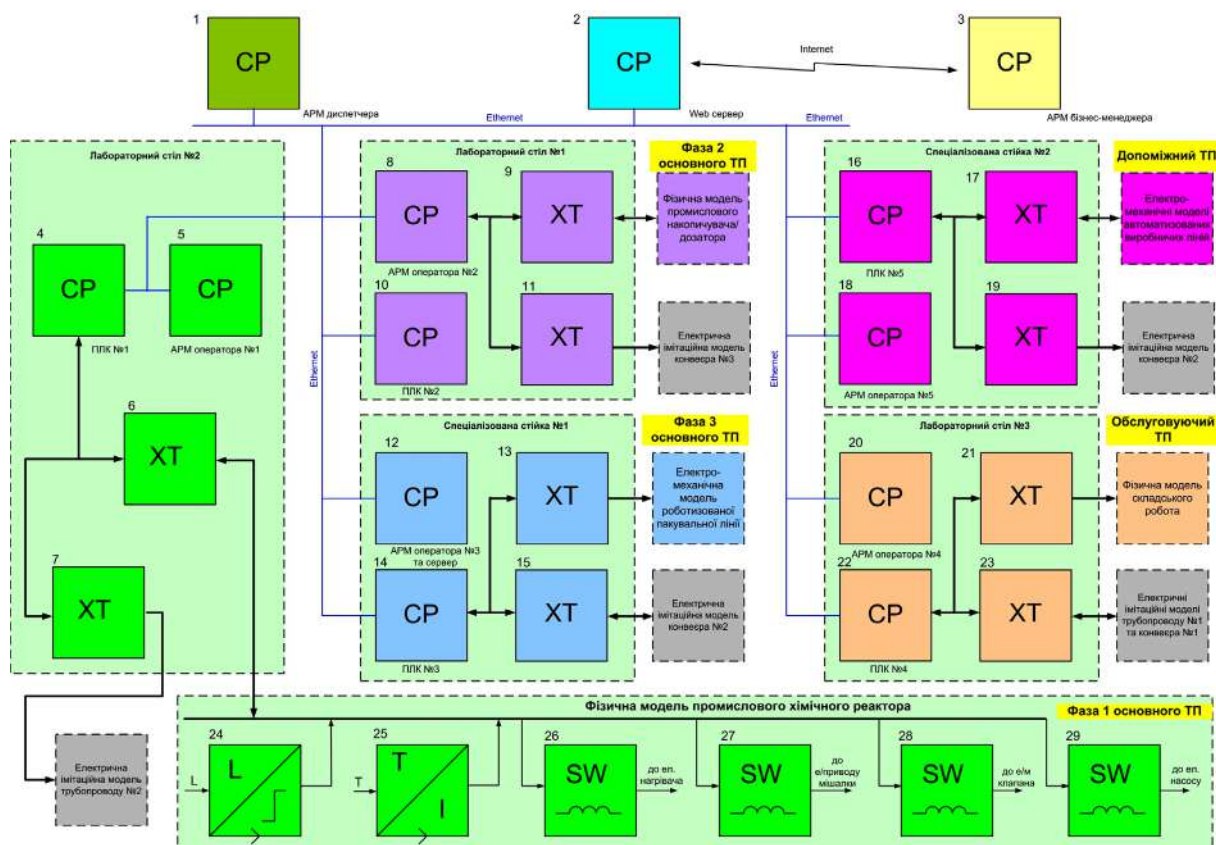


Рисунок 3 – Електрична структурна схема диспетчерської підсистеми лабораторної ІСУ

Після проектування технічного забезпечення підсистеми лабораторної ІСУ на першому етапі стадії «Технічний проект» можна переходити до розгляду питань її інформаційного (ІЗ) та алгоритмічного (АЗ) забезпечення. Так, в діючому стандарті під ІЗ розуміють набір документів та даних, які вміщують:

- перелік і характеристики змінних, які відображають фактичний стан як об'єкта управління (вимірювання, контролю, моніторингу тощо), так і самої автоматизованої системи;
- опис правил класифікації та кодування інформації та її груп в автоматизованій системі;
- опис масивів вхідної та вихідної інформації автоматизованої системи;
- форми документів та відеокадрів, які використовуються в системі.

Таким чином, в рамках проектного практикуму студенти повинні послідовно вирішити такі взаємопов'язані проектні задачі ІЗ, наприклад диспетчерської підсистеми лабораторної ІСУ:

- запропонувати та описати систему класифікації та кодування інформації в підсистемі;
- розробити перелік вхідних сигналів та даних підсистеми, використовуючи запропоновану систему класифікації та кодування інформації;
- розробити перелік вихідних сигналів та документів підсистеми, використовуючи запропоновану систему класифікації та кодування інформації;

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

- розробити та описати організацію інформаційної бази підсистеми для ПК «АРМ диспетчера» (внутрішньо-машинна інформаційна база) та для ПК з функцією «Сервер» (поза-машинна інформаційна база);

- розробити та описати організацію збору та передачі інформації в підсистемі.

Наприклад, для диспетчерської підсистеми лабораторної ІСУ можна запропонувати таку класифікацію інформації:

- «Сигнал» (дискретна інформація, що має два значення – «одиниця/нуль», «true/false», «on/off»);

- «Дані» (цифрова інформація обсягом один чи кілька байтів, що передає значення фізичних величин, наприклад, виробничих/технологічних параметрів);

- «Документ» (інформація, яка міститься у файлі документа OS Windows).

На основі такої класифікації інформації можна розробити відповідну систему її кодування. Для прикладу розглянемо поза-машинну інформаційну базу даної підсистеми ІСУ, тобто інформацію, що передається між її структурними частинами – приймачами і джерелами інформації. У цьому сенсі доречно в якості основи кодування цієї інформації застосувати просте цифрове позначення структурних частин всієї лабораторної ІСУ і використовувати далі це позначення для кодування інформації при означенні або приймача (адресата) інформації, або передавача (джерела) інформації. Наприклад, можна запропонувати таке цифрове позначення структурних частин всієї лабораторної ІСУ «віртуальним виробництвом»:

- «0» – диспетчерська підсистема ІСУ (реалізована на двох ПК – «АРМ диспетчера» та «Сервер»);

- «1» – АСУТП промислового хімічного реактора;

- «2» - АСУТП промислового накопичувача/дозатора;

- «3» - АСУТП роботизованої пакувальної лінії;

- «4» - АСУТП виробничого складу;

- «5» - АСУТП допоміжного виробництва («5.1» - для автоматизованої виробничої лінії №1, «5.2» - для автоматизованої виробничої лінії №2);

- «6» - АСУТП промислової транспортної системи (ця АСУТП на «віртуальному виробництві» реалізована програмним шляхом на ПК «Сервер» ІСУ, де моделюються у реальному часі усі матеріальні потоки - трубопровідні та конвеєрні, а також матеріальні запаси на входах та виходах технологічних процесів);

- «7» - АСУ «віртуальним підприємством» (реалізована на ПК «АРМ бізнес-менеджера»).

Використовуючи цю систему кодування, а також усі попередні результати проєктування підсистеми, студенти в ході проєктного практикуму зможуть далі скласти переліки вхідної та вихідної інформації усіх означених вище типів («Сигнал», «Дані», «Документ») для структурних частин проєктованої підсистеми. Наприклад, для структурної частини «АРМ диспетчера» в табл. 1 показані фрагменти таких переліків для вхідної та вихідної інформації типу «Документ».

Складені переліки поза-машинної бази даних проєктованої підсистеми студенти можуть використовувати при подальшій розробці її технічного проєкту. Наприклад, можна розробляти детальніші алгоритми виконання окремих управлінських діяльностей/функцій структурними частинами підсистеми, які або використовують інформацію з зовнішніх джерел, або надсилають її до зовнішніх приймачів.

Розглянемо для диспетчерської підсистеми лабораторної ІСУ більш детальний алгоритм виконання управлінської діяльності/функції «Управління означенням» в її структурній частині «АРМ диспетчера». Деталізації підлягає та частина алгоритму, яка стосується розробки розділу «Процедура» для кожного Майстер рецепта, який формує ця управлінська діяльність/функція. Одним з варіантів розробки такої процедури Майстер рецепту на графічній мові PFC є використання на ПК «АРМ диспетчера» спеціального застосунку OS «Windows», наприклад, «MS Visio». Проте, цей застосунок, зазвичай, вимагає наявності ліцензії, але в Інтернеті є багато хмарних сервісів на основі цього застосунку, якими можна користуватися безкоштовно. У цьому разі можна заздалегідь створити у цьому застосунку ті графічні позначення процедурних елементів на мові PFC, які будуть потрібні для детальної розробки процедур Майстер рецептів, а потім зберегти ці графічні позначення у спеціальній папці «PFC Visio Shapes» на ПК «АРМ диспетчера». Коли на ПК «АРМ диспетчера» буде в наявності така бібліотека графічних позначень усіх процедурних елементів, то саму побудову процедурної діаграми на мові PFC для Майстер рецепту можна буде виконувати в доступному текстовому редакторі, наприклад «Open Office Word». А краще, якщо весь документ Майстер рецепту створювати в цьому застосунку – і текстову частину, і графічну частину (діаграма процедури).

**ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ
З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ**

Таблиця 1

Фрагменти переліків вхідної та вихідної інформації типу «Документ» для «АРМ диспетчера»

Символьне позначення	Зміст
1	2
Вхідна інформація	
SR.txt	Місцевий рецепт (текст)
PFC_SR.html	Процедура Місцевого рецепту (діаграма PFC)
CR_#1_XXXX.html	Керівні рецепти від локальної АСУТП №1 (XXXX – номер рецепту)
CR_#2_XXXX.html	Керівні рецепти від локальної АСУТП №2 (XXXX – номер рецепту)
Вихідна інформація	
MR_#1.html	Майстер рецепт для локальної АСУТП №1
MR_#2.html	Майстер рецепт для локальної АСУТП №2
MR_#3.html	Майстер рецепт для локальної АСУТП №3

В розділі «Процедура» можна буде просто вставляти потрібні графічні позначення з бібліотеки «PFC Visio Shapes» та з'єднувати їх лініями переходів, користуючись інструментами рисунка цього застосунку. Після розробки нового Майстер рецепту диспетчер ІСУ повинен зберегти його у форматі «.html» з ім'ям «MR_#X», де X є номером локальної АСУТП, для якої призначений цей рецепт. Збереження Майстер рецепту виконується як в спеціальну папку «Batch Documents» на ПК «АРМ диспетчера», так і через цифрову мережу лабораторії у папку установки IDE «SCADA Trace Mode» на ПК «АРМ оператора» тієї локальної АСУТП, для якої призначений даний Майстер рецепт. На рис. 4 показана архітектура програмної реалізації описаного деталізованого алгоритму виконання функції «Управління означенням».

З рисунку видно, що до структурних частин «АРМ оператора №1» - «АРМ оператора №5» через мережу зі структурної частини «АРМ диспетчера» передається відповідна інформація типу «Документ» у вигляді файлів окремих Майстер рецептів «MR#1.html» - «MR#5.html», в іменах яких застосована система кодування, що описана вище.

Подальше використання переліків вхідної/вихідної інформації при технічному проектуванні конкретної підсистеми лабораторної ІСУ має місце при деталізації опису інформаційних взаємодій її складових частин, що, в решті решт, і забезпечує роботу інтегрованої системи управління. Для такого опису в [17] пропонується застосовувати такий вид технічної документації як схема мережних інформаційних потоків. Цей вид технічної документації, дещо відмінний від того, що рекомендує стандартний підхід до проектування автоматизованих систем [18], дозволяє ефективніше відобразити (описати) усі процеси інформаційного обміну між окремими частинами системи.

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

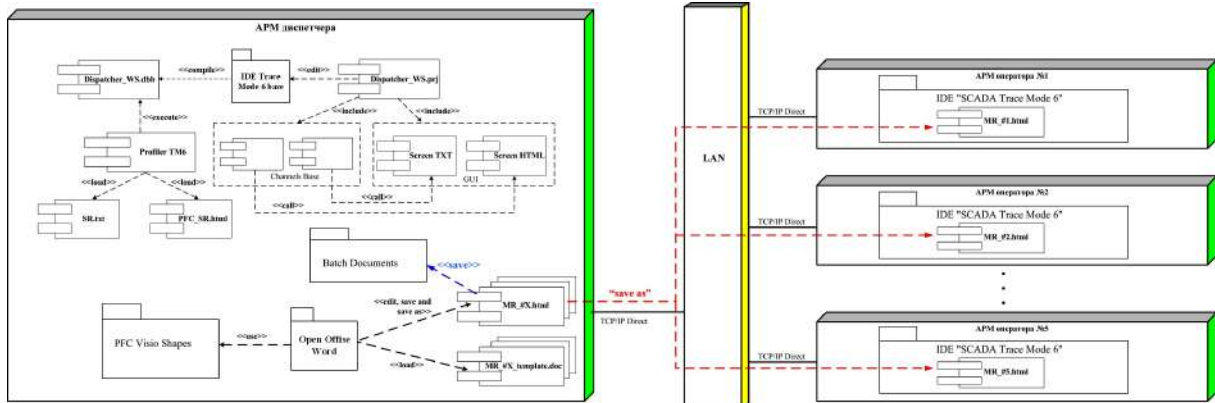


Рисунок 4 – Алгоритм виконання функції «Управління означенням» (архітектура програмної реалізації)

Крім того, цей вид технічної документації забезпечує і більш ефективне відображення як всього масиву даних, які зберігаються в базах даних окремих вузлів мережі (у комп'ютерах й серверах), так і усі мережеві інформаційні потоки, які поєднують в системі управління ці бази даних у єдиний інформаційний простір. В проектному практикумі студентів магістерського рівня підготовки схема мережних інформаційних потоків розробляється на основі графової моделі інформаційних потоків, яка вже має бути розробленою на стадії «Ескізний проект» цього практикуму.

На рис. 5 показаний варіант виконання такої схеми для диспетчерської підсистеми лабораторної ІСУ «віртуальним виробництвом».

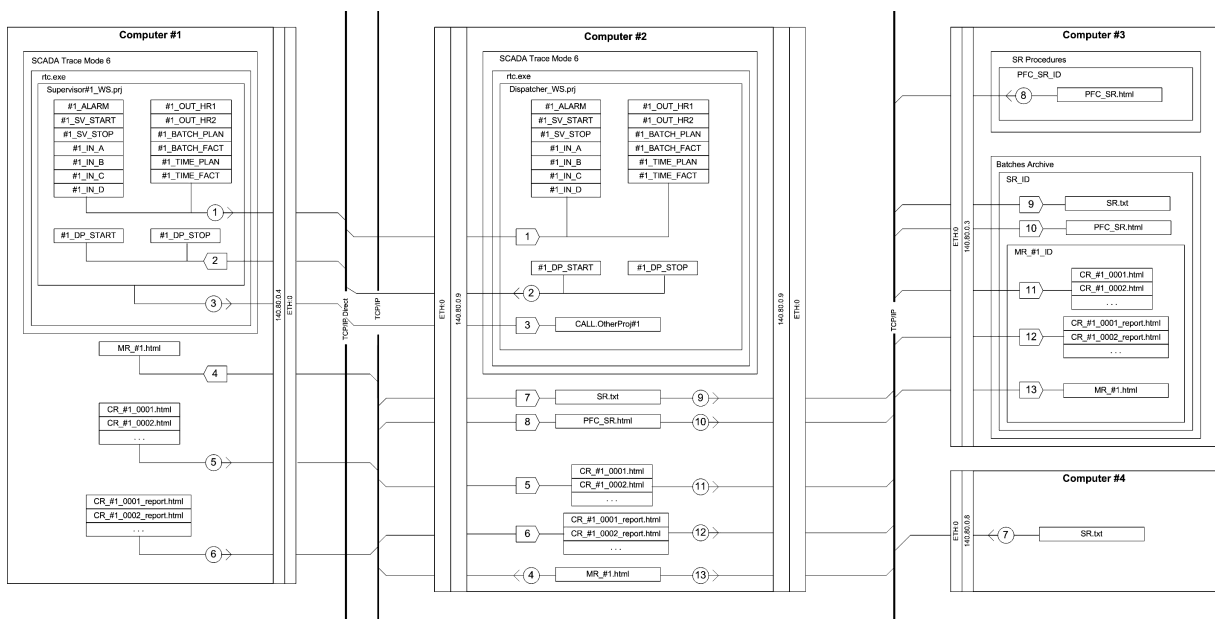


Рисунок 5 – Схема мережних інформаційних потоків диспетчерської підсистеми ІСУ

На даній схемі означені тільки ті мережні потоки, які забезпечують інформаційну взаємодію ПК «АРМ диспетчера» (на схемі позначений як «Computer #2»):

- ПК «АРМ оператора №1» локальної АСУТП №1 («Computer #1»);
- ПК «Сервер» ІАСУ («Computer #3»);
- ПК «АРМ бізнес-менеджера» ІАСУ («Computer #4»).

Інші локальні АСУТП лабораторної ІСУ здійснюють аналогічну інформаційну взаємодію з ПК «АРМ диспетчера», ПК «сервер» та ПК «АРМ бізнес-менеджера».

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Наприклад, весь масив даних, пов'язаних з головним екраном НМІ диспетчера («#1_ALARM», «#1_SV_START», «#1_SV_STOP», ...), передається до ПК «АРМ диспетчера» («Computer #2») мережним інформаційним потоком 1 з транспортним протоколом «TCP/IP Direct» з ПК «АРМ оператора №1» («Computer #1»), який виконує функцію передавача (джерела) цієї інформації. Всередину прямокутника «Computer #1» вкладений прямокутник «SCADA Trace Mode б» (інструментальний пакет розробки ПЗ), в який вкладений прямокутник «rtc.exe» (виконавчий файл проекту ПЗ), всередині якого розміщений прямокутник «Supervisor#1_WS.prj» (проект спеціального ПЗ для робочого місця оператора №1), який і містить масив даних, що передається потоком 1. У свою чергу, усі ці дані зберігаються/формується у відповідних каналах спеціального ПЗ на ПК «АРМ оператора №1» («Computer #1»).

Також в ході «віртуального виробництва» диспетчер може приймати власне рішення в рамках функції «Управління виконанням» щодо пуску «віртуального виробництва» до дії (дається дозвіл на початок роботи всім локальним АСУТП) або зупинки «віртуального виробництва» за певних обставин (забороняється робота всіх локальних АСУТП). Для цього здійснюється передача мережею двох інформаційних сигналів на локальні АСУТП, наприклад, для локальної АСУТП №1 цей масив даних має складатися з двох змінних («#1_DP_START», «#1_DP_STOP»), який відображений на схемі мережних інформаційних потоків всередині прямокутника спеціальної програми «Dispatcher_WS.prj» ПК «АРМ диспетчера» («Computer #2»). Їх передавання до локальної АСУТП №1 здійснюється інформаційним потоком 2, який закінчується цим же масивом даних всередині прямокутника спеціальної програми «Supervisor#1_WS.prj» на ПК «АРМ оператора №1» («Computer #1»). В реальності ці змінні записуються у значення входів відповідних внутрішніх каналів даної спеціальної програми.

Аналогічно мають описуватися усі мережні інформаційні потоки, відображені на схемі, з їх прив'язкою до алгоритмів виконання управлінських функцій структурними частинами диспетчерської підсистеми лабораторної ІСУ.

Далі на стадії «Технічний проект» доцільно виконувати такі проектні роботи, що пов'язані з програмним забезпеченням підсистеми лабораторної ІСУ:

- розробка структури графічного НМІ управління (диспетчера, економіста, бухгалтера і т.д.);
- розробка дизайну екранів графічного НМІ управління;
- розробка бази інформаційних каналів для графічного НМІ управління.

Розглянемо виконання цих проектних робіт на прикладі графічного НМІ диспетчера лабораторної ІСУ. Цей інтерфейс повинен забезпечувати виконання усіх управлінських діяльностей/функцій диспетчера на ПК «АРМ диспетчера»:

- «Диспетчерування» (диспетчер забезпечує усі умови як для запуску «віртуального виробництва», так і для штатного його виконання у відповідності до затвердженого план-графіку та встановлених техніко-економічних показників);
- «Управління означенням» (диспетчер розробляє на основі отриманого Місцевого рецепту набір Майстер рецептів для локальних АСУТП «віртуального виробництва»);
- «Управління виконанням» (диспетчер формує команди для локальних АСУТП, втручаючись при необхідності в їх роботу, та надсилає для локальних АСУТП план-графіки виконання ними своїх Майстер рецептів);
- «Управління виробничою інформацією» (диспетчер в процесі виконання Місцевого рецепту здійснює моніторинг параметрів роботи усіх складових частин «віртуального виробництва» – технічних та технологічних процесів, матеріальних запасів й потоків, а також управляє потоками архівної документації, що поступає від цих складових частин);
- «Контроль ресурсів» (диспетчер постійно стежить за наявністю необхідних матеріальних ресурсів для нормальної роботи локальних АСУТП та за їх переміщенням в рамках «віртуального виробництва»).

Зрозуміло, що такий складний графічний інтерфейс повинен містити багато екранів, які треба організувати у певну логічну структуру. Це значно спростить диспетчеру роботу, бо він зможе легше орієнтуватися при здійсненні необхідних переходів між екранами. Тому структуру цього графічного НМІ доцільно будувати за ієрархічним принципом, коли на вершині структури є головний екран, на який виводиться тільки узагальнена інформація про хід періодичного «віртуального виробництва», а нижче по ієрархії розміщені шари екранів, які деталізують виробничу інформацію по кожній локальній АСУТП. Таке структурування інформації значно полегшить роботу диспетчера і дозволить йому ефективніше розбиратися у штатній виробничій обстановці та у можливих нештатних ситуаціях (наприклад аваріях). Такий підхід до проектування графічного інтерфейсу називається «людино-орієнтованим» і він надзвичайно популярний у світовій практиці автоматизації виробництва.

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На рис. 6 наведений варіант проєктного рішення ієрархічної структури графічного НМІ диспетчера лабораторної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом». Як видно з рисунку, на верхньому рівні цієї ієрархічної структури знаходиться головний екран диспетчера, який у вигляді відповідного шаблону екрана розробляється в рамках проєкту спеціального ПЗ «Dispatcher_WS.prj» для ПК «АРМ диспетчера» за допомогою інструментального пакету «IDE SCADA Trace Mode 6». Нижче за рівнем знаходиться група екранів, що забезпечують функцію диспетчера з розробки Майстер рецептів для локальних АСУТП на основі інформації, що містить Місцевий рецепт, сформований бізнес-менеджером. Ця група складається з двох екранів, розроблених в рамках проєкту спеціального ПЗ «Dispatcher_WS.prj», а саме, з екрану «Місцевий рецепт» та з екрану «Процедура». Ці екрани при роботі диспетчера мають розміщуватися на моніторі ПК «АРМ диспетчера» поруч один з одним. Через перший екран диспетчер має змогу переглядати зміст файлу Місцевого рецепту «SR.txt», що містить тільки текстову частину цього рецепту, а через другий екран диспетчер має змогу переглядати зміст файлу «PCF_SR.html», що містить графічну процедурну діаграму та текстовий опис до неї. Крім того, до цієї групи екранів належить екран застосунку OS Windows, а саме, «Open Office Word», за допомогою якого диспетчер розробляє Майстер рецепти для локальних АСУТП «віртуального виробництва». Файли цих рецептів зберігаються в форматі «.html» з іменами, що створюються за таким шаблоном – «MR_ID», де ID є цифровим ідентифікатором локальної АСУТП (наприклад . «MR_#1» – для АСУТП №1, а «MR_#2» - для АСУТП №2).

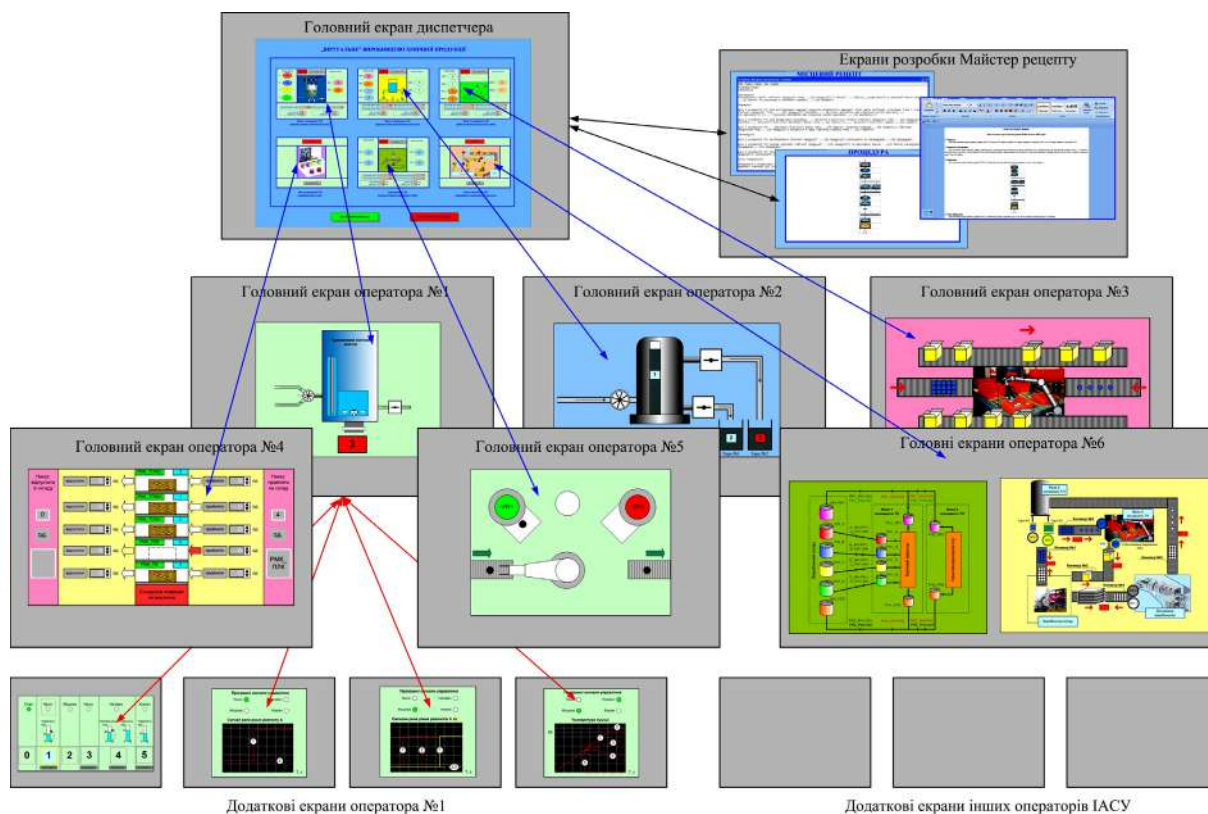


Рисунок 6 – Ієрархічна структура графічного НМІ диспетчера лабораторної ІСУ

Ще нижче за рівнем розміщені шаблони головних екранів операторів локальних АСУТП, які утворюють лабораторну ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом», а саме:

- головний екран оператора №1 локальної АСУТП №1;
- головний екран оператора №2 локальної АСУТП №2;
- головний екран оператора №3 локальної АСУТП №3;
- головний екран оператора №4 локальної АСУТП №4;
- головний екран оператора №5 локальної АСУТП №5;
- головний екран оператора №6 локальної АСУТП виробничої транспортної системи.

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Усі ці екрани також розробляються в рамках проекту спеціального ПЗ «Dispatcher_WS.prj» для ПК «АРМ диспетчера» за допомогою інструментального пакету «IDE SCADA Trace Mode 6». Після розробки кожного такого шаблону, його можна використати і у проекті спеціального ПЗ для відповідного ПК типу «АРМ оператора». У цьому разі і диспетчер, і оператор локальної АСУТП зможуть використовувати для моніторингу технологічного/ технічного процесу однакові графічні екрани.

Ще нижче за рівнем у ієрархічній структурі графічного НМІ диспетчера розміщені додаткові екрани операторів локальних АСУТП, які при переході на них дозволять диспетчеру отримати деталізовану інформацію про хід технологічного/технічного процесу, яким управляє локальна АСУТП, та розібратися з будь-якою штатною чи нештатною виробничою ситуацією у цій АСУТП. Усі ці додаткові екрани розробляються в рамках проекту спеціального ПЗ «Dispatcher_WS.prj» для ПК «АРМ диспетчера» за допомогою інструментального пакету «IDE SCADA Trace Mode 6». Після розробки кожного такого шаблону, його можна також переносити у проект спеціального ПЗ для відповідного ПК типу «АРМ оператора». У цьому разі і диспетчер, і оператор локальної АСУТП зможуть використовувати для деталізації інформації щодо технологічного/ технічного процесу однакові графічні екрани.

Як було вже зазначено, усі описані шаблони екранів графічного НМІ диспетчера розробляються у редакторі графічних екранних форм IDE «SCADA Trace Mode 6» та зв'язуються з відповідними інформаційними каналами спеціального ПЗ. Проте, згідно з діючими стандартами [15-17], ці проектні роботи рекомендується виконувати на стадії «Робочий проект», а ось на стадії «Технічний проект» доцільно виконувати відповідні їх ескізні проекти, які описують їх загальну будову та означають їх оптимальне дизайнерське рішення.

Для прикладу розглянемо ескізний проект шаблону головного екрану графічного НМІ оператора №5 (локальна АСУТП виробничої лінії допоміжного виробництва), який показаний на рис. 7.

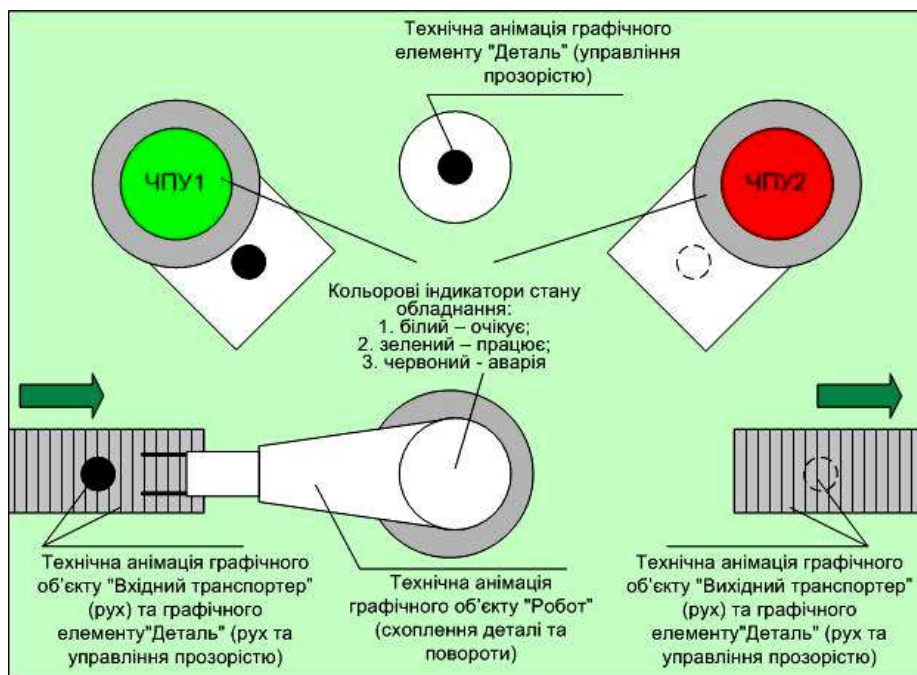


Рисунок 7 – Проект шаблону головного екрану графічного НМІ оператора №5

На даному екрані розміщені статичні зображення верстатів та буфера, бібліотечні графічні елементи типу "Коло" (деталь), "Кольоровий індикатор" (стани обладнання) та "Транспортер" (вхідний та вихідний) редактора графічних екранних форм IDE «SCADA Trace Mode 6», а також графічний об'єкт "Робот". Властивостями цих графічних елементів та об'єктів керує спеціальна програма на ПК «АРМ оператора №5», яка аналізує дані, що отримані з контролера даної АСУТП. Так, стани обладнання визначаються за такими змінними програми контролера: «Вмикання ЧПУ №1», «Вмикання ЧПУ №2», «Аварія ЧПУ №1», «Аварія ЧПУ №2», «Вмикання транспортного робота». В залежності від значення цих

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

змінних кольорові індикатори стану обладнання змінюють свій колір: білий – режим очікування, зелений – справна робота, червоний – аварія. На головному екрані НМІ оператора №5 широко застосовується технічна анімація. Подача нової деталі на виробничу лінію та вивантаження готової деталі з виробничої лінії відображається рухом двох транспортерів (вхідного та вихідного) та зображень деталей, що рухаються синхронно з транспортерами. При цьому виконується керування такою прозорістю графічного елемента "Деталь". Якщо деталі на транспортері не повинно бути, то прозорість графічного елемента повинна бути 100%. Якщо ж треба показати деталь на транспортері, то її прозорість встановлюється рівною 0%. Найбільш складним для технічної анімації є графічний об'єкт "Робот". На рис. 8 показаний принцип його анімації.

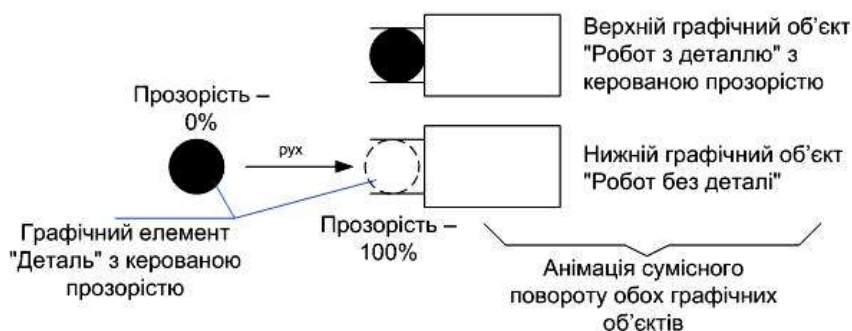


Рисунок 8 – Проект шаблону головного екрану графічного НМІ оператора №5

Фактично цей об'єкт складається з двох частин – нижнього графічного об'єкту "Робот без деталі" та верхнього графічного об'єкту "Робот з деталлю". Прозорість верхнього графічного об'єкту керує програма. Якщо робот знаходиться у вихідному стані, то прозорість верхнього об'єкту дорівнює 100%. Графічний елемент "Деталь", що рухається транспортером у напрямку робота, має прозорість 0%. Коли деталь досягає зображення робота, то прозорість її зображення встановлюється рівною 100%, а прозорість верхнього графічного об'єкту "Робот з деталлю" стає рівною 0%.

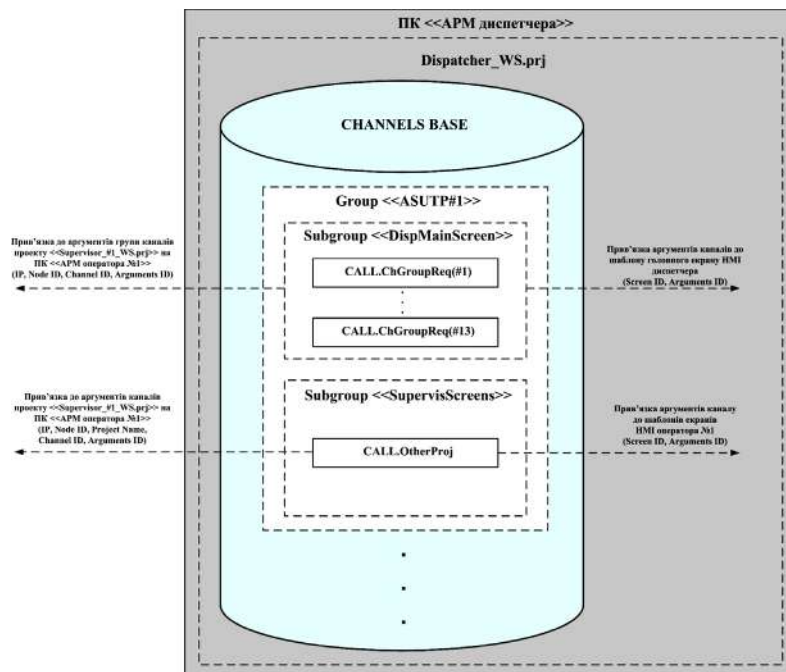


Рис.9. Фрагмент структури внутрішньо-машинної бази інформаційних каналів «АРМ диспетчера»

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Маючи проєкт графічного НМІ управління, студенти в ході проєктного практикуму можуть перейти до проєктування внутрішньо-машинної інформаційної бази відповідної структурної частини підсистеми ІСУ. Наприклад, для ПК «АРМ диспетчера» такою інформаційною базою є база інформаційних каналів проєкту «Dispatcher_WS.rj», яка забезпечує, зокрема, передачу/прийом цифрової інформації до/від шаблонів екранів графічного НМІ диспетчера. На рис. 9 показаний фрагмент структури цієї бази.

Цей фрагмент структури стосується тільки тих функцій графічного НМІ диспетчера, які відповідають за відображення головних та деталізованих параметрів виконання Майстер рецепту локальною АСУТП №1. Аналогічно побудовані бази інформаційних каналів для локальних АСУТП №2-№5. Що ж стосується локальної АСУТП №6 виробничої транспортної системи, яка реалізована на «віртуальному виробництві» програмним шляхом, то обмін цифровою інформацією між екранами графічного НМІ диспетчера та програмними моделями транспортування та збереження матеріальних ресурсів (виконуються в ПК «Сервер») повинен здійснюватися через іншу внутрішньо-машинну базу інформаційних каналів.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень був запропонований спосіб організації на основі лабораторної інтегрованої системи управління (ІСУ) періодичним «віртуальним виробництвом» тривалого проєктного практикуму з індивідуальної або командної розробки технічних проєктів підсистем даної ІСУ магістрами спеціальності 151 – "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології". Проведення даного проєктного практикуму доцільно організувати в рамках двосеместрової професійної дисципліни «Стандарти та проєктування комп'ютерно-інтегрованих систем управління». Для цього проєктні завдання практикуму треба оформити як навчальні завдання з лабораторних та практичних занять, включаючи і самостійну роботу студентів. Наприклад, на практичному курсі може виконуватися практичне проєктування технічного та інформаційного забезпечення підсистеми, а в лабораторному курсі – її математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення, включаючи його реалізацію

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Working and learning [Електронний ресурс]: Festo Corporate. - Режим доступу: <https://www.festo.com/group/ru/cms/10968.htm>.
2. An integrated learning system for Industry 4.0 [Електронний ресурс]: Festo Didactic. - Режим доступу: <https://www.festo-didactic.com/int-en/highlights/qualification-for-industry-4.0/project-workstation-i4.0-cp-lab/>.
3. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4>. [Електронний ресурс].
4. Rentzos L. A two-way knowledge interaction in manufacturing education: the teaching factory / L. Rentzos, D. Mavrikios, G. Chryssoulouris // *Procedia CIRP*. – 2015. – V. 32. – P. 31–35.
5. Faller C. Industry 4.0 learning factory for regional SMEs / C. Faller, D. Feldmuller // *Procedia CIRP*. – 2015. – V. 32. – P. 88–91.
6. Hummel V. Competence development for the holistic design of collaborative work systems in the Logistics Learning Factory / V. Hummel, K. Hyra, F. Ranz, J. Schuhmacher // *Procedia CIRP*. – 2015. – V. 32. – P. 76–81.
7. Muschard B. Realization of a learning environment to promote sustainable value creation in areas with insufficient infrastructure / B. Muschard, G. Seliger // *Procedia CIRP*. – 2015. – V. 32. – P. 70–75.
8. Siemens відкрила Центр з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у Кривому Розі [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://24tv.ua/dnipro/siemens-vidkrila-tsentra-avtomatizatsiyi-kompyuterno-integrovanih_n1410240.
9. 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.
10. 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.

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

11. 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.
12. 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.
13. Офіційний сайт компанії "СВ АЛТЕРА" в Україні [Електронний ресурс]. - Режим доступу : www.svaltera.ua.
14. Protsesside automatiseerimine: e-kursus [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/index.html>.
15. Пупена О. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва / О. Пупена, І. Ельперін, Р. Міркевич С. // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2016. – Т. 8. – №3. – С. 63-74.
16. Пупена О.М. Принципи функціонування систем керування основним виробництвом через призму стандарту ІЕС-62264 / О.М. Пупена, О.М. Клименко, Р.М. Міркевич. – К.: НУХТ, 2019. – 49 с.
17. ДСТУ ISO/ІЕС 15288:2005 «Інформаційні технології. Системна інженерія. Процеси життєвого циклу системи».
18. 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.

REFERENCES

1. Working and learning [Electronnyi resurs] : Festo Corporate. - Rezhim dostupu : <https://www.festo.com/group/ru/cms/10968.htm>.
2. An integrated learning system for Industry 4.0 [Electronnyi resurs]. Festo Didactic. – Rezhim dostupu : <https://www.festo-didactic.com/int-en/highlights/qualification-for-industry-4.0/project-workstation-i4.0-cp-lab/>.
3. <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/industry-4>. [Electronic resource]
4. Rentzos L. A two-way knowledge interaction in manufacturing education: the teaching factory / L. Rentzos, D. Mavrikios, G. Chryssolouris // Procedia CIRP. – 2015. – V. 32. – P. 31–35.
5. Faller C. Industry 4.0 learning factory for regional SMEs / C. Faller, D. Feldmuller // Procedia CIRP. – 2015. – V. 32. – P. 88–91.
6. Hummel V. Competence development for the holistic design of collaborative work systems in the Logistics Learning Factory / V. Hummel, K. Hyra, F. Ranz, J. Schuhmacher// Procedia CIRP. – 2015. – V. 32. – P. 76–81.
7. Muschard B. Realization of a learning environment to promote sustainable value creation in areas with insufficient infrastructure / B. Muschard, G. Seliger // Procedia CIRP. – 2015. – V. 32. – P. 70–75.
8. Siemens vidkryla Tsentri z avtomatyzatsiyi ta komputerno-integrovanykh technology v Krivomu Rozi [Electronnyi resurs]. – Rezhim dostupu : https://24tv.ua/dnipro/siemens-vidkryla-tsentri-avtomatyzatsiyi-komputerno-integrovanih_n1410240.
9. Papinov V.M. Bagatofunktsionalna komputeryzovana laboratoriya dlya naskriznoyi praktychnoi pidgotovki studentiv spatsialnosti 151 / V.M. Papinov, Y.A. Kulyk // Optiko-electronny informatsyyno-energetychny technology / Miznarodnyy naukovo-technichnyy zurnal. – 2018. - №2(36). – С. 89-104.
10. Papinov V.M. Industrial Internet of Things: praktychne vyvchenya na bazii bagatofunktsionalnoi komputeryzovanoi laboratorii / V.M. Papinov, Y.A. Kulyk // Optiko-electronny informatsyyno-energetychny technology / Miznarodnyy naukovo-technichnyy zurnal. – 2018. - №2(36). – С. 89-104.
11. Papinov V.M. Avtomatyzovanyi vyrobnychiy sklad: gibryдне modeliuвання v navchalnyi komputeryzovanyi laboratorii/ V.M. Papinov // Optiko-electronny informatsyyno-energetychny technology / Miznarodnyy naukovo-technichnyy zurnal. – 2020. - №1(39). – С. 61-77.
12. Papinov V.M. Laboratorna imitatsiya “navchalnoi fabryky”: gibryдне modeliuвання materialnykh potokiv / V.M. Papinov // Optiko-electronny informatsyyno-energetychny technology / Miznarodnyy naukovo-technichnyy zurnal. – 2020. - №2(40). – С. 65-81.

ПРИНЦИПОВІ КОНЦЕПЦІЇ ТА СТРУКТУРУВАННЯ РІЗНИХ РІВНІВ ОСВІТИ З ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

13. Oficiynyy sait kompaniyi "SV ALTERA" v Ukraini [Electronnyi resurs]. – Rezhim dostupu : www.svaltera.ua.
14. Protsseside automatiseerimine: e-kursus [Electronnyi resurs]. – Rezhim dostupu : <http://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/index.html>.
15. Pupena O. Ogljad suchasnych standartiv integrovanogo vyrobnystva / O. Pupena, I. Elparin, R. Mirkavitch // Avtomatizatsia tehnoljichnych i bizness-protcesiv. – 2016. – T. 8. – №3. – S. 63-74.
16. Pupena O. M. Pryntsypy funkcionuvania system keruvannya osnovnym vyrobnyztvom cherez pryzmu standartu IEC-62264 / O. M. Pupena, O.M. Klymenko, R.M. Mirkavitch. – K.: NUHT, 2019. – 49 s.
17. DSTU ISO/IEC 15288:2005 "Informatsiynye tehnologyi. Systemna inzheneriya. Prozesy zhittavogo tsuklu system".
18. Pupena O.M. Promyslovi merezhi ta intehtratsiyni tekhnolohiyi v avtomatyzovanykh systemakh: Navchalnyy posibnyk./O.M. Pupena, I.V.Elperin, N.M.Lutska, A.P.Ladanyuk – K.: Vydavnytstvo «Lira-K», 2011. – 552 p.

Надійшла до редакції 12.05.2023 р.

ПАПІНОВ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ – к.т.н., професор кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, e-mail: papinov.v.m@vntu.edu.ua

V.M. PAPINOV

**INTEGRATED VIRTUAL MANUFACTURING MANAGEMENT SYSTEM AS THE BASIS OF
PROJECT PRACTICUM FOR MASTER'S TRAINING**

Vinnytsia National Technical University