

---

---

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

---

---

УДК 378 + 681.324

В. М. ПАПІНОВ, Я. А. КУЛИК

### ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ ДЛЯ НАВЧАННЯ

*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 бакалаврів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології".

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

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

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

**DOI:** 10.31649/1681-7893-2023-45-1-27-42

#### ВСТУП

У наш час методологічною основою професійної освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» визнаний компетентносний підхід, відповідно до якого результатом освітнього процесу є соціально-професійна компетентність випускника технічного вузу [1,2]. Компетентність – це інтегративна індивідуально-професійна якість, що представляє собою єдність теоретичної й практичної готовності до професійної діяльності й, внаслідок цього, не зводиться лише до знань і вмінь. Саме тому сучасна інформатизація світового освітнього процесу спрямовується на створення нових інформаційно-освітніх середовищ, які б надавали більших можливостей для фахової підготовки студентів спеціальності та набуття ними досвіту та навичок практичної професійної діяльності, наприклад, у вигляді «навчальних фабрик» та «віртуального підприємства» [3-10]. Низка вітчизняних технічних вузів за підтримки відомих виробників систем автоматизації та системних інтеграторів також реалізують подібний сучасний підхід до підготовки фахівців спеціальності. Наприклад, у Вінницькому національному технічному університеті створена та постійно вдосконалюється нова форма проведення практикумів з професійних та спеціальних дисциплін у вигляді лабораторної імітації «навчальної фабрики», а точніше, «віртуального виробництва» [11-12]. Це «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 цій статті описаний подальший розвиток даного «віртуального виробництва» шляхом впровадження на ньому інтегрованої системи управління (ІСУ) як основи для організації тривалого проєктного практикуму [14, 15] бакалаврів спеціальності, що дозволяє підвищити ефективність їх професійної підготовки завдяки практичному виконанню розробки окремої підсистеми цієї ІСУ з обов'язковою перевіркою її працездатності на лабораторному обладнанні «віртуального виробництва».

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ВИЯВЛЕННЯ ПРОБЛЕМИ

Аналіз «віртуального виробництва», яке реалізоване у комп'ютеризованій лабораторії у вигляді складної гібридної моделі [11], показує, що з точки зору його автоматизації воно побудоване на основі періодичного виробничого процесу (Batch process), який призначений для виготовлення різної за асортиментом продукції у вигляді її партії чи порції, а тому використовує універсальне технологічне обладнання, яке можна швидко налаштувати на випуск іншого виду продукції [16]. 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) [17]. 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 ФІТА нової ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» треба обов'язково вирішити проблему її раціональної реалізації лише на основі тих програмно-технічних засобів, які є на даний час в навчальній лабораторії.

Інша проблема впровадження ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» в навчальний процес пов'язана з тим, що сама по собі ця система є надзвичайно складним об'єктом проектування, а тому студент не зможе протягом одного семестру і в рамках однієї професійної дисципліни виконати повну розробку та перевірку працездатності навіть окремої її підсистеми. По-перше, студент для цього повинен вже 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. Тобто мова може йти лише про організацію навчального процесу у вигляді тривалого студентського проектного практикуму, який дозволив би кожному студенту протягом кількох семестрів та в рамках різних професійних дисциплін бакалаврського рівня підготовки займатися покроковою розробкою (за індивідуальним завданням або в рамках проектною команди) конкретної підсистеми ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом». Проте, на жаль, зараз немає будь-якої методики ефективної організації такого проектного практикуму на базі діючого навчального плану.

## МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Виходячи з попереднього, означену проектну роботу студентів в існуючому інформаційно-освітньому середовищі типу «віртуальне виробництво» доцільно організувати на старших курсах в рамках навчальних практикумів декількох взаємопов'язаних професійних дисциплін навчального плану підготовки бакалаврів. Це сприятиме поступовому і ефективному набуттю студентами потрібних компетентностей щодо практичного виконання передпроектних та проектних стадій життєвого циклу інтегрованих систем управління (ІСУ), а також органічному зв'язуванні у мозку студента усього теоретичного та практичного матеріалу, що викладається у цих дисциплінах.

Тому **метою** дослідження є створення в інформаційно-освітньому середовищі типу «віртуальне виробництво» інтегрованої системи управління, яка б відповідала вимогам діючих національних та міжнародних стандартів в області комп'ютерно-інтегрованого виробництва, та організація на основі цієї ІСУ студентського проектного практикуму з індивідуальної чи командної розробки її підсистем в рамках декількох взаємопов'язаних професійних дисциплін старших курсів.

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

- Виконати ретельний аналіз наявних в комп'ютеризованій лабораторії ресурсів (промислові засоби автоматизації, лабораторне обладнання, програмне забезпечення) та запропонувати на їх основі

---

---

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

---

---

таку конфігурацію ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом», яка б максимально реалізовувала стандартну функціональну структуру комп'ютерно-інтегрованої системи управління таким типом виробництва.

- Окреслити перелік основних задач проєктного практикуму та порядок їх виконання студентами бакалаврського рівня підготовки в ході індивідуальної чи командної розробки підсистем даної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом».

- Запропонувати таку методику проведення проєктного практикуму в рамках декількох взаємопов'язаних професійних дисциплін, яка б дозволяла студентам бакалаврського рівня підготовки виконувати індивідуальну чи командну розробку усіх основних функцій окремої підсистеми даної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом».

### АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Як було зазначено вище, серед усіх існуючих типів виробництва періодичне є найбільш гнучким, а тому потребує більш складних алгоритмів роботи систем управління (СУ). Наприклад, суттєвими особливостями СУ періодичними технологічними та виробничими процесами є такі [18]:

- СУ повинна передбачати можливість створення та модифікації означення продукту (не тільки параметрів, а і послідовності обробки) без втручання в програмне та технічне забезпечення, тобто без зміни самої СУ;

- модифікація послідовності обробки повинна бути доступною як перед запуском виробництва продукту, так і під час його вироблення;

- СУ повинна передбачати використання одного і того самого технологічного обладнання для приготування будь-якого продукту, технологічні операції для якого здатне виконувати це обладнання;

- у означенні продукту повинна міститися також логіка обробки технологічної нештатної ситуації (тобто такої, що не пов'язана з помилками роботи обладнання);

- СУ повинна передбачати можливість виконання як автоматичних, так і ручних операцій, передбачених в означенні продукту;

- СУ повинна передбачати ручне введення значень вимірювань, наприклад, результатів лабораторних аналізів;

- СУ повинна давати можливість використання спільних ресурсів для різних апаратурних послідовностей, наприклад, один і той же насос може використовуватися для різних груп резервуарів і, відповідно, для різних продуктів;

- СУ повинна давати можливість розробляти план-графіки для вироблення продукту з урахуванням специфіки технологічного обладнання;

- СУ повинна давати можливість відстеження історії приготування конкретної партії продукту, формування звітів щодо партій;

- СУ повинна передбачати її інтегрування з верхнім рівнем ієрархії управління.

На рис. 1 показана модель управління операціями основного періодичного виробництва, що рекомендована діючими стандартами IEC 62264/ISA-95 та IEC61512/ISA-88 [17] в якості каркасу (шаблону) для побудови інтегрованої СУ періодичним виробництвом. Само поняття «управління операціями основного періодичного виробництва» є категорією, яка складається з видів діяльностей (функцій управління), безпосередньо пов'язаних з виготовленням партій/порцій продукції. Тому модель на рис. 1 можна вважати структурою функцій управління періодичним виробництвом. Як видно з рисунку, діючі стандарти означають вісім діяльностей (функцій управління) в межах операцій основного періодичного виробництва:

- «Управління означенням продукту»;
- «Контроль виробничих ресурсів»;
- «Детальний план-графік основного виробництва»;
- «Диспетчерування виробництва»;
- «Управління виконанням основного виробництва»;
- «Збір даних основного виробництва»;
- «стеження за виробництвом»;
- «Аналіз ефективності основного виробництва».

Розглянемо основний зміст цих видів діяльностей (функцій управління).

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

«Управління означенням продукту»: природно, що для виготовлення продукту потрібна інформація про нього, зокрема, виробнича інструкція, відомості матеріалів та ресурсів. Вона тут більш конкретизована, ніж у бізнес-системі. Виробнича інструкція (Production Rules) застосовується для інструктажу виробничої операції щодо способу виготовлення продукту. Для періодичного виробництва цими інструкціями є майстер рецепти (Master recipes). При необхідності, ця інформація передається діяльностям нижчого рівня (АСУТП) або персоналу. Тут також проводяться зміни, які необхідні для забезпечення виконання правил місцевого виробництва, наприклад вимоги до пуску та вимкнення технологічного обладнання.

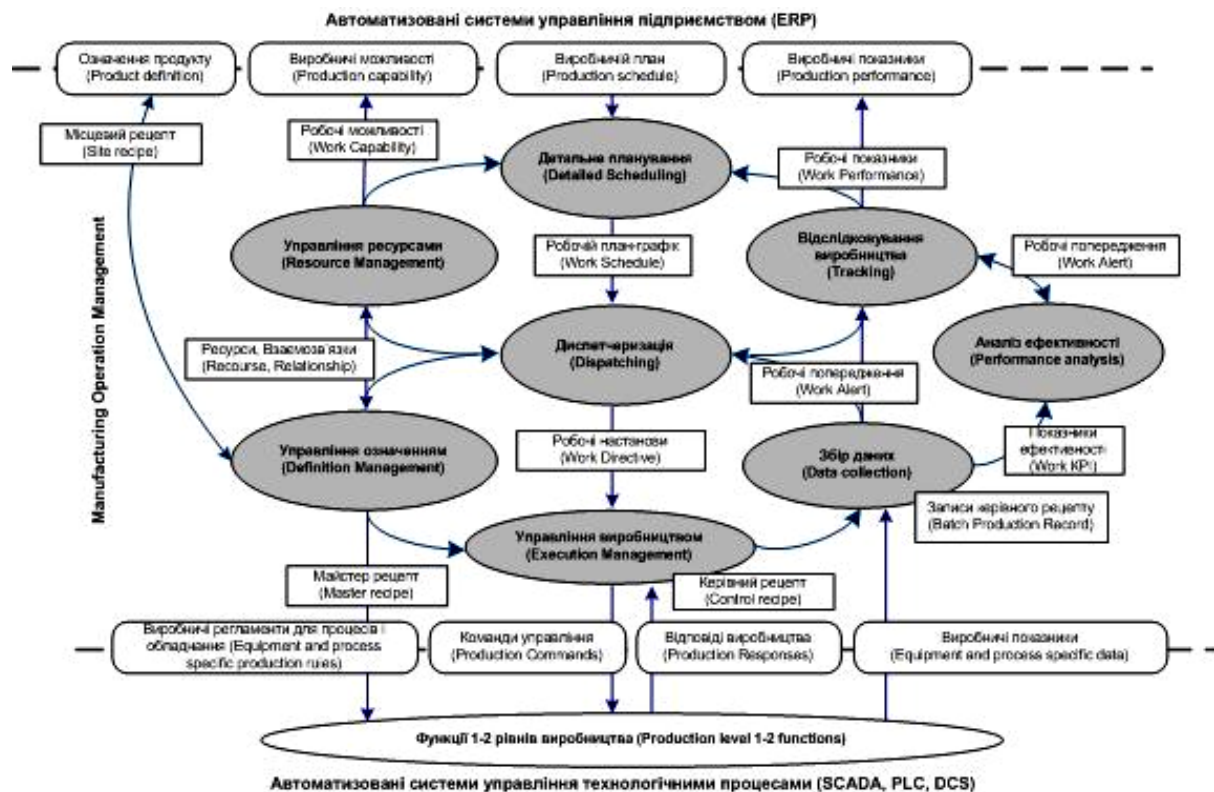


Рисунок 1 – Складові процеси виробництва хімічної продукції

«Контроль ресурсів»: ця діяльність (функція) передбачає визначення та надання інформації про поточний та майбутній стан ресурсів, таких як машини, робоча сила, матеріал та енергія. Це потрібно для задач планування та диспетчерування. Контроль ресурсів не передбачає керування ними.

«Детальне календарне планування»: бізнес-система (ERP) надає календарний план виробництва, але він має бути адаптований та конкретизований до місцевих умов. Тому для виконання загального плану проводиться детальне календарне планування. Воно використовує конкретні ресурси місцевого рівня (наприклад виробничого майданчику, цеху), враховуючи місцеві потужності. Ця адаптація до місцевих умов необхідна на рівні 3, оскільки системи планування рівня 4 для всього підприємства не має детальної інформації, необхідної для управління періодичним виробництвом на необхідному рівні точності. При детальному календарному плануванні також існує можливість порівняння планів з фактичними результатами, які рідко проводяться на рівні 4. Ця діяльність (функція) також може об'єднувати або розділяти замовлення, щоб краще відповідати місцевим потужностям.

«Диспетчерування основного виробництва»: тут відбувається управління фактичними виробничими потоками шляхом залучення конкретного персоналу та устаткування. Для періодичного виробництва це включає видачу завдань і планування початку партій, як зазначено у детальному план-графіку основного виробництва. Тут також можна враховувати умови та залучати ресурси, які не були заплановані у детальному план-графіку основного виробництва. У цій діяльності також зберігаються статус завдань і можливі непередбачувані умови.

«Керування виконанням основного виробництва»: ця діяльність (функція) спрямовує завдання на рівень 2 (АСУТП) у вигляді майстер рецептів, керує та контролює їх виконання шляхом відправлення

---

---

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

---

---

команд та отримання стану. Також тут доступна інформація з попередніх запусків, яка може використовуватися для локальної оптимізації виробництва.

«Збір даних основного виробництва»: у цій діяльності (функції) збираються дані про технологічні процеси та виробничі запити. Зібрані дані можуть містити показання датчиків, статуси приводів, стани подій тощо. Тобто дані, що дозволяють підприємству відстежувати, як було виконано виробництво та отримувати відповідну статистику по виробництву у вигляді звітів.

«Стеження за основним виробництвом»: інформація про те, як минуло виробництво замовленої партії/порції, повинна бути передана на рівень 4, щоб бізнес-системи змогли оновити календарні плани для їх відповідності поточній ситуації. Підготовка цієї відповіді від основного виробництва проводиться в процесі стеження. Тут формується узагальнена інформація про фактичне використання персоналу, устаткування та матеріалів у виробництві, а також про фактично вироблену партію/порцію продукту. Дані, наведені тут, також використовуються для вдосконалення детального план-графіку основного виробництва.

«Аналіз ефективності основного виробництва»: тут здійснюють аналіз результатів діяльності основного періодичного виробництва з використанням ключових показників ефективності (KPI). Ці показники можна використовувати для ефективного управління в реальному часі та після, для виробничого аналізу.

Як вже було відмічено вище, описана структура функцій управління є тільки каркасом (шаблоном) для конкретної реалізації такої системи управління. Тому і при розробці ІСУ лабораторним періодичним «віртуальним виробництвом» можна, опираючись на детальний аналіз як існуючої структури даного виробництва, так і наявних програмно-технічних засобів автоматизації, вибрати такий варіант загального рішення цієї системи управління, який дозволить реалізувати максимальну кількість функцій управління, означених на рис. 1.

В лабораторії встановлено 4 універсальних лабораторних столи, дві спеціалізовані стійки та стіл викладача [11]. Усі універсальні лабораторні столи мають однакову комплектацію для забезпечення проведення лабораторних та практичних занять фронтальним методом, а саме, двома персональними комп'ютерами (ПК), одним локальним ПЛК "VIPA 313-5BF13", одною панеллю оператора "VIPA TP 607LC", двома програмованими реле "Relpol", модулем живлення (24 В) та некерованим комутатором Ethernet на 5 каналів. Для кожної студентської бригади виготовляються настільні тематичні лабораторні стенди, які за вибором студентів підключаються або до входів-виходів ПЛК, або до входів-виходів програмованого реле (в залежності від тематики заняття).

Біля кожного універсального лабораторного столу змонтовано один технологічний або технічний об'єкт, який є фізичною моделлю реальної технологічної чи технічної установки:

- промисловий 3-ємнісний накопичувач рідини (фаза 2 основного технологічного процесу «віртуального виробництва»);
- промисловий хімічний реактор (фаза 1 основного технологічного процесу «віртуального виробництва»);
- промисловий автоматизований склад (обслуговуючий технічний процес «віртуального виробництва»);
- автоматичний турнікет прохідної підприємства (обслуговуючий технічний процес «віртуального виробництва»).

На спеціалізованій стійці №1, оснащеній одним персональним комп'ютером, встановлені ПЛК "VIPA 313-6CF13" ("Profibus DP master"), центральна панель оператора "VIPA TP 607LC" та електромеханічна імітаційна модель роботизованої пакувальної лінії (фаза 3 основного технологічного процесу «віртуального виробництва»).

На спеціалізованій стійці №2, оснащеній також одним потужним персональним комп'ютером, що виконує і функцію сервера СУ, змонтований локальний ПЛК "VIPA 314-2BG03" ("Profibus DP slave"), локальна панель оператора "VIPA TP 607LC" та дві електромеханічні імітаційні моделі автоматизованих виробничих ліній (допоміжний технологічний процес «віртуального виробництва»).

Робоче місце викладача оснащено одним персональним комп'ютером та локальною панеллю оператора "TP 607LC".

Таким чином, для автоматизованих робочих місць (АРМ) операторів локальних АСУТП на кожному універсальному лабораторному столі використовується лише один з двох персональних комп'ютерів. Тобто вільними є 4 персональних комп'ютера, на яких можна створити в рамках лабораторної ІСУ чотири окремих АРМ для реалізації тих управлінських діяльностей (функцій), які

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

рекомендовані міжнародними стандартами для управління періодичним виробництвом. Крім того, вільним є персональний комп'ютер, встановлений на робочому місці викладача.

У свою чергу, потужний персональний комп'ютер спеціалізованої стійки №1 зараз виконує тільки функцію АРМ оператора автоматизованої пакувальної лінії і функцію сервера виробничих даних реального часу. Наприклад, на ньому моделюються у режимі реального часу і зберігаються дані усіх матеріальних потоків «віртуального виробництва» та його поточних міжопераційних матеріальних запасів. Тобто на цьому комп'ютері-сервері також можна реалізувати деякі стандартні управлінські діяльності (функції) ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом».

Таким чином, для реалізації на «віртуальному виробництві» нової ІСУ натеper доступні п'ять персональних комп'ютерів та сервер. На рис. 2 показаний запропонований варіант розподілу між цими комп'ютерами усіх описаних вище стандартних управлінських діяльностей (функцій) для подальшої реалізації лабораторної ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом».

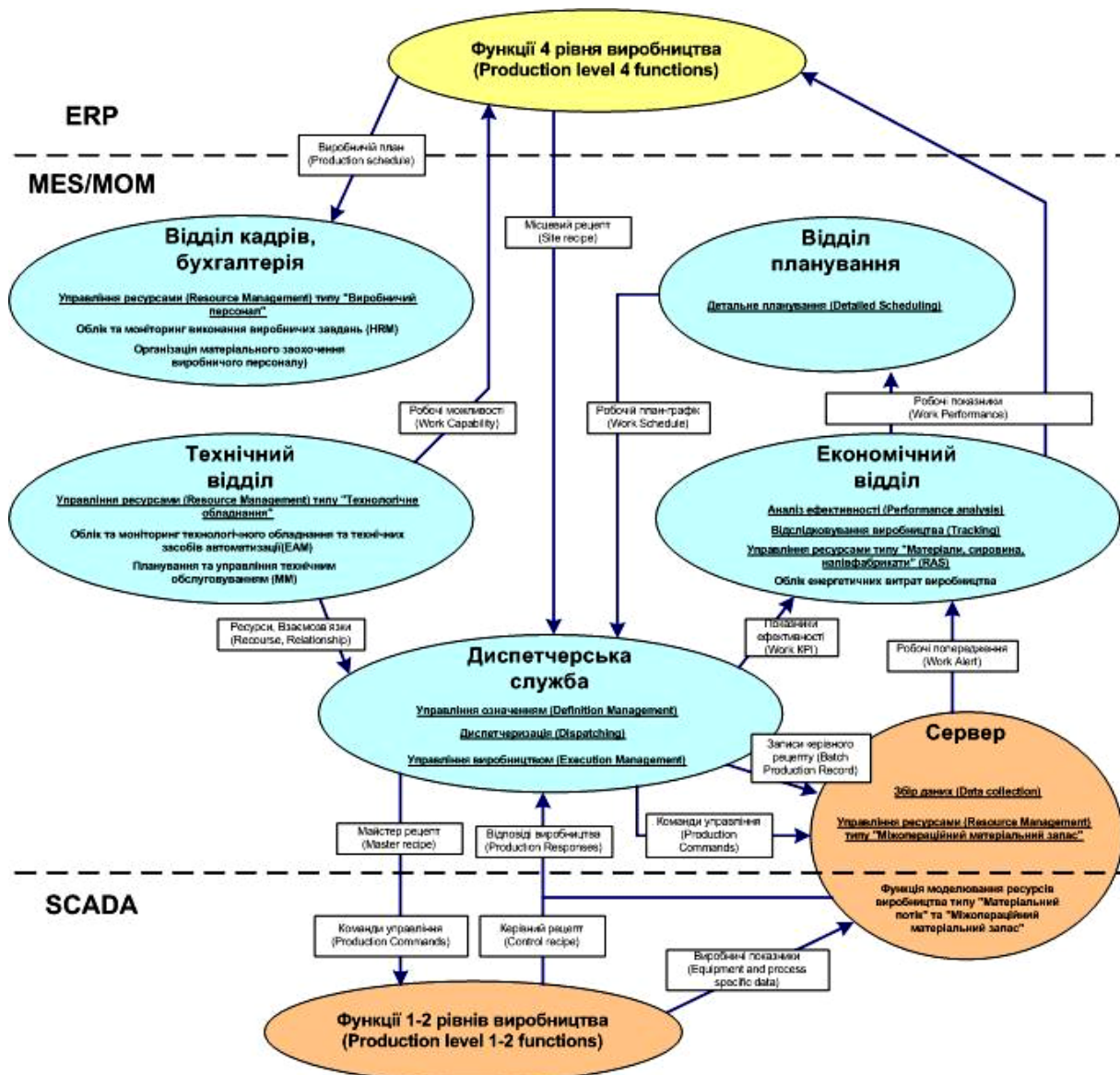


Рисунок 2 – Розподіл управлінських діяльностей (функцій) ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» між 6 комп'ютерами лабораторії

Як видно з рисунку, пропонується утворити на «віртуальному виробництві» п'ять управлінських структурних підрозділів, робота яких має здійснюватися у автоматизованому режимі в рамках лабораторної ІСУ:



---

---

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

---

---

- «Відділ кадрів, бухгалтерія»;
- «Відділ планування»;
- «Технічний відділ»;
- «Економічний відділ»;
- «Диспетчерська служба».

Крім того, використовується існуючий сервер виробничих даних реального часу, який в ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» має виконувати додаткову управлінську діяльність (функцію) – «Збір даних (Data collection)», що є стандартною для такої системи управління.

На окремому персональному комп'ютері лабораторії реалізуються функції автоматизованого відділу кадрів і бухгалтерія «віртуального виробництва», де також доцільно виконувати як основну стандартну управлінську діяльність (функцію) – «Управління ресурсами (Resource Management) типу "Виробничий персонал"», так і дві додаткових функції – «Облік та моніторинг виконання виробничих завдань (HRM)» (підтримується основним програмним забезпеченням лабораторії – SCADA "Trace Mode 6 + T-Factory 6") й «Організація матеріального заохочення виробничого персоналу»).

На окремому персональному комп'ютері лабораторії реалізується автоматизований відділ планування, який в рамках ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» має виконувати основну стандартну управлінську діяльність (функцію) «Детальне планування (Detailed Scheduling)».

На окремому персональному комп'ютері лабораторії реалізується автоматизований технічний відділ, який в рамках ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» має виконувати основну стандартну управлінську діяльність (функцію) «Управління ресурсами (Resource Management) типу "Технологічне обладнання"» та дві додаткові управлінські функції – «Облік та моніторинг технологічного обладнання та технічних засобів автоматизації (EAM)» й «Планування та управління технічним обслуговуванням (MM)». Останні дві функції також підтримуються основним програмним забезпеченням лабораторії – SCADA "Trace Mode 6 + T-Factory 6".

На окремому персональному комп'ютері лабораторії реалізується автоматизований економічний відділ, який в рамках ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» має виконувати три основні стандартні управлінські діяльності (функції) – «Аналіз ефективності (Performance analysis)», «Відслідковування виробництва (Tracking)», «Управління ресурсами типу "Матеріали, сировина, напівфабрикати" (RAS)», а також додаткову функцію «Облік енергетичних витрат виробництва». Остання функція також підтримується основним програмним забезпеченням лабораторії – SCADA "Trace Mode 6 + T-Factory 6".

На окремому персональному комп'ютері лабораторії реалізується автоматизована диспетчерська служба, яка в рамках ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» має виконувати три основні стандартні управлінські діяльності (функції) – «Управління означенням (Definition Management)», «Диспетчеризація (Dispatching)» й «Управління виробництвом (Execution Management)».

Усі перелічені вище управлінські структурні підрозділи ІСУ періодичного «віртуального виробництва» відносяться до системи класу MES/MOM (управління виробництвом).

На рис. 2 також показані управлінські функції інших трьох рівнів ІСУ «віртуальним підприємством» – нижніх 1 і 2 рівнів (відносяться до СУ технологічними/технічними процесами класу АСУТП/SCADA), а також верхнього 4 рівня (відноситься до СУ бізнес-процесами класу ERP).

Нижні два рівні такої ІСУ утворюються на основі АРМ операторів СУ технологічними/технічними процесами (фізичні моделі) та мережі промислових контролерів, що в режимі реального часу керують цими моделями. Функції 4 рівня можна реалізовувати на основі додаткового комп'ютера, наприклад, ноутбука чи планшета, який через мережу Internet зможе здійснювати відповідний обмін інформацією з автоматизованими структурними підрозділами ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом».

Визначимо тепер перелік основних задач проектного практикуму та порядок їх виконання студентами бакалаврського рівня підготовки в ході індивідуальної чи командної розробки підсистем запропонованої ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом». В цьому плані логічно організувати проектний процес так само, як і будь-якої автоматизованої інформаційної системи (АІС) – у вигляді стадій її стандартного життєвого циклу. У табл. 1 наведені рекомендовані міжнародним стандартом стадії життєвого циклу АІС та їх цілі. Як видно з таблиці, проектування системи повинно виконуватися на стадії «Розробка», де створюються описи рішень та системи, але, на жаль, не означаються послідовні кроки формування цих описів.

# МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

Таблиця 1

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

Стадія життєвого циклу	Ціль	Схема рішень
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 данну стадію: - повернутись до попередньої стадії: - призупинити проект: - завершити проект:
Виробництво	Виробити систему Проконтролювати і перевірити	
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	

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

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

При цьому перші три стадії 1-3 є такими, що передують проектуванню, а стадії 4-6 є безпосередньо проектними. На стадії «Ескізний проект» 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 проект» може складатися з таких етапів: розробка проектних рішень із системи та її частин; розробка документації на АІС та її частини; розробка та оформлення документації на поставку виробів для комплектування АІС та технічних вимог (технічних завдань) на їх розробку; розробка завдань на проектування в суміжних частинах проекту об'єкта автоматизації. При цьому безпосередні проектні 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 використовувани мови; організацію та ведення інформаційної бази: систему класифікації та кодування інформації; програмне забезпечення. На 2-му ж етапі отримані результати проектування висвітлюють у технічній документації.

З урахуванням описаних стандартних стадій життєвого циклу АІС можна запропонувати і відповідний перелік основних задач та порядок їх виконання в рамках студентського проектного практикуму з індивідуальної чи командної розробки підсистем запропонованої ІСУ періодичним віртуальним виробництвом» (рис. 3).

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

Враховуючи великий обсяг проектної роботи доцільно розділити студентській проектний практикум на дві взаємопов'язані частини – «Ескізний проект» для студентів бакалаврського рівня підготовки і «Технічний проект» для студентів магістерського рівня підготовки. При цьому три передпроектні стадії життєвого циклу, що пов'язані з обґрунтуванням доцільності створення ІСУ та розробкою технічного завдання (ТЗ) на її проектування, можна не виконувати в рамках проектного практикуму, а заздалегідь підготувати варіанти таких ТЗ на окремі підсистеми ІСУ і видавати їх студентам на початку проектного практикуму в якості індивідуального чи командного завдання. Зокрема, в цих ТЗ можна навести запропоноване вище загальне бачення ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом» (див. рис. 2).



## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

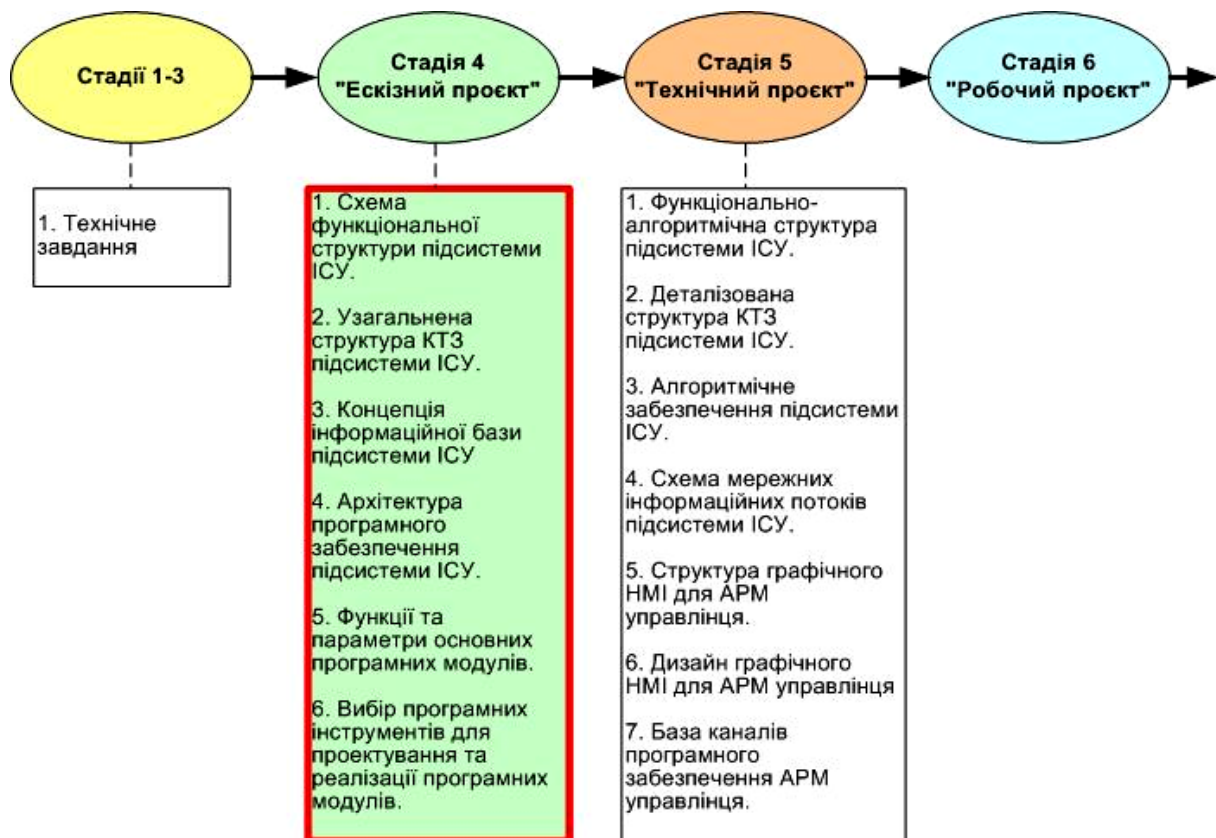


Рисунок 3 – Перелік основних задач студентського проєктного практикуму та порядок їх виконання

Розглянемо тепер на прикладі окремої підсистеми даної ІСУ виконання деяких основних задач проєктного практикуму для студентів бакалаврського рівня підготовки. Так, якщо проаналізувати структуру основних управлінських діяльностей (функцій) ІСУ періодичним «віртуальним виробництвом», яка наведена вище на рис. 2, то можна зазначити, що найбільша їх кількість зосереджена в диспетчерській службі (підсистемі), яка безпосередньо здійснює інтеграцію систем управління рівня АСУТП/SCADA, надсилаючи до них координовані виробничі завдання у вигляді Майстер рецептів та контролюючи в режимі реального часу виконання цих завдань кожною з підпорядкованих АСУТП/SCADA. Для цієї підсистеми на стадії «Ескізний проєкт», опираючись на загальне бачення ІСУ (див. рис. 2), спочатку треба розробити схему її функціональної структури (рис. 4), яка визначить усі функції, виконувані на АРМ даної підсистеми та їх інформаційні зв'язки.

Схема поділена на три частини, кожна з яких відповідає окремому рівню управління періодичним «віртуальним виробництвом»: ERP, MES/MOM та SCADA. В рамках кожної з цих частин виділені області, що відповідають тим обчислювальним ресурсам лабораторії, на яких повинні виконуватися ці функції:

- «АРМ бізнес-менеджера»: додатковий комп'ютер лабораторії (ноутбук чи планшет), на якому створюється робоче місце управління з функціями рівня ERP системи управління бізнес-процесами «віртуального підприємства»;
- «АРМ диспетчерської служби (підсистеми)»: персональний комп'ютер лабораторії, на якому створюється АРМ диспетчера періодичного «віртуального виробництва» з функціями ІСУ рівня MES/MOM;
- «Сервер»: персональний комп'ютер лабораторії, на якому створюється сервер виробничих даних реального часу з функцією ІСУ рівня MES/MOM;
- «АРМ операторів»: персональні комп'ютери лабораторії, на яких створюються АРМ операторів систем класу SCADA, що здійснюють управління технологічними/технічними процесами періодичного «віртуального виробництва».

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

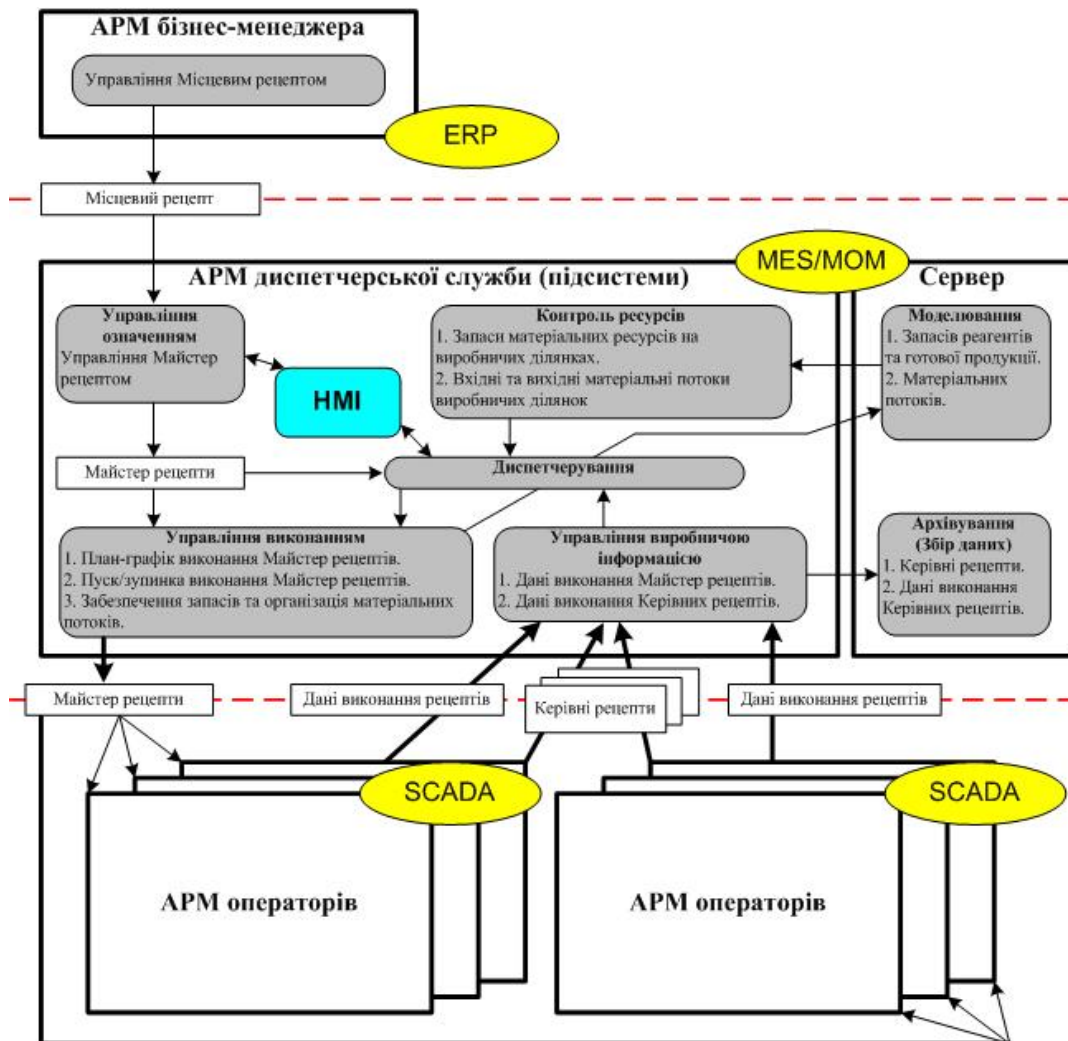


Рисунок 4. Схема функціональної структури диспетчерської підсистеми лабораторної ІСУ

На схемі усі інформаційні потоки (по локальній мережі лабораторії та по системній шині персонального комп'ютера АРМ диспетчерської служби/підсистеми) показані стрілками. Основні функції управління виділені на схемі сірими прямокутниками з закругленими кутами, всередині яких вписані їх підфункції.

На рівні ERP системи виконується основна функція «Управління Місцевим рецептом», яка призначена для формування поточного рецепту з виготовлення основним технологічним процесом (ТП) періодичного «віртуального виробництва» партії хімічної продукції заданого типу. Цей рецепт зазвичай розробляється багатьма фахівцями, включаючи технолога, але на лабораторному «віртуальному виробництві» його розробкою має займатися одна людина, наприклад, викладач. 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. Результатом виконання даної основної функції управління буде Місцевий рецепт, який пересилається у електронному вигляді до ІСУ рівня MES/MOM. На цьому рівні в обчислювальному ресурсі «АРМ диспетчерської служби (підсистеми)» виконуються такі основні функції управління: «Управління означенням», «НМІ», «Контроль ресурсів», «Диспетчерування», «Управління виконанням», та «Управління виробничою інформацією».

Місцевий рецепт, розроблений бізнес-менеджером, надходить на вхід функції «Управління означенням», яка, враховуючи інформацію з Місцевого рецепту та конкретні характеристики технологічного обладнання періодичного «віртуального виробництва», здійснює розробку набору

---

---

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

---

---

Майстер рецептів для всіх технологічних/технічних процесів (ТП), які будуть задіяні при виробленні цієї партії продукції. Також деталізується рецептурна процедура – означаються 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 цієї основної функції управління здійснюється за допомогою обслуговуючої функції «НМІ» людино-машинного інтерфейсу диспетчера. Результатом виконання функції «Управління означенням» є набір Майстер рецептів, який надсилається двом іншим основним функціям управління: «Управління виконанням» та «Диспетчерування».

Функція «Диспетчерування» використовує інформацію з Майстер рецептів для різних цілей: пуск/зупинка періодичного «віртуального виробництва», контроль за виконанням рецептів в ході виробництва поточної партії продукції, організація забезпечення періодичного «віртуального виробництва» усіма необхідними матеріальними ресурсами та ін. Усі перелічені дії функція «Диспетчерування» також виконує за допомогою обслуговуючої функції «НМІ» людино-машинного інтерфейсу диспетчера.

Функція «Управління виконанням» здійснює безпосередню інформаційну взаємодію з системами управління рівня SCADA в ході «віртуального виробництва» поточної партії продукції. Тому в ній передбачені такі підфункції: «План-графік виконання Майстер рецептів», «Пуск/зупинка виконання Майстер рецептів», «Забезпечення запасів та організація матеріальних потоків» та ін.. Перша підфункція, використовуючи інформацію від служб оперативного планування виробництва, надає накази на рівень SCADA, що пов'язані з часовими обмеженнями для задіяних технологічних/технічних процесів. Друга підфункція, використовуючи накази від функції «Диспетчерування», реалізує пуск або зупинку виконання поточних Майстер рецептів, наприклад, для термінового переходу конкретного технологічного/технічного процесу на виконання іншого Майстер рецепту, або у випадку виникнення якихось непередбачуваних виробничих ситуацій, що вимагає зупинки виконання поточного Майстер рецепту окремим ТП і т.д. Третя підфункція, використовуючи накази або виробничу інформацію про виконання поточних Майстер рецептів, які надходять від функції «Диспетчерування», здійснює управлінські дії, направлені зазвичай на рівень SCADA, для створення потрібних для виконання усіх Майстер рецептів періодичного «віртуального виробництва» запасів матеріальних ресурсів та їх потоків. Проте в запропонованій ІСУ ці управлінські дії спрямовуються до функції «Моделювання» обчислювального ресурсу «Сервер», де програмним шляхом розраховуються поточні значення запасів та потоків цих матеріальних ресурсів (в режимі реального часу).

Основна функція «Управління виробничою інформацією» повинна збирати та обробляти усю необхідну інформацію про виконання поточних Майстер рецептів та відповідних їм Керівних рецептів, яка надходить з рівня SCADA. Частина зібраної та обробленої інформації надається основній функції «Диспетчерування» для контролю виконання Майстер рецептів через обслуговуючу функцію «НМІ», а частина передається до основної функції «Архівування» обчислювального ресурсу «Сервер». Остання є частиною основної функції «Збір даних (Data collection)» і виконує архівування усієї виробничої інформації по кожному виконаному Керівному рецепту, яка в подальшому дозволить відстежити історію виготовлення кожної порції хімічної продукції за конкретним Керівним рецептом.

Функції диспетчерської підсистеми ІСУ, що вказані на рис. 4, зазвичай мають виконуватися відповідним програмним забезпеченням (ПЗ) обчислювальних вузлів підсистеми – комп'ютерів, контролерів, мікропроцесорів тощо. Тому і інформаційні зв'язки між функціями підсистеми реалізуються також як зв'язки між відповідними обчислювальними вузлами підсистеми. Таким чином і функціональна, і інформаційна інтеграції в даній підсистемі ІСУ повинні підтримуватися відповідним технічним забезпеченням підсистеми, а точніше, комплексом технічних засобів (КТЗ). Описувати такий КТЗ у технічній документації треба і графічним способом (у вигляді схем структури КТЗ), і текстовим. На стадії «Ескізний проект» структуру КТЗ доцільно розробляти в укрупненому (узагальненому) вигляді (рис. 5).

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

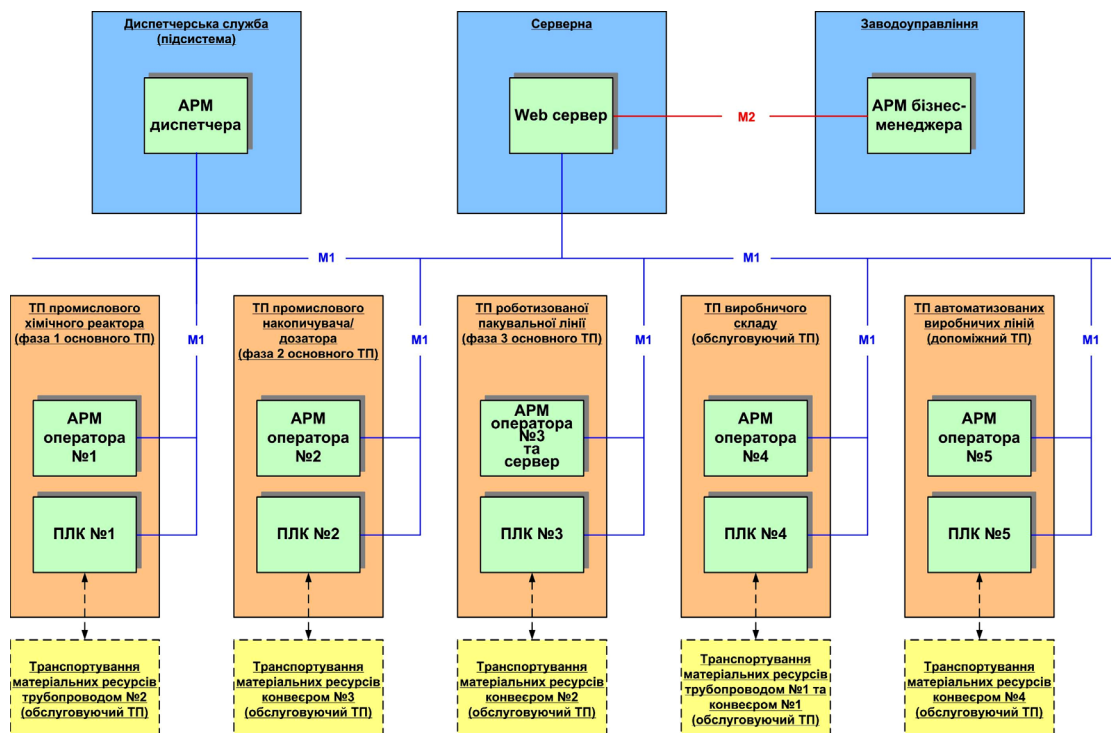


Рисунок 5 – Узагальнена структура КТЗ диспетчерської підсистеми ІСУ

Усі технічні засоби, що об'єднані мережами M1 та M2, є обчислювальними вузлами зі встановленим програмним забезпеченням (ПЗ) для виконання ними означених вище функцій.

На наступному етапі ескізного проектування диспетчерської підсистеми ІСУ необхідно вирішити коло питань, пов'язаних з її інформаційним забезпеченням, зокрема, питання функціональної та інформаційної інтеграції для виконання підсистемою усіх покладених на неї задач. Як було зазначено вище, функції підсистеми ІСУ виконуються за допомогою відповідного ПЗ, яке встановлене на обчислювальних вузлах системи. Тому інформаційні зв'язки між цими програмними функціями системи мають здійснюватися, в першу чергу, як інформаційні потоки між обчислювальними вузлами підсистеми, в якості яких виступають комп'ютери, контролери, мікропроцесори, тобто технічні засоби. Таким чином, узагальнена структурна схема КТЗ на рис. 5, в текстовому описі якої обов'язково перелічуються усі програмні функції технічних засобів, на даному етапі використовується як каркас для ескізного проектування інформаційного забезпечення диспетчерської підсистеми ІСУ.

На рис. 6 показаний варіант відповідної графової моделі інформаційних потоків диспетчерської підсистеми ІСУ, яку студенти мають розробити на даному етапі проектування. На цій моделі прямокутниками показані технічні засоби трьох рівнів підсистеми ІСУ (SCADA, MES, ERP), на основі яких реалізовані відповідні функції управління періодичним «віртуальним виробництвом»: «АРМ оператора №1» – «АРМ оператора №5», «АРМ диспетчера», «АРМ бізнес-менеджера». У прямокутниках нумерованими еліпсами показані ті функції, які програмним шляхом реалізовані в кожному технічному засобі. Інформаційні потоки показані нумерованими стрілками.

В текстовій частині ескізного проекту обов'язково треба розробити як специфікацію усіх функцій даної моделі підсистеми, так і специфікацію усіх інформаційних потоків між її функціями. Також описується логіка (алгоритм) взаємодії програмних функцій при виконанні кожної означеної задачі підсистеми, зміст інформації, що передається при цьому, та інтенсивність цієї передачі.

На наступному етапі ескізного проектування аналізується можливість створення спеціального ПЗ комп'ютерів лабораторії для виконання описаних вище функцій диспетчерської підсистеми ІСУ і відповідних інформаційних потоків між ними. В нашому випадку дане спеціальне ПЗ розроблятиметься та виконуватиметься з залученням тільки наявного основного ПЗ лабораторії - «Windows 7» (операційна система) та IDE «SCADA Trace Mode 6» (інтегрована система розробки ПЗ систем класу SCADA).

# МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

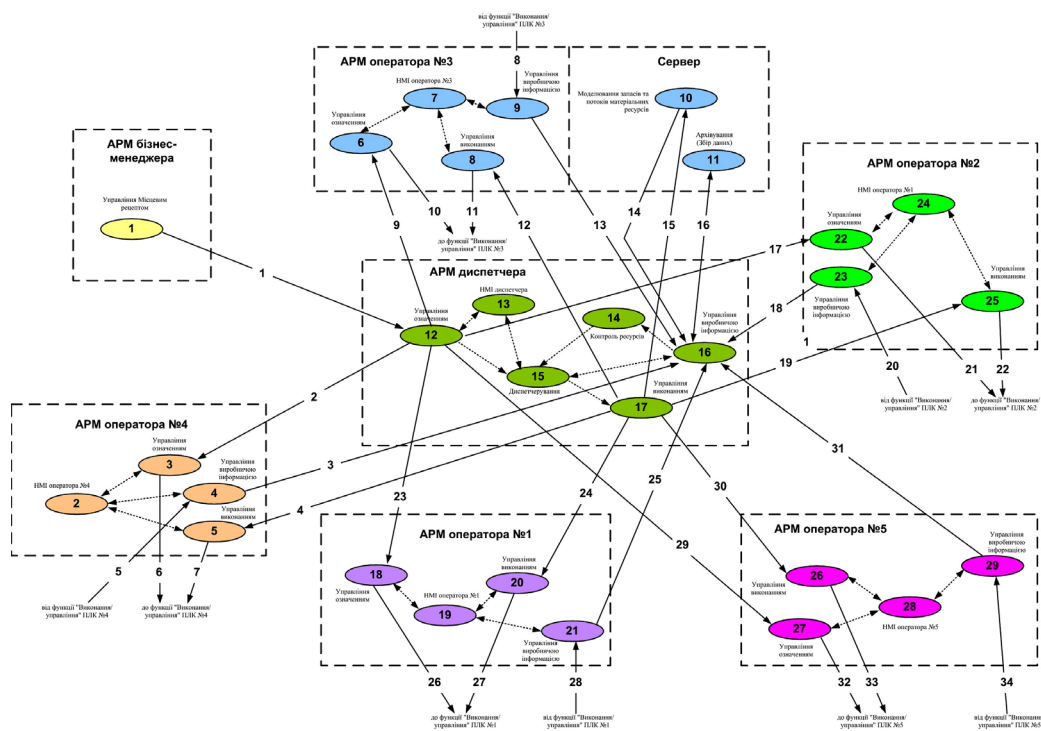


Рисунок 6 – Графова модель інформаційних потоків диспетчерської підсистеми ІСУ

На основі результатів такого аналізу можна розробляти відповідні архітектурні рішення спеціального ПЗ комп'ютерів диспетчерської підсистеми ІСУ для кожної її функції. На рис.7 в якості прикладу наведена архітектура спеціального ПЗ комп'ютерів підсистеми для виконання на них функцій «Управління Місцевим рецептом».

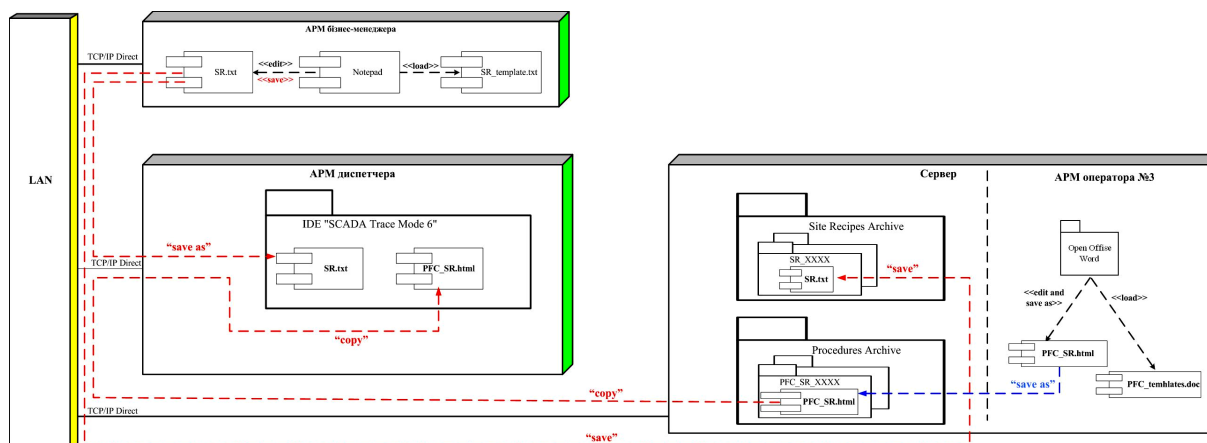


Рисунок 7 – Архітектура спеціального ПЗ для реалізації функцій «Управління Місцевим рецептом»

На комп'ютері «АРМ бізнес-менеджера» має зберігатися шаблон Місцевого рецепту у форматі текстового файлу «SR\_template.txt». Для розробки на його основі файлу нового Місцевого рецепту використовується штатний застосунок «Notepad» OS «Windows 7». Назва цього файлу повинна служити його ідентифікатором на загальному сервері ІСУ, наприклад «SR\_000234», де 000234 – ID нового Місцевого рецепту. Далі виконується збереження готового файлу Місцевого рецепту через мережу (виконання інформаційного потоку) як на сервері ІСУ у папці, яка повинна мати назву, що співпадає з номером нового Місцевого рецепту (наприклад «SR\_000234»), так і в папці установки IDE «SCADA Trace Mode б» комп'ютера «АРМ диспетчера», де розміщений і його виконавчий файл «rtc.exe». Проте у файлі Місцевого рецепту не наведена графічна інформація щодо процедури виконання рецепту, що



---

---

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

---

---

зазвичай відображується мовою PFC [24], але є ідентифікаційний номер даної процедури (ID). В нашому випадку для побудови графічних процедурних діаграм застосовується текстовий редактор з пакету «Open Office». Для цього заздалегідь створюються зображення стандартних процедурних блоків мови PFC та інших її умовних позначень, а потім за їх допомогою на комп'ютері «АРМ оператора №3» розробляються відповідні процедурні діаграми для кожного технологічного процесу «віртуального виробництва». Кожна така діаграма доповнюється детальним текстовим поясненням та зберігається на сервері ІСУ у вигляді файлу формату «html» (наприклад «PFC\_SR.html») у папці з ім'ям, що відповідає ID цієї процедури (наприклад «PFC\_SR\_0915», де 0915 є ID процедури з деталізацією рівня Місцевого рецепту). Тоді диспетчер зможе за ID процедури, вказаному у отриманому файлі Місцевого рецепту, скопіювати через мережу (виконання інформаційного потоку) з сервера ІСУ файл з детальним описом цієї процедури та здійснити далі функцію «Управління означенням», яка сформує файл Майстер рецепту для кожного технологічного процесу періодичного «віртуального виробництва».

На наступному етапі ескізного проектування студенти повинні на основі розробленої архітектури ПЗ диспетчерської підсистеми ІСУ означити програмні модулі для реалізації цієї архітектури, визначити їх основні функції та параметри виконання. Наприклад, в архітектурі ПЗ для виконання основної управлінської функції «Диспетчерування» ключову роль має відігравати програмний модуль «НМІ» (графічний людино-машинний інтерфейс диспетчера ІСУ). Тому студенти на цьому етапі проектування можуть запропонувати ескізні рішення саме такого модуля у вигляді або проекту головного екрану НМІ диспетчера, або проекту одного з додаткових екранів даного інтерфейсу (рис. 8).

### ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень був запропонований спосіб створення в комп'ютеризованій навчальній лабораторії інтегрованої системи управління (ІСУ) періодичним «віртуальним виробництвом» з метою організації на її основі проектного практикуму з індивідуальної або командної розробки ескізних проектів підсистем даної ІСУ для бакалаврів спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології".

### 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. A. Reshetov, "Morphological antialiasing". *In Proceedings of the Conference on High Performance Graphics*, 2009, pp. 109-116.
4. L. Rentzos. 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. C. Faller. Industry 4.0 learning factory for regional SMEs / C. Faller, D. Feldmuller // *Procedia CIRP*. – 2015. – V. 32. – P. 88–91.
6. V. Hummel. 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. B. Muschard. 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. В. М. Папінов. 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.
9. В. М. Папінов. 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.



---

---

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

---

---

10. В. М. Папінов. 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.
11. 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.
12. Офіційний сайт компанії "СВ АЛТЕРА" в Україні [Електронний ресурс]. - Режим доступу : [www.svaltera.ua](http://www.svaltera.ua).
13. Автоматизация процессов: учебный курс [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/index.html>.
14. О. Пупена. Огляд сучасних стандартів інтегрованого виробництва / О. Пупена, І. Ельперін, Р. Міркевич // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. – 2016. – Т. 8. – №3. – С. 63-74.
15. О. М. Пупена. 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.
16. ДСТУ ISO/IEC 15288:2005 "Інформаційні технології. Системна інженерія. Процеси життєвого циклу системи".
17. О.М. Пупена. 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.
18. IEC 61512-3 (ANSI-ISA-88.00.03) Batch Control Part 3: General and Site Recipe Models and Representation (2004) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/4e11dcb4-3b60-4fcb-af4d-a071409a87a6/iec-61512-3-2008>.

### REFERENCES

1. Working and learning [Electronnyi resurs] : Festo Corporate. - Rezgim dostupu : <https://www.festo.com/group/ru/cms/10968.htm>.
2. An integrated learning system for Industry 4.0 [Electronnyi resurs]. Festo Didactic. - - Rezgim dostupu : <https://www.festo-didactic.com/int-en/highlights/qualification-for-industry-4.0/project-workstation-i4.0-cp-lab/>.
3. A. Reshetov, "Morphological antialiasing". *In Proceedings of the Conference on High Performance Graphics*, 2009, pp. 109-116.
4. L. Rentzos. 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. C. Faller. Industry 4.0 learning factory for regional SMEs / C. Faller, D. Feldmuller // *Procedia CIRP*. – 2015. – V. 32. – P. 88–91.
6. V Hummel. 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. B. Muschard. 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. V.M. Papinov. Bagatofunktsionalna komputeryzovana laboratoriy dlya naskriznoii praktychnoii pidgotovki studentiv spatsialnosty 151 / V.M. Papinov, Y.A. Kulyk // *Optiko-electronny informatsyyno-energetychny technology / Mizgnarodnyy naukovo-technichnyy zurnal*. – 2018. - №2(36). – С. 89-104.
9. V.M. Papinov. Industrial Internet of Things: praktychne vyvchenya na bazii bagatofunktsionalnoii komputeryzovanoii laboratorii / V.M. Papinov, Y.A. Kulyk // *Optiko-electronny informatsyyno-energetychny technology / Mizgnarodnyy naukovo-technichnyy zurnal*. – 2018. - №2(36). – S. 89-104.
10. V. M. Papinov Avtomatsyzoivanyi vyrobnychiy sklad: gibrydne modeliuivannia v navchalnyi komputeryzovaniy laboratoriy/ V. M. Papinov // *Optiko-electronny informatsyyno-energetychny technology / Mizgnarodnyy naukovo-technichnyy zurnal*. – 2020. - №1(39). – S. 61-77.

---

---

## МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОЇ І ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ТА СИГНАЛІВ

---

---

11. V. M. Papinov. Laborarorna imitatsya "navtchalnoyi fabryky": gibryдне modeliuвannіe materialnykh potokiv / V. M. Papinov // Optiko-electronny informatsyyно-energetychny technology / Mizhnarodny naukovo-technichnyy zurnal. – 2020. - №2(40). – S. 65-81.
12. Ofitsiyну сайt kompaniyi "SV ALTERA" v Ukraini [Electronnyi resurs]. – Rezhim dostupu : [www.svaltera.ua](http://www.svaltera.ua).
13. Avtomatizatsia protsessiv : uchebnyi kurs Автоматизация процессов: учебный курс [Electronnyi resurs]. – Rezhim dostupu : <http://opiobjektid.tptlive.ee/Automatiseerimine/index.html>.
14. O. Pupena. Oglіad suchasnykh standartiv integrovanoго vyrobnytstva / O. Pupena, I. Elparin, R. Mirkavitch // Avtomatizatsia technoljgichnykh i bizness-protcesiv. – 2016. – T. 8. – №3. – S. 63-74.
15. O. M. Pupena. Pryntsypy funkcionuvannia system keruvannya osnovnym vyrobnyztvom cherez pryzmu standartu IEC-62264 / O. M. Pupena, O. M. Klymenko, R. M. Mirkavitch. – K.: NUHT, 2019. – 49 s.
16. DSTU ISO/IEC 15288:2005 "Informatsiyne tehnolygi. Systemna inzheneriya. Prozesy zhittavogo tsuklu system".
17. O.M. Pupena Promyslovi merezhi ta integratsiini tehnolgyi v avtomatsizovanykh systemah : Navchalnyy posibnyk / O. M. Pupena, I. V. Elparin, N. M. Lutska, A. P. Ladaniuk. – K.: Vyd-o"Lira-K", 2011. – 552 s.
18. IEC 61512-3 (ANSI-ISA-88.00.03) Batch Control Part 3: General and Site Recipe Models and Representation (2004) [Electronnyi resurs]. – Rezhim dostupu : <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/4e11dcb4-3b60-4fcb-af4d-a071409a87a6/iec-61512-3-2008>.

*Надійшла до редакції 12.02.2023 р.*

**ПАПІНОВ ВОЛОДИМИР МИКОЛАЙОВИЧ** – к.т.н., професор кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, [e-mail: vpapinov.vk.vntu.edu.ua](mailto:vpapinov.vk.vntu.edu.ua)

**КУЛИК ЯРОСЛАВ АНАТОЛІЙОВИЧ** – к.т.н., доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна, [e-mail: kulyk1960@gmail.com](mailto:kulyk1960@gmail.com)

Volodymyr PAPINOV, Yaroslav KULYK

### FEATURES OF CREATING INTEGRATED PRODUCTION MANAGEMENT SYSTEMS FOR TRAINING

Vinnitsia National Technical University