

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

Освітній рівень

Модель автоматизації процесу трафаретного друку друкованих та сушіння
товстоплівкових плат

Назва теми

КВРАКІТР.2023192.01.29 ПЗ

Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Шифр, назва

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Назва

Виконав:

студент ІІ курсу, група АКІТРм-23-1  Олександр ШЕЛЕСТИНСЬКИЙ

Підпис

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник



Підпис, дата

Галина РАДЕЛЬЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 16 » грудня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТтаР

Валерій МАРТИНЮК

01 вересня 2024р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Шелестинському Олександровичу Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Модель автоматизації процесу графаретного друку друкованих та сушіння товстоплівкових плат

Керівник роботи Радельчук Галина Іванівна, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 26.08.2024 р. №60

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.12.2024р.





3 Вихідні дані до роботи Аналіз сучасних методів друку друкованих та сушіння товстоплівкових плат. Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Аналіз методів виробництва друкованих плат. Системи керування автоматизованою транспортно-складської системи. Розробка імітаційної моделі. Розробка програмного забезпечення. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТтаР		

7 Дата видачі завдання 01 вересня 2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
1 Вступ	10.09.2024р.	Виконано
2 Огляд літературних джерел та патентних даних	25.09.2024р.	Виконано
3 Огляд існуючих методів	15.10.2024р.	Виконано
4 Імітаційне моделювання	30.10.2024р.	Виконано
5 Розробка програмного забезпечення	10.11.2024р.	Виконано
6 Висновки	15.11.2024р.	Виконано
7 Оформлення пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи	20.11.2024р.	Виконано
8 Оформлення презентаційних матеріалів	1.12.2024р.	Виконано

Студент


Підпис

Олександр ШЕЛЕСТИНСЬКИЙ
Ім'я, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Галина РАДЕЛЬЧУК
Ім'я, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Модель автоматизації процесу трафаретного друку друкованих та сушіння товстоплівкових плат».

Автор роботи: Шелестинський Олександр Володимирович.

Керівник роботи: Радельчук Галина Іванівна, к.т.н., доцент

Пояснювальна записка: 86 с., 21 рис., 10 табл., 1 дод., 70 джерел.

Графічна частина: 13 презентаційних слайдів.

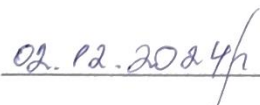
ГНУЧКИЙ ВИРОБНИЧИЙ МОДУЛЬ, ТРАФАРЕТНИЙ ДРУК, МІКРОЗБІРКА, СУШІННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ, АВТОМАТИЗАВАНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА.

Мета роботи: розробити математичну модель для візуалізації функцій виконання виробничих завдань і планування трафаретного друку товстої плівки та сушіння гнучких виробничих модулів.

У магістерській атестаційній роботі було проаналізовано технологічний процес виробничих модулів трафаретного друку товстої плівки та сушильних гнучких форм. На основі проведених досліджень розроблено імітаційну модель гнучкого виробничого модуля. На базі Microsoft Visual Studio розроблено візуальне програмне забезпечення для виконання виробничих завдань і планування гнучких виробничих модулів трафаретного друку товстої плівки та сушіння.



Підпис студента



Дата

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ методів виробництва друкованих плат	6
1.1 Постановка задачі.....	6
1.2 Гнучкі автоматизовані виробництва товстоплівкових мікробірок	6
1.3 Гнучкий модуль виробництва товстоплівкових плат.....	8
1.4 Сучасні інтелектуальні системи керування виробничим процесом	17
1.5 Висновки до першого розділу	26
2 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ ТРАНСПОРТНО- СКЛАДСЬКОЇ СИСТЕМИ	27
2.1 Система управління автоматичної транспортної системи	27
2.2 Система управління автоскладом.....	33
2.3 Система адресування при управлінні транспортером	36
2.4 Висновки до другого розділу.....	38
3 РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ	40
3.1 Постановка задачі і вимоги до імітаційної моделі	40
3.2 Розробка матмоделі функціонування устаткування ГВМ ТДС.....	42
3.3 Організація модельного представлення елементів ГВМ ТДС	52
3.4 Механізми обробки заявок на транспортування.....	57
3.5 Висновок до третього розділу.....	63
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	64
4.1 Вибір середовища програмування.....	64
4.2 Розробка програмного забезпечення імітаційного моделювання.....	65
4.3 Експериментальна частина	72
4.4 Висновки до четвертого розділу.....	76
ВИСНОВКИ	78
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	80
Додаток А Стаття у фаховому журналі.....	87

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АТС – автоматизована транспортна система;
- АТСС – автоматизована транспортно–складська система;
- ГАВС – гнучка автоматизована виробнича система;
- ГВМ – гнучкий виробничий модуль;
- ГВМ ТДС – гнучкий виробничий модуль трафаретного друку та сушіння товстоплівкових плат;
- ЕРВ – електрорадіовироби;
- ЕОМ – електрона обчислювальна машина;
- ЕОМ ВУ – електрона обчислювальна машина верхнього рівня;
- КПП – конвейєр подачі плат;
- КПС – конвейєр печі сушіння;
- МП – матеріальний потік;
- МТД – модуль трафаретного друку;
- ПК – підтримувач касет;
- ПОК – пристрій оптичного контролю;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ПС – піч сушіння;
- СУ – система управління;
- СУ АС – система управління автоматизованим складом;
- ТЗ – технічне завдання;
- ТМ – товстоплівкова мікрозбірка;
- ТР – транспортний робот;
- ФП – формувач потоку.

ВСТУП

Актуальність роботи Економічні та технологічні переваги товстоплівкових мікрозборок (ТМ) над іншими мікроелектронними технологіями призвели до популярного використання цих компонентів у радіоелектронних пристроях. Мікророзбирання зменшує трудомісткість і вартість технологічного обладнання, підвищує експлуатаційну ефективність виробів і знижує трудомісткість виробництва.

Мікробірки використовуються в цифровому обладнанні, яке використовує багат шарові листи провідників, у лінійних пристроях, які використовують резистивні компоненти в поєднанні з багат шаровими листами, у силових і високовольтних пристроях. Як правило, виробництво ТМ є маломасштабним. Створення автоматизованих виробництв спецтехніки в цих умовах матиме значний вплив на ефективність виробництва. Як наслідок, дослідження в галузі трафаретного друку та сушіння товстих плівкових плит є значними.

Метою роботи є створення програмного забезпечення, яке візуалізує функціонування виробничого процесу та планування виконання виробничого завдання гнучкого виробничого модуля трафаретного друку та сушіння товстоплівок (ГВМ ТДС).

Новизна розробки полягає в інтелектуальному вирішенні диспетчеризації виробничого завдання гнучкого виробничого модуля друку та сушіння товстої плівки.

Об'єкт дослідження – процес трафаретного друку та сушіння товстоплівкових плат.

Предмет дослідження – візуалізація функціонування виконання виробничого завдання гнучкого виробничого модуля трафаретного друку та сушіння товстоплівкових плат.

Метод дослідження – імітаційне моделювання.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні проблеми:

- дослідити склад технологічних засобів у ТДС ХВМ.
- обговорити основні технічні характеристики ГМВ ТДС;
- вивчити методику управління автоматизованою транспортно-складською системою;
- створити віртуальну модель технологічного процесу виготовлення товстоплівкових плат зі схемами.
- створити програмне забезпечення на базі розробленої платформи моделювання.

Наукова новизна полягає у розробці методу автоматизованого керування транспортними потоками при виготовленні товстоплівкових друкованих плат.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИРОБНИЦТВА ДРУКОВАНИХ ПЛАТ

1.1 Постановка задачі

Відповідно до вимог технічного завдання (ТЗ) під час магістерської перевірки має бути розроблено програмне забезпечення (ПЗ), яке візуалізує функціонування виробничого завдання та планування виробництва товстоплівкових плит, які використовуються в трафаретному друку. процес.

Як наслідок, для досягнення наміченої мети необхідно вирішити наступні питання:

- вивчити склад технологічних ресурсів, що використовуються ТДС ГВП.
- проаналізувати загальні принципи технологічного прогресу в ТДС ГВП.
- вивчити методику управління автоматизованою транспортно-складською системою;
- створити цифрову модель технологічного процесу виготовлення товстоплівкових плат зі схемами.
- вибрати програмну платформу для розробки програмного забезпечення.
- створити програмне забезпечення.

1.2 Гнучкі автоматизовані виробництва товстоплівкових мікрозбірок

Основним завданням створення автоматизованого виробництва товстоплівкових мікрозбірок є автоматизація виробництва, управління виробництвом, транспортуванням і зберіганням.

Впровадження розробки має призвести до підвищення ефективності виробництва при масовому та дрібносерійному виробництві товстоплівкових мікроагрегатів, що часто змінюють асортимент продукції.

У технологічному процесі багатошаровість провідників досягається циклічною схемою дій, що передбачає нанесення шарів схеми методом трафаретного друку з подальшою їх термічною обробкою (сушіння або випал). Для забезпечення консистенції міжшарової ізоляції її накладають і продувають 3 рази. Надійності міжшарових переходів сприяють друкуючі елементи, які є струмопровідними. Якість друку друкованих плат перевіряється автоматичною установкою оптичних датчиків, які порівнюють друковану схему зі стандартним зразком. Доопрацьовані багатошарові друковані плати мають автоматизовані електричні параметри [8]. Плати, з'єднані зондами, використовуються для здійснення електричного контролю. Якщо мікрозбірка має товсті плівкові резистори, які блокують потік електрики. Резистори використовуються та накладаються на поверхню багатошарової проводки, значення опору змінюються відповідно до номінальних значень, пов'язаних із лазерними установками.

Рамка розташовується на друкованій платі перед установкою підключеного електронного радіобладнання (ERV). Це обладнання використовується для усунення впливу підвищених температур на ЕВР під час запечатування корпусу. Плата доповнена плоскими зовнішніми виводами з чотирьох (або двох довгих) сторін.

Процедуру встановлення ЕБВ полегшують автоматизовані лінії, одна з яких встановлює ЕБВ зі складними корпусами, в тому числі мікрокорпусами, друга встановлює ЕБВ на плівкову підкладку.

Після монтажу регулюється працездатність мікровузлів, потім виконується їх герметизація.

Процес герметизації корпусу мікроблоків полягає в з'єднанні рами з корпусом і кріпленні кришки за допомогою механізму затягування. Життєздатним методом кріплення рами є використання обода: ізоляційна

речовина вздовж форми рами, установить раму на обід і створить точку зіткнення скла між рамою та дошкою, розплавивши речовину. Герметизація кришки відбувається в обхід контуру лазера.

У виробництві ТМ серед багатьох інших компонентів є срібло-паладій, золотовмісний і золото-паладій. працевлаштовані. ювелірні вироби на основі цінних і нецінних металів і сумісні з ними ізоляційні та стійкі прикраси. До складу паст входить функціональна фаза, до складу якої входять металевий порошок, оксид, скло, органічна сполучна речовина, яка впливає на консистенцію паст, а наповнювач сприяє зчепленню шарів підкладки схеми конструкції та нижніх шарів. Паста, які використовуються в комбінації для створення мікробірок, повинні мати сумісний хімічний склад і стиль обробки під час створення схем.

Залежно від кількості шарів провідника, типорозміру плати (підкладки), використовуваних речовин і основи мікробірок, наявності або відсутності резисторів, способу кріплення каркаса до плати, доступних варіантів реалізації мікровоузлів, маршрут, яким змінюються технологічні процеси.

1.3 Гнучкий модуль виробництва товстоплівкових плат

Універсальний виробничий модуль для трафаретного друку та сушіння товстоплівкових плат (ГВМ ТДС) призначений для виробництва товстоплівкових багат шарових плат і резистивних компонентів методом попереднього нанесення речовини, що сприяє сушінню, наприклад припою або інший тип паст на керамічну, металеву чи іншу основу.

Призначенням ГВМ ТДС є комплекс пристроїв, який сприяє автоматичному завантаженню підкладок, які вставляються в касети, а потім передаються на пристрій трафаретного друку. Ці пристрої використовуються для програмування технологічних можливостей ГВМ ТДС і зміни трафаретів, суміщення шарів, подачі паст в зону друку, сушіння шарів і завантаження

підкладок в касети вивантажувального пристрою. ГВМ ТДС можна інтегрувати в HAVS або як окремий технічний пристрій.

Під час роботи модуль виконує такі технологічні дії:

- інтеграція програмного забезпечення, можливості вмикання та вимкнення TDS ГМВ, а також
- переконатися, що робот-маніпулятор має можливість завантажувати картки введення з шаблонами та видаляти порожні картки;
- автоматичне завантаження субстратів з касет і індивідуальний розподіл їх на конвеєр для транспортування.
- почергова подача підкладок на позицію друку та їх автоматичне фокусування.
- автоматичне розміщення сітчастих візерунків в області друку;
- автоматичне або ручне визначення параметрів тиску, пов'язаних із ракелем, швидкістю прямого та зворотного руху ракеля, підкладкою трафарету та зазором між трафаретом та підкладкою;
- розрахунок кількості використань;
- автоматичне зв'язування креслення схеми з підкладкою;
- автоматична подача речовини в зону руху ракеля;
- складання схеми фігури;
- автоматизоване виявлення оптичних дефектів при нанесенні паст;
- автоматичне видалення дефектних плат;
- формування багаторядної послідовності підкладок, які передаються на конвеєр сушильної печі.
- процес нанесення висохлої пасти на потрібне місце;
- зняття підкладок з конвеєра сушильної печі та створення одного ряду підкладок;
- індивідуалізація способу завантаження субстратів у касети біля виходу.

У початковому стані підкладка переміщується сходиною конвеєра і утримується на місці вакуумним захватом в основі столика. Після

розміщення підкладки в правильному положенні встановлений трафарет автоматично вирівнюється. Туди буде нанесено необхідну кількість пасти. Метою програми є визначення технологічних обмежень друку (швидкість, тиск, ракель і зазор - трафарет - підкладка), а також дизайн схеми. Після регулювання намальованого зображення плати за еталонним зразком (фотошаблоном) запускається автоматичний режим друку екрану за допомогою зв'язку з системою NAVS. Щоб регулювати шифр маркера, пристрій для зчитування повинен бути включений у проект установки. Для збору інформації можна використовувати фотодіоди або контактні датчики. Процес реєстрації трафарету сітки у визначеній зоні здійснюється датчиком, який сигналізує системі (СУ) ГАВС про готовність до роботи.

Апарат для створення ряду забезпечує створення багаторядного потоку субстратів з одного ряду, потім субстрати після перевірки переміщуються на конвеєр, наступним кроком є їх передача на конвеєр сушильної печі. Кількість підкладок в ряду обмежена до 3 шт., відстань між підкладками в формованому ряду не менше 2 мм. Формування ряду залежить від місцевої системи управління.

Піч, яка сушить, забезпечує висихання шару відповідної речовини, нанесеної на підкладку. Температуру профілю печі вибирають так, щоб уникнути нанесення пасти на підкладки, коли вони знімаються з конвеєра вакуумними присосками.

Формальна структура ГАВ ТДС проілюстрована на рисунку 1.1.

На рисунку позначено:

- позиція установки повної касети – 1.1;
- позиція вивантаження підкладок – 1.2;
- позиція зняття порожньої касети – 1.3;
- позиція установки пустої касети – 2.1;
- позиція завантаження підкладок – 2.2;
- позиція зняття повної касети – 2.3;
- модуль трафаретного друку – 3;

- пристрій оптичного контролю – 4;
- конвейєр модуля завантаження – 5;
- формувач багаторядкового потоку – 6;
- конвейєр печі сушіння – 7;
- піч сушіння – 8;
- формувач однорядкового потоку – 9;
- конвейєр модуля розвантаження – 10;
- лінія переміщення транспортного робота – 11.

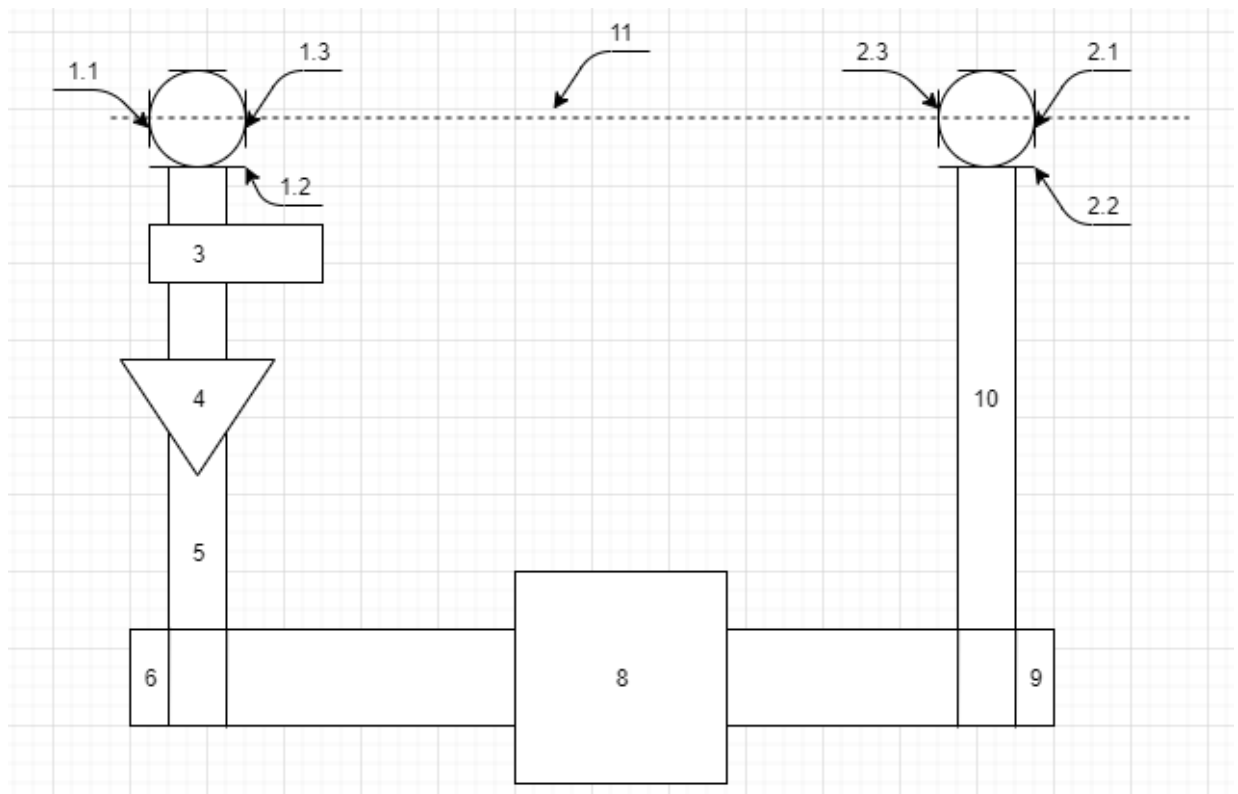


Рисунок 1.1 – Структурна схема ГВМ ТДС

Обгортка касети (РС) - це круглий пристрій, який має 4 різні положення. 1-ша та 3-я позиції розташовані на осі лінійної траєкторії транспортного робота (ТР) і призначені для завантаження та вивантаження касет відповідно. Друга позиція зайнята, четверта позиція - порожня. ТР опускає касету на підлогу, після удару ребром касети об конічні напрямні на ПК рух руки припиняється наполовину, що забезпечує вільний рух касети по

цих напрямних (рис.1.2). У таблиці 1.1 наведені технічні характеристики касетного контейнера.

Таблиця 1.1 – Технічні параметри підтримувача касет

Кількість позицій	4
Кут між позиціями	90°
Габарити	200x200, мм



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд підтримувача касет

Модуль трафаретного друку (МТД) має висувну друкувальну голівку, яка знаходиться під ним, за допомогою якої по напрямних переміщується сітчастий трафарет. 1.3) [11]. Точне підгонка трафарету до нижніх шарів плити відбувається автоматизовано, для чого необхідно використовувати попереднє ручне налаштування з похибкою не більше 2 мм. На спосіб трафаретного друку впливає безліч технологічних факторів, які базуються на

реологічних властивостях паст, дизайні МТД і сітки трафарету, а також зовнішніх факторів, які не піддаються контролю. Таблиця 1.2 ілюструє технічні характеристики МТД.



Рисунок 1.3 Зовнішній вигляд модуля трафаретного друку

Таблиця 1.2 – Технічні параметри МТД

Погрішність первісної установки	2 мм
Габарити	600x200, мм
Відстань від початку конвеєра	150 мм
Відсоток браку	Вхідна величина
Період друку	Задається системою керування (3 – 6 с)

Формувач потоку (ФП) включає формувач на вході та кінцевий формувач у сушильній печі (ФП). У ПП на вході в сушильну шафу надходить партія дощок, які потім групуються в один ряд по всій ширині конвеєрної стрічки ПС. Кількість дощок у групі залежить від розміру партії дощок, а потім вони переміщуються на конвеєр ПС. Вихід ФП з ПС відповідає за видалення кількох підкладок, що висушуються в ПС, і їх перепозиціонування на поперечному конвеєрі (рис. 1.4) [11]. У таблиці 1.3 наведені технічні характеристики ПС.



Рисунок 1.4 – Зовнішній вигляд формувача потоку

Таблиця 1.3 – Технічні параметри ФП

Ширина	300 мм
Час роботи	Задається системою керування

Пристрій оптичного контролю (ПОК) перевіряє дизайн відбитка шару схеми. Коли будуть виявлені прогалини, засмічення та інші помилки друку, ПОК видасть команду утилізувати несправну плату в бункері. Тривалість

курсу виправлення дефекту визначає оператор (рис.1.5). Таблиця 1.4 ілюструє технічні характеристики РОК.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд пристрій оптичного контролю

Таблиця 1.4 – Технічні параметри ПОК

Роздільна здатність	10 – 25 мкм
Габарити	250 – 50, мм
Відстань від початку конвеєра	750 мм

ПС із інфрачервоними лампами складається з 2 – 3 зон регулювання температури і керувану швидкість конвеєра (рис. 1.6). В таблиці 1.5 наведено технічні параметри печі сушіння.

Таблиця 1.5 – Технічні параметри ПС

Час сушіння плат	120 – 240 с
Температура сушіння	160 – 250 °С
Габарити	800x800, мм
Час роботи	Постійно в техпроцесі



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд пічі сушіння

Транспортна машина (ТР) має ряд станів захвату: ущільнений, напіврозрізний і розрізний. Під час технічного обслуговування роботизованого ПК можливість його обертання блокується.

До складу системи входять два різновиди конвеєрів: конвеєр подачі друкованих плат (СРС) і конвеєр сушильної печі (КПС). Технічні характеристики різних типів конвеєрів відрізняються. КПП розташовані перпендикулярно КПС з обох кінців, ці точки служать для подачі плит на конвеєр ПС для наступного етапу сушіння та прийому висушених плит, КПС використовується для подачі плит в піч і доставки готові дошки до точки виходу. У таблиці 1.7 наведені технічні характеристики конвеєра.

Таблиця 1.7 – Технічні параметри конвеєра

Швидкість руху (КПП)	50 до 1000 мм/хв
Швидкість руху (КПС)	150 до 100 мм/хв
Довжина (КПП)	2020 мм
Довжина (КПС)	1520 мм
Ширина (КПП)	180 мм
Ширина (КПС)	300 мм

1.4 Сучасні інтелектуальні системи керування виробничим процесом

Глобальна конкуренція у виробництві високотехнологічної продукції характеризується короткими життєвими циклами (ЖЦ), складністю технології виробництва і підготовки процесів (ТПВ), підвищеними вимогами до їх контролю та моніторингу в режимі реального часу. Вимога щодо досягнення високої якості таких продуктів призводить до необхідності постійного вдосконалення технічних процесів (ТР), а також змін у структурах управління, які є ключовими факторами успіху виробничих компаній.

З розвитком Інтернету речей та Індустрії 4.0 впровадження кіберфізичних виробничих систем (CPPS) за концепцією розумного виробництва набуває все більшого поширення. У свою чергу, оцифрування процесів виробництва та управління вимагає обробки в режимі реального часу та маніпулювання великими обсягами неоднорідних промислових даних протягом життєвого циклу продукту. Щоб використовувати промислові дані для отримання конкурентної переваги, необхідно забезпечити гнучке, адаптивне, ощадливе виробництво (LP), яке має бути орієнтоване на людей.

У рамках концепції інтелектуального виробництва реалізується управління автоматизацією нових і сучасних процесів розробки існуючих КПНС, пов'язаних із комплексними науково-технічними завданнями розробки складних математичних моделей і методів, що забезпечують

інтегроване високотехнологічне тверде тіло продукту. кібернетичних властивостей відходів і необхідності пошуку нових шляхів створення систем, які автоматично керують процесами їх розробки, дозволить підвищити ефективність виробництва за рахунок інтеграції галузевих стандартів Industry 4.0 (RAMI 4.0) і методів LP.

Кіберфізичні виробничі системи (CPPS) — це цифрові двійники реальних виробничих процесів, які вирішують різноманітні завдання, пов'язані з автоматизацією всіх процесів на всіх етапах життєвого циклу при виробництві високотехнологічної продукції. Впровадження таких систем дозволить здійснювати управління та контроль виробництва в режимі реального часу, аналізувати та оптимізувати виробничий процес та життєвий цикл продукту, що є одним із критеріїв досягнення цілей ЛП.

Дослідження в цій сфері все ще знаходяться в зародковому стані, концепція Industry 4.0 і технологія IoT призвели до її появи. Аналіз останніх публікацій показав, що КПЗС є складним об'єктом, який поєднує в собі фізичні та кібернетичні компоненти, архітектура та структура якого залежать від вимог до продукту (дизайн, технологічні параметри, вимоги до обладнання тощо). Вибір методів контроль і управління, моніторинг, зберігання великих обсягів даних і їх аналіз, все це повинно виконуватися в режимі реального часу, щоб уникнути розвитку дефектів або простою обладнання, що зменшує економічна ефективність виробництва.

Еволюція сучасного суспільства призводить до збільшення обсягів інформації, підвищення вимог до її точності та необхідності подання інформації в режимі реального часу для аналізу чи прийняття рішень, що зумовлює необхідність перегляду підходів до використання високотехнологічної інформації, а також роль такої техніки в різних сферах людської діяльності. Усе це зумовлює необхідність зміни підходів до використання високотехнологічної інформації.

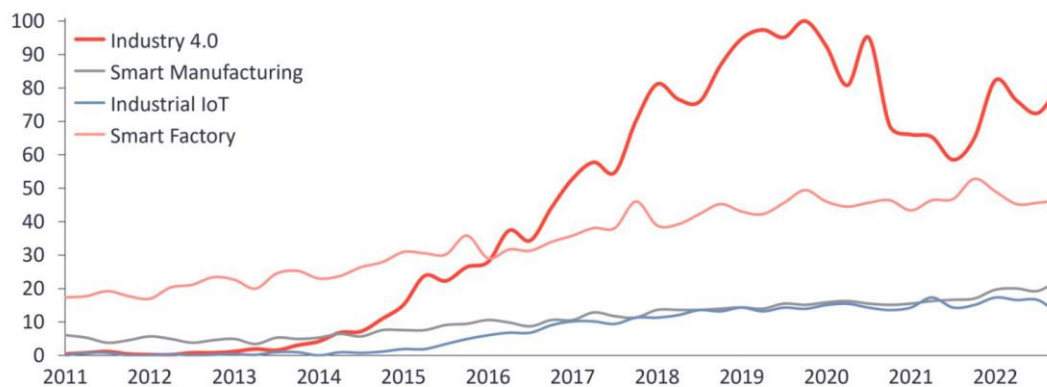
Країни-лідери у сфері інноваційних технологій у промисловості виступили ініціаторами нової концепції стратегії цифрових технологій –

Industry 4.0 [1-9]. У Німеччині ідею Індустрії 4.0 просувають Федеральне міністерство освіти та досліджень Німеччини (BMBF) і Федеральне міністерство економіки та енергетики Німеччини (BMWi), обидва з яких підтримуються федеральним урядом. У працях В. Є. Хаустова, Г. В. Крамарьової та В. А. Зінченка показано важливість впровадження концепції Індустрії 4.0 у пріоритетних напрямках промисловості України.

Ця ідея, згідно з IoT Analytics (<https://iot-analytics.com/>), походить від трьох провідних організацій у міжнародній індустрії: BitKom (інформаційні технології) [13-15], VDMA (машинобудування) [16-18] та ЗВЕІ (електротехніка) [19-21]. Перелік змін в інтересах, пов'язаних із досягненням Індустрії 4.0 та іншими відповідними умовами з 2011 по 2022 рік, наведено на рис. 1.7.

Industry 4.0 and related terms search interest – from 2011 to 2022

Relative search interest on Google*



Note: *Numbers represent worldwide search interest relative to the highest point on the graph for the given time. A value of 100 is the peak popularity for the term. A value of 50 means that the term is half as popular.
Source: IoT Analytics Research 2022, Google Trends

Рисунок 1.7 – Пошукові запити Industry 4.0 та подібних понять з 2011 до 2022

Технологія галузі 4.0 очевидна з представленого аналізу: Connected Industry Building and Supporting Technologies, що включає всі провідні корпорації та компанії, які надають послуги в усіх сферах людської

діяльності, від побутової електроніки до створення складних космічних об'єктів. великі системи обробки та аналізу даних.

Переглядаючи вендорів, традиційно можна виділити корпорацію або групу компаній, які спеціалізуються на створенні продуктів різного призначення, від мікročіпів до складних високотехнологічних пристроїв, в які вбудовані частини технології промислового Інтернету речей (IIoT). [23-25].

Виробництво високотехнологічних пристроїв повторюваним способом неможливе без впровадження систем автоматизації на кожному рівні виробництва та його підтримки, що в свою чергу дозволяє створити єдиний інформаційний простір, пов'язаний із Smart Factory або Smart manufacturing. Національний інститут стандартів і технологій (NIST) визначає концепцію розумної фабрики або інтелектуальної виробничої системи як повністю інтегровану в корпоративну виробничу систему та здатну реагувати на зміни умов виробництва, вимог ланцюга постачання та потреб клієнтів у режимі реального часу.

Для досягнення цієї мети інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) мають бути безрозбіжними на всіх етапах створення високотехнологічної продукції.

Однак, якщо розглянути це розходження більш детально, то можна помітити, що воно включає хмарні технології (SS), великі дані (Big Data), механізми штучного інтелекту (AI), аналіз даних на межі мереж (туманні та крайові). обчислення), передача мобільних даних, мережеві технологи, інтерфейси користувача (системи HMI, SCADA, системи керування (с-MES, і-ERP), програмовані логічні контролери (PLC), датчики та актуатори (MEMS), автоматизовані роботизовані процеси (RPA), автономні роботи (AR) і віртуальні виробничі системи (VMS) Запропоноване схематичне зображення Smart manufacturing у складових Industry 4.0, яке проілюстровано на рис.1.8.

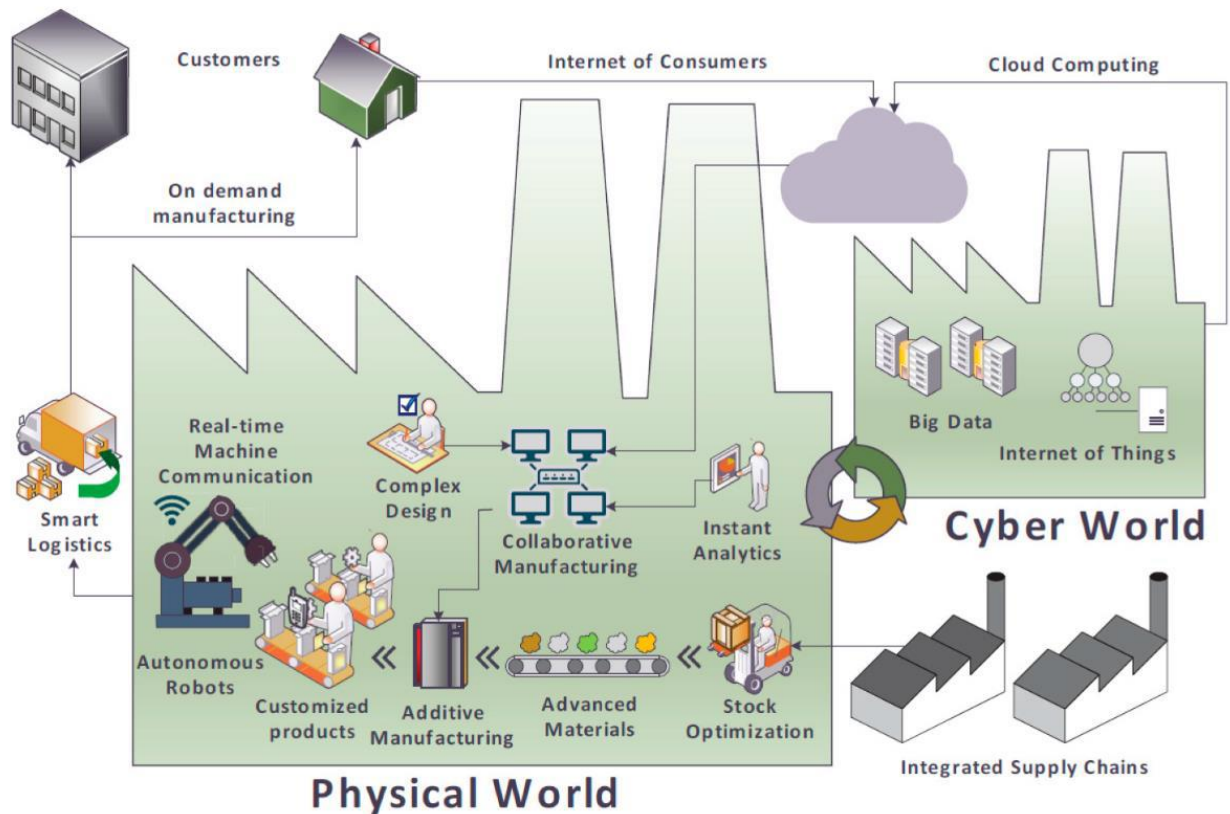


Рисунок 1.2 – Узагальнена діаграма Smart Manufacturing у поняттях Industry 4.0

Представлене візуальне зображення інтелектуального виробництва в компонентах Industry 4.0 по суті відображає фундаментальну концепцію німецького стандарту DIN SPEC 91345: 2016-04 (E) Модель еталонної архітектури для Industry 4.0 (RAMI4.0). Його основною концепцією є створення правил, які описують інформаційні дані та специфікації технічного об'єкта у формі еталонної моделі архітектури Industry 4.0 (RAMI4.0), яка надає опис конкретного технічного об'єкта, що включає всі відповідні аспекти, від його створення до виробництва та використання. перш ніж його буде викинуто. Це частина Індустрії 4.0, яка фактично описує її як гібрид фізичного та кіберсвіту в поєднанні з технологією, яка полегшує їхній зв'язок один з одним.

ІЕС PAS63088 дійсний до: 2017 (E) Інтелектуальна модель еталонної архітектури Industry 4.0 (RAMI4.0) є еталонною архітектурною моделлю, яка є кубічною за своєю природою та описує технічні об'єкти (активи) як рівні, які можна описати, за якими слідує їх термін служби (або «віта»), який

призначається технічній та/або організаційній ієрархії. Він також описує склад і функції компонентів Industry 4.0, оскільки ці компоненти є найважливішими частинами віртуальної та фізичної моделей.

Переглядаючи DIN SPEC 16593-1: 2018-04 (E) RM-SA – Еталонна модель для архітектури послуг індустрії 4.0 (Частина 1: Основи архітектури, заснованої на взаємодії), стає очевидним, що основні принципи загальних концепцій і методи технологічних специфікацій повинні бути орієнтовані на підтримку еталонної архітектури Індустрії 4.0 на основі концепції IoT та Internet-of-Services.

PD IEC / TS 62832-1 дійсний до 2016 року для вимірювання, контролю та автоматизації промислових процесів. Структура цифрової фабрики. Загальні принципи описують фундаментальні концепції системи Smart Manufacturing.

IEC 62264-1 діє до: 2013 Інтеграція системи управління підприємством - Частина 1: Моделі та термінологія - Він описує область управління виробничими операціями (рівень 3) і дії, які виконуються, а також вміст інтерфейсу та пов'язані транзакції на рівні 3 і між рівнем 3 і рівнем 4. Цей опис також описує зв'язок між виробничими процесами та полями управління (рівні 3, 2, 1). як домен підприємства (рівень 4). Його мета полягає в тому, щоб підвищити уніфікованість і послідовність термінології інтерфейсу та зменшити ймовірність, витрати та помилки, пов'язані з реалізацією цих інтерфейсів.

IEC 62541-100 діє до: 2015 року. Уніфікована архітектура OPC – Частина 100: Інтерфейс пристрою є розширенням усієї серії нормативних актів уніфікованої архітектури OPC і визначає модель інформації, пов'язаної з пристроями. Запропоновано три підходи, які є похідними один від одного:

(Базова) модель пристрою, яка призначена для представлення пристроїв єдиним уніфікованим способом;

– модель зв'язку пристрою, яка додає додаткові компоненти до інформації про мережу та з'єднання для створення топології зв'язку.

- нарешті, хост-модель для інтеграційних пристроїв, яка додає додаткові компоненти та правила, необхідні для хост-системи для керування всією інтеграцією системи.

Це полегшує перегляд топографії автоматизації з пристроями, а також мережами зв'язку. На рис. 1.9 перераховано 28 міжнародних стандартів, які сприяють сумісності ідеї Industry 4.0 із семантичними технологіями.

Кіберфізичні системи — це складні пристрої, які мають глибоку структуру та зв'язок між обчислювальною технікою та зв'язком. Беручи до уваги теорію та технологію, пов'язану з існуючими кіберфізичними системами, управління та розробка CPPS є складною науковою, технічною та дослідницькою діяльністю. Майбутні промислові системи можуть бути побудовані за допомогою CPPS, які мають як фізичні, так і кібернетичні компоненти в єдиному інформаційному просторі за допомогою мережевої структури, яка полегшує виконання визначених функцій у різних областях.

Основними складовими розробки та впровадження CPPS є зниження витрат і скорочення часу виготовлення. Це також стосується дослідження типів систем і пов'язаних процесів переходу від механічних систем до CPPS та IoT.

Однією з найбільших проблем, пов'язаних із розвитком кіберфізичних систем, є їх внутрішня складність, різноманітність і міждисциплінарний характер. Нові розподілені CPPS включають різноманітні аспекти, зокрема фізичні, керування, машинне навчання та виявлення помилок. Крім того, системні компоненти зазвичай розташовані в кількох фізичних місцях, на апаратних платформах і мережах зв'язку.

Складність кіберфізичних систем з точки зору великого обсягу даних, які постійно генеруються, які потрібно обробляти та візуалізувати, це підвищує масштабованість, безпеку та ефективність CPPS у контексті технології Industry 4.0.

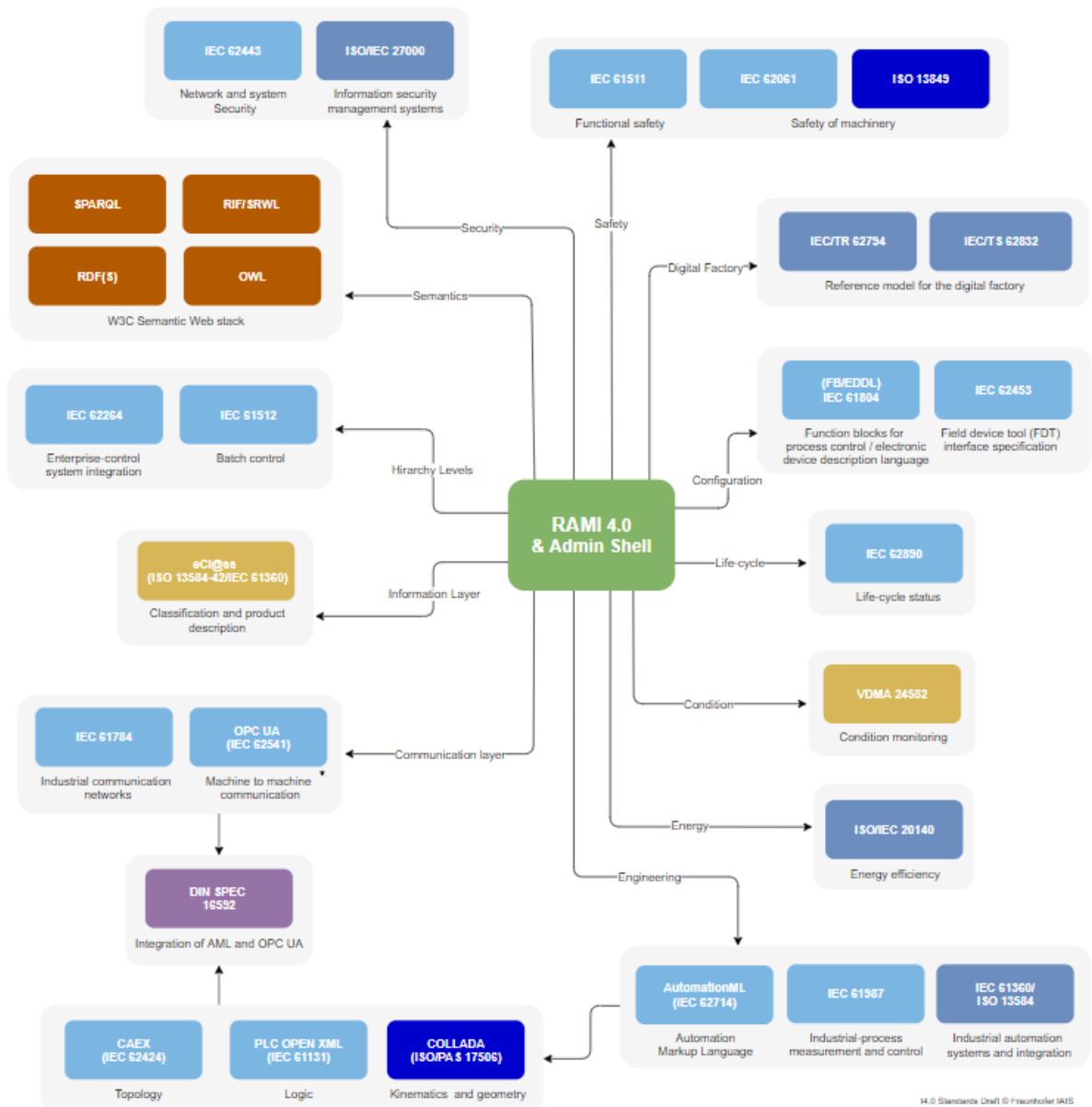


Рисунок 1.9 – Схема сумісність різних стандартів Industry 4.0

Новий термін «кіберфізичні системи» описує архітектурний стиль, у якому кіберфізичне зондування є основним компонентом. Спочатку задуманий як термін інформатики, термін «кіберфізичні системи» застосовувався до різних галузей, включаючи теорію керування чи електронну інженерію.

Запропоноване визначення CPPS, яке походить від Індустрії 4.0, відображає опис запропонованих міжнародних грантів:

Вважається, що «Індустрія 4.0» є результатом технологічного прогресу від вбудованих систем до кіберфізичних систем.

«Індустрія 4.0» — це наступна еволюція в процесі цифровізації у виробничому секторі.

«Індустрія 4.0» — це термін, який використовує Boston Consulting для опису конвергенції 9 цифрових технологій: доповненої реальності, моделювання, горизонтальної/вертикальної інтеграції, ІоТ, хмарних даних, кібербезпеки, великих даних та аналітики.

Виходячи з інформації, можна з упевненістю сказати, що ці системи є унікальними, а їх математичні, інформаційні, функціональні та алгоритмічні властивості безпосередньо залежать від специфіки виробництва, обладнання та вимог до Smart manufacturing.

Зростаюча складність виробничих систем вимагає відповідної архітектури керування, яка забезпечує гнучкість під час роботи.

CPPS полегшує зусилля з подолання складності та гнучкості, але труднощі інтеграції складових даних з існуючими системами управління все ще присутні. Термін CPPS описує фізичні системи, які поєднуються з програмними об'єктами та цифровою інформацією (кібернетична частина) і які дозволяють реалізувати концепцію розумного виробництва для парадигми Індустрії 4.0 (I4.0). Однак дослідження, проведені в], мають переважно концептуальний характер або все ще знаходяться на ранніх стадіях розробки, вносяться пропозиції щодо еталонної архітектури.

Таким чином, системний підхід до управління, збору, обробки та застосування даних до CPPS у розробці необхідний для досягнення практичного застосування CPPS. Декілька технологічних і системних підходів спробували зібрати вихідні дані з цеху, але вони в основному зосереджені на автоматизації виробництва.

1.5 Висновки до першого розділу

На першій частині процесу атестації ТДС ГВМ розглядався як модельний об'єкт і структурні компоненти.

Проведений аналіз дозволив зробити висновок, що основною ознакою автоматизованого виробництва товстих плівок є автоматизація процесу, управління процесом, а також зберігання і транспортування. Впровадження розробки має призвести до підвищення ефективності виробництва при масовому та дрібносерійному виробництві товстоплівкових мікроагрегатів, що часто змінюють асортимент продукції. Основним призначенням гнучкого виробничого модуля для трафаретного друку та сушіння товстих плівкових плит є виготовлення товстих плівкових багат шарових плат і резистивних плат шляхом нашарування провідних, діелектричних, резистивних, припою та інших матеріалів на керамічні, металеві та інші підкладки.

2 СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЮ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСЬКОЮ СИСТЕМОЮ

2.1 Система управління автоматичної транспортної системи

Розглянемо процес виробництва друкованих плат. Процес складання друкованих схем на друкованій платі починається з основи, яка складається з кількох шарів, які відіграють важливу роль у кінцевій функціональності друкованої плати.

До цих альтернативних шарів належать: підкладка, мідь, паяння та шовковий трафарет.

Кількість кроків у процесі DP залежить від конкретного проекту, як показано на малюнку (рис. 2.1), кожен крок обговорюється в наступних розділах.

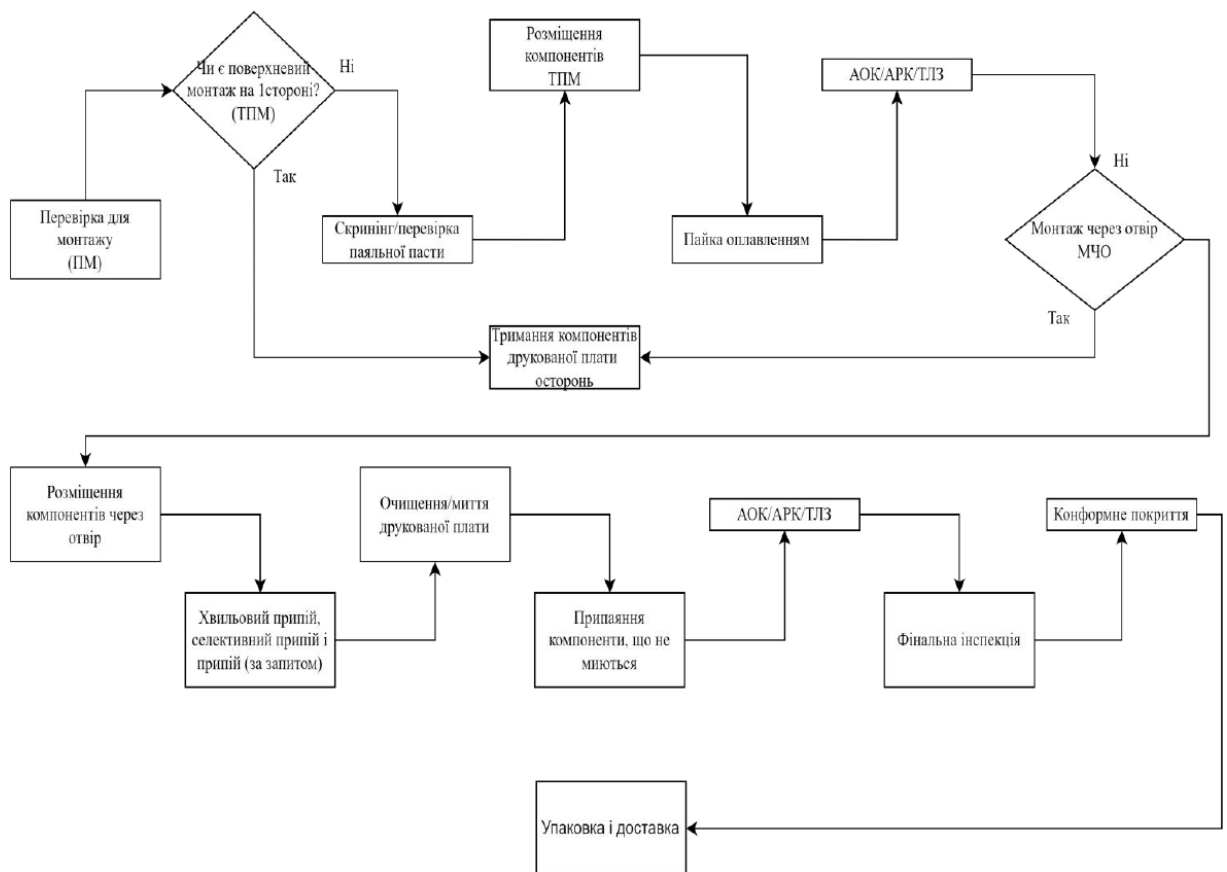


Рисунок 2.1 – Процес збирання друкованої плати

Щоб забезпечити успішний процес складання, виробнича група повинна надати чисту специфікацію та примітки щодо складання з усіма відповідними виносками, включаючи посилання, орієнтацію компонентів та інструкції щодо частин, які можна мити та не мити.

Компанія виробляє друковані схеми на основі DFM (Design for Manufacturability) перед тим, як їх зібрати в цеху. Дотримання вказівок DFM має вирішальне значення для уникнення потенційних виробничих помилок, таких як кислотні пастки, недостатні відстані між слідами та мідні стружки. Після створення плат компанія відправляє їх на монтажний цех.

Розробники завжди повинні дотримуватися протоколу Design for Manufacturing (DM), щоб уникнути повторного обертання друкованої плати. Основна мета цього кроку — уникнути можливих помилок у чернетках і зменшити загальні витрати на ваш DP. Фахівці фотоелектричної системи:

- вірне виконання усіх частин, зазначених у CM;
- точність розмірів слідів компонентів;
- достатні відстані поміж компонентами;
- дотримання специфікацій на свердлування;
- застосування адекватних методів теплового балансу друкованої плати;
- правила зазору країв друкованої плати дотримані.

Після перевірки цих значень команда виробників розміщує компоненти на друкованій платі, щоб розпочати процес поверхневого монтажу (SMT). Процес поверхневого монтажу передбачає прикріплення електронних компонентів до плати за допомогою роботизованої системи, яка називається машиною підбору та розміщення. Перед встановленням SMD компанія, яка його встановлює, спочатку перевіряє, чи можна мити компоненти. Якщо вони є, ми заберемо їх пізніше (після очищення друкованої плати).

Процедура створення друкованої плати складається з декількох етапів. Речовина, яка є діелектриком, необхідна для створення першого шару схеми. Найпоширенішим інгредієнтом, який використовується як основа плити, є

скловолокно, воно називається FR-4 (вогнезахисний). Наступним кроком у процесі виробництва друкованої плати є додавання наскрізних отворів, резиста для пайки та шовкового екрану до плати. Зрештою, при підготовці компонентів до пайки можна застосувати перше нанесення паяльної пасти за допомогою трафарету або методом струминного друку за допомогою пайки. Розуміючи процес, досвідчений інженер може створити власну друковану плату, яка є швидкою та ефективною з точки зору складання, використовуючи мінімальну кількість кроків.

Команда DP, відповідальна за виробництво, одночасно співпрацює з командою PCB QA/QC, яка контролює кожен плату перед її доставкою клієнтам. Однак деякі невеликі компанії не впроваджують процедури перевірки якості на DP, тому завжди важливо оцінювати якість нашої друкованої плати, перш ніж витратити час або ресурси на складання та обробку плати. Очевидно, що ефективність друкованої плати все одно залежатиме від конструкції та виробничого процесу, навіть із правильно розробленою схемою, послідовним складанням та виявленням помилок.

Як результат, це надзвичайно важливо для компанії, яка розробляє свої продукти та виробляє їх із пріоритетом якості. Якість друкованих схем має бути гарантована на кожному етапі процесу розробки, моніторингу та вимірювання під час проектування, виробництва та тестування. Процес проектування DP має вирішальне значення для створення високоякісної друкованої плати. Тому цьому процесу необхідно приділити особливу увагу. ККҮА має переконатися, що всі технічні характеристики досягнуті, щоб забезпечити виробничий потенціал друкованої плати. Дизайнерські рішення впливають на виробництво та виробничий процес. Проектування для технологічності передбачає організацію топографії конструкції DP з метою вирішення питань, пов'язаних із виготовленням і складанням. Конструкція для технологічності полегшує оптимізацію виробничого процесу та гарантує високу якість виробництва та послідовність.

Ви повинні враховувати кілька аспектів, щоб забезпечити довгострокову стабільність друкованої плати. По-перше, виробник друкованої плати повинен бути надійним. Постачальник повинен мати кваліфіковану та досвідчену команду виробників, яка забезпечить ефективну виробничу експертизу в проєкті. Виробник повинен мати широкий спектр можливостей, які дозволять йому постачати різноманітні друковані плати, включаючи алюмінієві друковані плати, безгалогенні друковані плати та друковані плати HDI (High Density Interconnect), усі вони необхідні для вашого застосування. По-друге, ви повинні постійно оцінювати та перевіряти дизайн топографії перед виготовленням.

Процес проєктування передбачає численні випробування та зміни, дуже важливо, щоб остаточна версія креслення проєкту була ретельно вивчена та підтверджена відповідністю вимогам виробника ПЕ.

Контролер автоматизованої транспортної системи (АТС) складається з двох компонентів (рис.2.2). Нижній рівень складається з пристроїв, які керують роботами, що транспортують речовини (ТР), і мобільних компонентів маршруту, які позначені стрілками, колами та іншими пристроями. Вищий рівень системи управління ОПР вирішує питання планування транспортного потоку на колії, відстеження поточного стану компонентів ОПР та суміщення їх роботи. Унікальність полягає в тому, що ці завдання повинні виконуватися в реальному масштабі часу параметрів технологічного процесу.

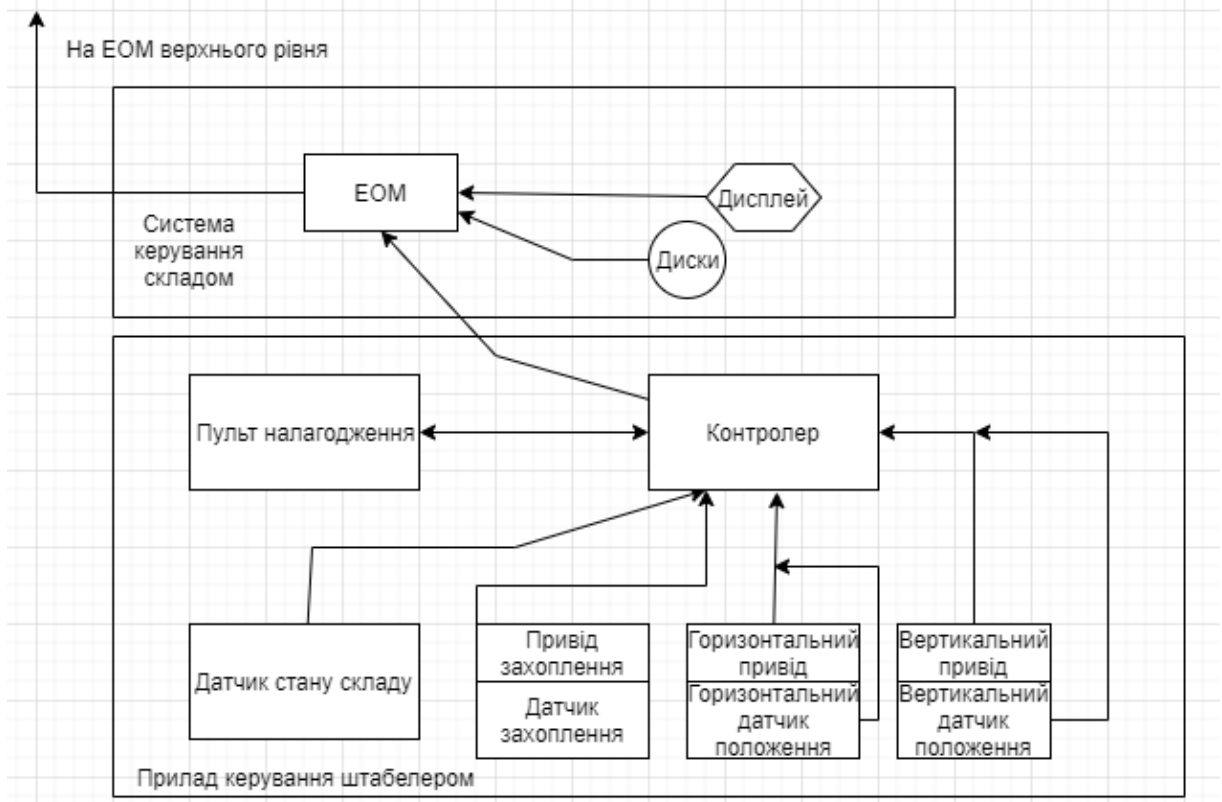


Рисунок 2.1 – Система управління транспортною системою

Перший рівень складається з комплексу, який побудований на базі комп'ютерної системи, його основна функція - отримання інструкцій (команд) від оператора АТС або вищого рівня ГВС. Розпорядження щодо перевезення вантажу між двома адресами виконуються в кілька етапів.

- створення шляху для руху ТР по колії;
- аналіз складу ділянок маршруту, що відповідають ТР подорожуючих;
- зміна компонентів доріжки (для підвісної клавіатури-автомата);
- формування керуючого сигналу для ТР, цей сигнал містить інструкції щодо руху та маніпулювання контейнером;
- передача даних до контролера ТР;
- аналіз результатів роботи ТР під час кінцевої операції;
- робота з нестандартними ситуаціями.

Склад другого рівня СУ такий:

- система електропостачання, яка складається з джерела живлення типу ТСП-002 та електротролейної мережі;

- компонент інформаційного обміну, що включає пристрій, що використовується для індуктивного каналу, і кабель, який використовується для з'єднання інформаційних мереж уздовж шляху;

– пристрій, що регулює поведінку периферійних компонентів.

Підсистема живлення подає відповідну напругу в тролейбусну мережу колії. Компонент підсистеми, який забезпечує обмін інформацією, є «каналом», який не має контакту з контролером ТР. Підсистема обмінюватиметься повідомленнями в будь-якій точці маршруту. Централізований контролер периферійного модуля відповідає за керування всіма рухомими компонентами доріжки: стрілками, колами, підйомами та пониженнями. Кожен із цих пристроїв має кабель, який під'єднується до корпусу контролера. Конструкція периферійного керованого модуля залежить від зв'язку між контролером, виконавчими механізмами та датчиками стану.

Пристрій управління ТР розташований на найнижчому місці в організаційній структурі SU. Даний пристрій виконує цифрове керування положенням асинхронних двигунів ТР у двох вимірах і циклічне керування обертанням захвату, обмін інформацією з SU-рейкою та керування самим пристроєм.

Набір функцій ТР, що дозволяє автономно здійснювати транспортні дії після отримання сигналу від системи. Положення ТР відносно колії вказує контролер ТР за допомогою грубих і точних вимірювань. Грубий підрахунок" виконується з точністю до зон, які записані на доріжці картками, які важко перфоровати, ці картки мають номер, який є специфічним для зони. Підрахунок цієї зони, процес є цифровим і використовує датчик.

Основна функція АТС реалізується за допомогою одного з двох основних режимів роботи системи - автоматичного або оперативного. В робочому режимі додатки, що стосуються транспортування, виводяться оператором з дисплея клавіатури. Крім того, він функціонує як засіб розподілу ресурсів і формування команд управління. В автоматичному

режимі СУ приймає замовлення від верхнього рівня автоматизованої транспортно-складської системи (АТСС) [15]. Потік запитів реалізується за допомогою розподілених у часі інформаційних повідомлень, які містять необхідну інформацію щодо поточних вимог технологічного процесу на транспортуванні. Крім двох основних режимів роботи АТС, можуть бути реалізовані три додаткових режими: буксирування, тренування і дистанційний зв'язок з диспетчером ТП.

Режим навчання використовується під час створення статичного зображення треку. Крім того, у зовнішній пам'яті системи зберігається інформація про положення робочих точок на треку, висоту столів і орієнтацію використовуваних контейнерів.

Віддалений режим обміну дозволяє оператору АТС зі станції SU взаємодіяти з будь-якими транспортними роботами, які підвішені.

Колектив функцій, які автоматично відновлюються, включає відновлення процесу ТР у разі його збою та ремонт джерела живлення. Для локалізації наслідків збоїв у роботі бортового процесора використовується апаратний частотний дискримінатор, який запрограмований на частоту поточної ітерації алгоритму керування. Коли відбувається збій програми, програма перезапускається, що дозволяє відновити інформацію, яка була частково втрачена. Це робиться для того, щоб відновити стан процесу управління на момент збою.

2.2 Система управління автоскладом

Автоматизована система управління складом складається з дворівневої модульної системи (рис.2.2). Функції найвищого рівня:

- отримання інформації від більш потужного комп'ютера (наприклад, комп'ютера ВУ) або оператора;
- автоматичний розподіл отриманої тари по камерах закладу;
- розрахунок номера комірки, що не використовується;

- процес упорядкування вмісту комірок зберігання також відомий як розподіл ресурсів;
- контроль типового терміну зберігання продукції;
- регулювання часу заповнення клітин;
- видача наказів про виконання дій;
- контроль дій укладальника;
- видача довідкової інформації залежить від запиту оператора або комп'ютера.

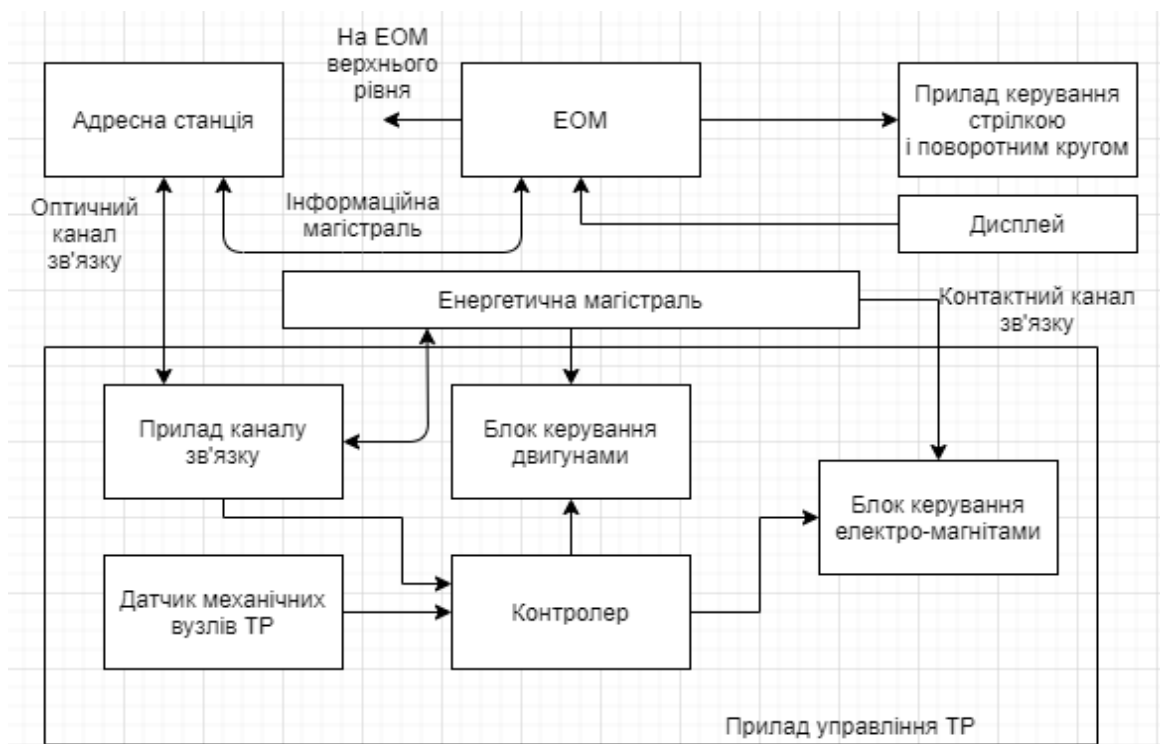


Рисунок 2.2 – Система управління автоскладом

Верхній рівень складається з системи управління складом (WMS). Нижній рівень містить механізм керування процесом укладання та механізм звільнення контейнера.

Основні обов'язки нижчого класу:

- управління штабелером та виконання доручень від депо СУ - взяти тару з приймального столу і розмістити її у відповідній комірці в депо;

- вийняти тару з комірки складу і поставити на приймальний стіл; взяти контейнер з одного місця і поставити його в іншому.

Режим роботи системи АС може бути автоматичним, напівавтоматичним або ручним (налагодження). Незалежно від режиму роботи контролера, АС має такі можливості:

Постійно контролює вміст комірок складу, зберігаючи інформацію в базі даних, що дозволяє зберігати її в екстрених ситуаціях.

- створює «портрет» аранжування, який можна перенести на ЕОМ ВУ.

- Постійно перевіряє кожен товар, як довго він лежить на складі; якщо він знаходиться там більше кількох днів, контейнер з товаром розміщується у відведеному для нього місці за принципом «першим прийшов, першим попросили».

В автоматичному режимі вся відповідна інформація направляється через зв'язок між системою АС та комп'ютерами університету. Таким чином, з комп'ютера рівня майстерні АС АС отримує завдання знайти продукт. Отримавши місію, АС автоматично шукає відповідну зону і вибирає певну комірку. Після розрахунку номера комірки укладальник отримує завдання, в якому описується механізм звільнення тари, виконує це укладальник і переміщує завдання в призначену комірку. За запитом «портрет» композиції передається на комп'ютер ВУ [18]. У разі зіткнення стекера також передається інформація про причини зіткнення.

У напівавтоматичному режимі всі команди складаються оператором за допомогою дисплеїв, які не мають участі комп'ютера ВУ. Робота за вказівками оператора відбувається наступним чином: за запитом комп'ютера комп'ютер видасть інформацію в табличному форматі, що описує потрібну комірку.

- за типом комірок, місцем розташування продукту або ємністю, в якій він зберігається.

- перед камерою з контейнером;

- для комірок, які не мають вмісту;

- за осередком типовий термін придатності продукту перевищено.

Режим налагодження використовується під час встановлення та під час надзвичайних ситуацій. При виході з типового режиму роботи укладальника система автоматично визначає причину збою. Якщо він виходить з ладу, він перезапускається у вихідному стані, потім процес продовжується, якщо трапляється аварія, або весь комплекс, або перший стекер зупиняється. Контроль і діагностика стану складу здійснюється як програмно, так і апаратно. Управління апаратним забезпеченням здійснюється групою спеціалізованих датчиків, коли ці датчики спрацьовують, присутні два потенційних сценарії:

Якщо додаткова робота стекера може призвести до пошкодження, живлення ланцюгів живлення припиняється, а оператор повідомляється про це.

У випадках незначної несправності штабелеукладач зупиняється, а оператор повідомляється.

Причина проблеми демонструється на екрані, щоб продемонструвати несправності та скоротити період відновлення. Також існує програмне забезпечення, яке контролює виконання або невиконання команд, наприклад, рух укладача з висунутою приймальною коробкою або невиконання команди менш ніж за дві хвилини, що вважається невдачею.

2.3 Система адресування при управлінні транспортером

Залежно від способу транспортування визначається адреса призначення вантажу, система може супроводжуватися або використовувати віддалену пам'ять.

Більш простими вважаються системи адресації, які супроводжують пам'ять. Вони найчастіше зустрічаються в системі автоматичного транспорту. Процес адресації в цих системах здійснюється шляхом намагнічування носія адреси, потім цей елемент кріпиться до візка, елемента поїзда або

контейнера. У цьому випадку адреса складається з коду, який генерується магнітним полем, а залізні пластини використовуються як носій адреси. Адреса розпізнається магніточутливим датчиком, чутливим до магніту.

У імпульсних системах, які мають унікальний набір адрес, адреси розрізняються на довжину шляху до призначених пунктів призначення. Інші позиційні системи також передбачають постійну адресу. Ці системи адресації використовуються на підприємствах, технологія яких забезпечує послідовний потік деталей з обмеженою кількістю адресатів.

У системах з віддаленою пам'яттю записуючий пристрій розташовується поруч із транспортним блоком, це виключає взаємодію між пристроями, які розташовані на різних об'єктах, і тим самим підвищує надійність системи. Частина пам'яті, пов'язана з центральним сховищем даних, підключена до кожного рухомого компонента транспортної системи. Всі об'єкти, які є рухомими, мають персональну адресу. Коли оператор доставляє вантаж, він вказує адресу, яка зберігається в буфері пам'яті. Буферні комірки, які окремо опитуються розподільником. Крім того, пов'язана комірка пам'яті розташована за номером об'єкта, а код адреси включено в неї. Коли рухомий об'єкт потрапляє в розгалужену адресу, зчитувач перевірить адресу на вимогу [22]. Після розшифровки адреса порівнюється з адресою вузла.

Залежно від способу руху автомобіля по колії можна виділити кілька варіантів систем обліку з виносною пам'яттю: спосіб руху за графіком диспетчера, за програмами, які закріплені на місці і мають «вантажно-розвантажувальний» характер. та гнучкі програми транспортування. В результаті при розробці програм на основі запитів інформація про наявність вантажу, адреси розвантаження та стан накопичувачів отримується з пульта. Програми розробляються з урахуванням потреб додатків, які визначаються низкою критеріїв (аварійність, допустимий термін відправлення, оптимальність завантаження тощо). Автомобілі знаходяться в стані очікування після виконання програми. Складність цього процесу

проявляється, коли необхідно змінити програму під час транспортування транспортних засобів [22].

Процес створення гнучкої програми на основі оперативних даних зводиться до простої прогулянки при заповненому накопичувачі. Коли файл завантажується, інформація про адресу вивантаження автоматично передається в SU. При наближенні транспорту до розвантажувального маніпулятора адреса робочого місця зіставляється з адресою розвантаження. Якщо вони збігаються, робиться запит на вивантаження, і навантаження передається на запам'ятовуючий пристрій. Крім того, ви можете отримати інформацію про вантаж і адресу доставки, а також зареєструвати процедуру транспортної системи. Система централізована навколо диспетчера.

Унікальна система серед систем віддаленої пам'яті призначена для адресації вантажів за моделлю транспортної установки. У цих мережах інформація про адресу моделюється відповідно до потоку транспорту, щоб слідувати шляху вантажу транспортної системи. Коли вантаж досягає місця призначення, його адреса надсилається на дешифратор, який видасть відповідну команду. Системи адресації вантажів, в яких використовується модель, мають високий ступінь надійності, робота яких не залежить від спеціального обладнання, крім датчиків. Адресні пристрої, які мають модель, можуть зберігати інформацію не тільки про кількість і найменування вантажу в транспортній системі, але також про його місцезнаходження і порядок поїздки. Перевагою віддаленої адресації пам'яті та моделі є потенціал для автоматизованої адресації вантажів у складних, перенаселених транспортних системах, у тому числі коли різні типи транспортних систем взаємодіють одна з одною.

2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі досліджувалася система управління автоматизованим транспортуванням і зберіганням. Різноманітність завдань,

які має виконувати програмне забезпечення реального часу, яке керує роботою транспортних роботів на колії, створює серйозні обмеження щодо кількості часу, необхідного для виконання цих завдань. Ці вимоги доповнюються вимогою до більш масштабних завдань, великої кількості транспортних роботів і складного дизайну маршруту в системі.

Необхідність створення маршрутів пояснюється наявністю на маршруті пунктів розгалуження. Як правило, місія складається з:

- транспортне завдання, яке передбачає надання початкової адреси маршруту, звідки повинен бути взятий вантаж, і кінцевої адреси, куди повинен бути доставлений вантаж.

- ви повинні вибрати простого транспортного робота, який може здійснювати перевезення.

- Пріоритетом підтримки ліній ТДС є визначення пріоритету виходу до того, як він переповниться і призведе до зупинки модуля, однак відсутність плат у приймальній позиції лінії лише знижує продуктивність лінії.

3 РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

3.1 Постановка задачі і вимоги до імітаційної моделі

Концептуальна модель досліджуваного об'єкта – це описовий тип моделі, що описує концепцію (ідею) фундаментальної природи процесу, що відбувається на об'єкті. Це розглядається в рамках цілей дослідження. Етап розробки концептуальної моделі є значущим з точки зору методології створення імітаційних моделей, оскільки результатом невірною уявлення про процес досліджуваного об'єкта є некоректне відтворення зазначеного процесу імітаційною моделлю.

Об'єкт моделювання – це технологічна система, пов'язана з ГМВ ТДС, яка на основі обраної технології передбачає функціонування матеріалу (обладнання, інструменти та інформацію) та передачу інформації. GVM включає пристрої, які автоматично подають, завантажують і вивантажують деталі, компоненти основного обладнання (такі як пристрій трафаретного друку, пристрій оптичного керування, сушильна піч, пристрій формування потоку), а також автоматизовану систему транспортування та зберігання, ця система є централізованою, а також децентралізованою.

Кожен транспортний механізм має мінімальну місткість одного середовища. На робочому місці виділяють зони входу і виходу. Перевізникам, які мають запчастини, дозволяється вхід на вхід при вивантаженні з транспортного модуля, а на вихід після їх обслуговування.

Очікується, що всі деталі у вихідному положенні зберігаються на централізованих складах або оперативних автомобілях. При серійному виробництві дошки виготовляються оптом. Кожна партія ідентифікується своїм технологічним маршрутом, який представляє кількість машин, задіяних у кожній операції, а також кількість оброблених дошок, також представлена кількість післяопераційних працівників, залучених до обробки однієї дошки. Дошки однакового розміру обробляються за однаковими технологічними

прийомами. При переході від створення нової партії до її обслуговування обладнання перенастроюється шляхом зміни пристрою або інструменту, що використовується для його створення (за винятком випадків, коли оброблена та вхідна партія є частиною однієї асоціації реконфігурації). Крім того, інструменти та пристрої мають обмежену стабільність і повинні бути замінені після закінчення визначеного робочого періоду.

Транспортні модулі здатні працювати в режимах, які передбачають будь-який доступ до обладнання, пов'язаного з технологічною системою. Оскільки допускається обробка однієї партії на двох різних операціях її технологічного шляху, то після завершення першої операції, якщо в блоку зберігання модуля обробки є місце для наступної операції, деталь транспортується безпосередньо до цього модуля, минаючи централізований склад. Якщо місця не вистачає, порція переміщується в найближче доступне сховище, якщо місця не вистачає, порція переміщується на склад.

Імітаційна модель повинна мати такі атрибути:

- програма моделювання повинна демонструвати необхідний ступінь деталізації в описі властивостей системи та принципів роботи. Як наслідок, необхідність мати великий обсяг і різноманітну назву для вихідних даних імітаційної моделі, це дозволить аналітику оцінити коливання функціональних показників ГМВ ТДС;

- розробка моделі програми повинна сприяти адаптації до змін цілей дослідження як шляхом збільшення кількості програмних компонентів або додавання нових проблемно-орієнтованих модулів до моделі, так і шляхом самостійного налаштування моделі відповідно до структури та параметрів вихідні дані системи;

- програма моделювання повинна демонструвати аналіз потенційних проектів щодо як детермінованих, так і випадкових параметрів часу;

- час, витрачений на створення моделі для дослідження конкретних структур ГМВ і виробничої програми, не повинен перевищувати кількість,

необхідну для створення моделі та введення параметрів, зазначених у співвідношенні.

3.2 Розробка матмоделі функціонування устаткування ГВМ ТДС

Для дослідження властивостей процесу функціонування даної ГВМ математичними методами необхідно провести формалізацію цього процесу, тобто побудувати математичну модель. Створення математичної основи складається з двох компонентів. Перший компонент, формальний математичний, передбачає висунення початкових ідей (об'єктів та їхніх зв'язків) і додатковий логічний розвиток цих ідей. Другий аспект стосується переходу від справжніх до формалізованих понять, а потім назад до реальних явищ.

Складність і різноманітність процесів, що відбуваються в реальних системах, не дозволяє нам створити їх абсолютно точне математичне представлення. Формалізований математичний опис процесу функціонування системи, що формалізується, обмежується суттєвими його аспектами та ігнорує дрібніші фактори, які є несуттєвими.

На відміну від екземплярів методу, цей підхід передбачає подання математичної моделі об'єкта не у вигляді набору математичних зв'язків, а натомість подається як явний опис складу системи та набору математичних зв'язків. описи кожного компонента. Далі система формується за методом створення імітаційної моделі.

Спосіб вибору моделювання як засобу досягнення поставлених цілей вимагає визначення способу створення моделі. Метод являє собою сукупність підходів до формалізації об'єкта моделювання, заснованих на розгляді останнього як дискретного або неперервного об'єкта. У кожному випадку спосіб вибору базується на специфіці функціонування об'єкта, ці вимоги є специфічними для реальної імітаційної моделі об'єкта. Оскільки GVM TDS займається поведінкою окремих компонентів технологічної

системи і спосіб її функціонування пов'язаний з появою трьох різних типів черг запитів на послуги, необхідно зосередитися на дискретному підході до створення імітаційної моделі. Цей тип моделі складається з взаємопов'язаних елементів, які змінюють стани в певні моменти часу. Ці взаємодії є як прямими, так і непрямыми. Будь-яка зміна стану компонентів вважається миттєвим походженням і, отже, визначається як подія. Загальний стан системи в кожен даний момент часу виводиться із сукупності станів компонентів. Маючи знання про стан і розвиток системи, ви можете зробити висновки про поведінку в ці конкретні моменти. У результаті процедуру функціонування системи можна розглядати як серію дискретних подій, між якими встановлюються причинно-наслідкові зв'язки.

Одним з важливих аспектів структури моделі є специфічний характер механізмів, які керують кожним із її компонентів. Спочатку важливо визначити, чи кожен компонент системи повинен мати випадковий або заздалегідь визначений процес роботи. Як правило, розглядаються лише ті елементи, які формально представлені як частина ймовірнісного процесу дослідження. Робота всіх інших компонентів системи вважається наперед визначеною.

Відкриття відповіді на питання про те, чи слід створювати детерміновану або ймовірнісну модель, схоже на вибір між відносно короткою тривалістю програми моделювання та відносно високою точністю відтворення досліджуваного процесу. Оскільки закони розподілу випадкових величин та їх параметри не завжди відомі, висувається гіпотеза про наперед визначений характер процесу функціонування системи, яка потім використовується для моделювання потенціалу швидкого переходу до варіанту моделювання модель, яка пов'язана з ймовірнісною системою. Концепція детермінізму в системі передбачає, що при спробі прогнозування подій використовуються значення часових інтервалів, вихідні дані представлені та залишаються постійними протягом усієї тривалості моделювання.

Формалізований опис взаємодії між компонентами обладнання та компонентами матеріального потоку. Сутністю моделювання ГМВ ТДС є представлення руху компонентів матеріальних потоків у ресурсах обробки. Крім того, рух матеріальних потоків відповідає за їх збереження (обробка, складання, транспортування тощо) та збереження між ремонтами. Як наслідок, у процесі моделювання важливо імітувати зусилля компонентів ГМВ ТДС, які беруть участь у русі потоків речовин [34]. Ці модулі включають модулі для обробки, контролю якості продукції, зберігання та складання, а також модулі для транспортування, які є дискретними або конвеєрними. Розрізнення модулів системи щодо їх імітації ґрунтується на їх кількісних характеристиках, а також на неповному переліку перерахованих операцій через якісну різницю між компонентами. Наприклад, службову операцію можна не враховувати зі списку конкретних операцій щодо зберігання.

При описі процедури взаємодії агрегатів використовується поняття особливих моментів часу (критичних подій), які розглядаються як дискретні під час отримання агрегатом вхідних або керуючих сигналів і під час видачі вихідних сигналів. В особливих випадках стан агрегату різко змінюється, залишаючись у стані, який не змінюється між цими випадками. Стан усієї сукупності для будь-якого даного моменту часу, включаючи нові стани в певні моменти часу, виводиться з попередніх станів сукупності за допомогою різноманітних операторів переходу.

Для визначення типів операторів переходу, які керують взаємодією між компонентами ГМВ, розглянемо математичний опис процесу трафаретного друку та сушіння (рис.3.1).

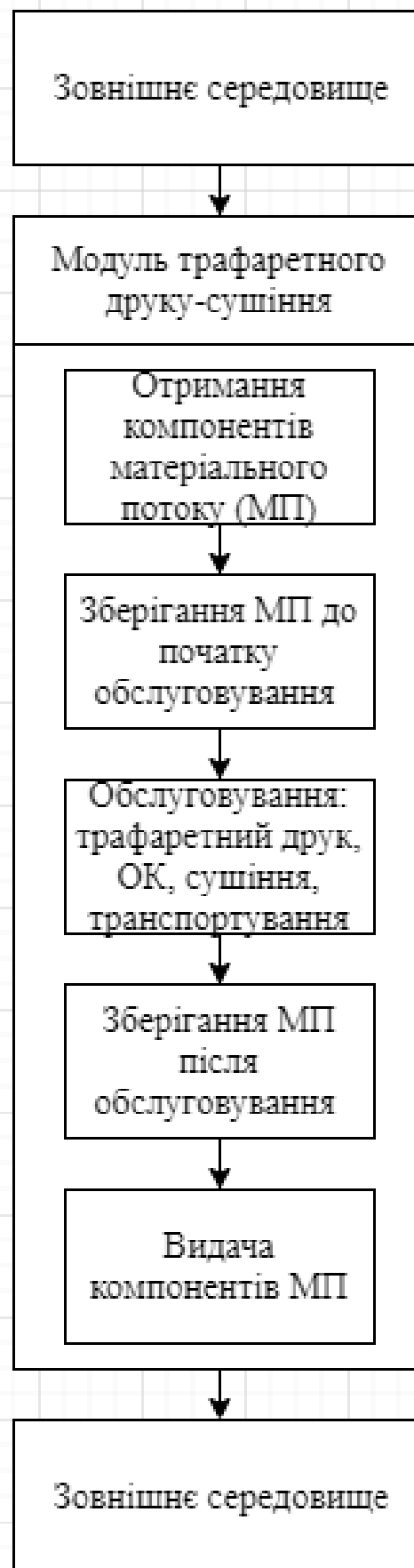


Рисунок 3.1 – Блок-схема ГВМ трафаретного друку-сушки

Накопичувач деталей який можна умовно поділити на вхідну і вихідну зони із ємністю E_1 , і E_2 , відповідно. Введемо позначення $B_1(t)$ і $B_2(t)$ - заповнювання вхідного і вихідного накопичувачів у момент часу t . Нехай $t_{\Pi}^k(j)$ - час приходу j -й деталі на k -й модуль; $t_{об}^k(j)$ - час закінчення обслуговування j -й деталі на k -м модулем; $PR(j)$ - значення пріоритету j -й деталі; $t_{Г}^k(j)$ - час готовності k -го модуля до приймання (видачі) j -й деталі; $t_{пр}^k(j)$ - тривалість зберігання j -й деталі k -м модулем; $t_{В}^k(j)$ - час закінчення відновлення k -го модуля після аварії; $t_{И}^k(j)$ - час закінчення заміни зношеного інструмента на k -м модулі; $t_{Т}$ - поточний момент часу.

Прийом j -й деталі на k -й модуль системи із зовнішнього середовища ($(k-1)$ -го модуля системи) здійснимо при виконанні наступних вимог зв'язку ES_1 :

$$t_{Т} > t_{Г}^{k-1}; t_{Т} \geq t_{В}^k; B_1(t_{Т}) < E_1. \quad (3.1)$$

По закінченню прийому наповненість B_1 збільшується на 1. При цьому j -я деталь може бути одразу прийнята на обслуговування, якщо відбувається виконання однієї із наступних груп вимог ES_2 :

$$t_{\Pi}^k(j) \geq t_{об}^k(j-1); B_1(t_{\Pi}^k(j)) = 0; t_{\Pi}^k(j) \geq t_{И}^k \quad (3.2)$$

або

$$t_{\Pi}^k(j) \geq t_{об}^k(j-1); B_1(t_{\Pi}^k(j)) > 0; \\ t_{\Pi}^k(j) \geq t_{И}^k; PR(j) = \max PR(j_r); r = 1, \overline{B_1(t_{\Pi}^k(j)) - 1}. \quad (3.3)$$

В зворотному випадку деталь j буде деякий час зберігатися на k -м модулі до початку обслуговування, тобто до того часу t_r коли буде виконуватись одна із наступних груп вимог зв'язку ES_3

$$t_r \geq t_{o6}^k(j-1); B_1(t_r) = 1; t_r \geq t_{in}^k \quad (3.4)$$

або

$$t_r \geq t_{o6}^k(j-1); B_1(t_r) > 0; t_r \geq t_{in}^k$$

$$t_{np}^k(j) = \max t_{np}^k(j_r); r = 1, \overline{B_1(t_r) - 1}. \quad (3.5)$$

У цьому випадку умова $t_{np}^k(j) = \max t_{np}^k(j_r)$ відповідає організації обслуговування вимог за правилом FIFO. За умови коли введено пріоритети обслуговування, ця умова отримує вид $PR(j) = \max PR(j_r)$.

Необхідність зменшення об'єму заповнення пристрою введення при виборі справної частини ґрунтується на конструкції пристрою введення реальної частини системи.

Якщо умова посилення виконується ES_4 :

$$t_{o6}^k(j) \geq t_r^{k+1}(j); B_2(t_{o6}^k(j)) = 0 \quad (3.6)$$

або

$$t_{o6}^k(j) \geq t_r^{k+1}(j); B_2(t_{o6}^k(j)) > 0;$$

$$PR(j) = \max PR(j_r); r = 1, \overline{B_2(t_{o6}^k(j)) - 1}. \quad (3.7)$$

Тоді j -та порція буде негайно передана в $k + 1$ -й модуль після обслуговування k -го модуля. В іншому випадку після обслуговування j -та

порція знову буде допущена до зберігання, це призведе до викиду порції в зовнішнє середовище ($k + 1$ -й модуль) і зменшення ємності накопичувача B_2 для виведення на 1 при виконанні вимоги ES_6 :

$$t_T \geq t_r^{k+1}(j); PR(j) = \max PR(j_r); r = \overline{1, B_2(t_r) - 1}. \quad (3.8)$$

Робота компонентів системи характеризується їх сукупним переліком дій на компоненти матеріального потоку. Якщо працездатність усієї технологічної системи протягом її проектної потужності залежить від низки умов (3.1 – 3.8), то конкретні операції технологічної системи ГМВ ТДС регламентуються наступним чином: робота модуля трафаретного друку та сушильна шафа, оптичний контролер, позиція складання, апарати дискретного (ходового) типу – умови: (3.1 – 3:8); функціонування автоматизованих складсько-експлуатаційних підрозділів за умов (3.1 - 3.8).

Множина умов зв'язку $ES_i, i = \overline{1, 5}$ функціонування технологічних модулів системи є основою керування імітацією функціонування та взаємодії їх аналогів у моделі.

Сформований склад передбачуваних станів. Моделювання виробничого процесу в технологічній системі ГМВ ТДС здійснюється шляхом моделювання поведінки всіх її компонентів з урахуванням їх взаємодії та зовнішнього впливу на систему.

Насправді атрибути та стани компонентів ГМВ змінюються безперервно або дискретно. Подання GVM як ізольованої системи разом із керуванням моделлю дозволяє спостерігати за інтервалами часу як дискретними та такими, що мають стрибок у своїх властивостях. У цьому контексті дією є зміна принаймні однієї властивості стану компонента моделі, метою процесу моделювання є керування обробкою логічно пов'язаних подій.

Для створення імітаційної моделі потрібно визначити список подій, обробка яких дозволяє задовольняти основні вимоги до неї. Нехай технологічна система ГВМ складається з безлічі усього обладнання $M \equiv \{m_k | k = \overline{1, QM}\}$, де k – порядковий номер модуля складових системи незалежно від його типу.

Згрупувавши пристрої за ознакою однаковості виконуваних функцій, отримуємо слідувачі групи модулів: основне обладнання, обладнання контролю і комплектації M^1 ; обладнання транспортування M^2 та накопичення M^3 :

$$M^1 = \{M_x^1 | x = \overline{1, m + N_{\text{ПК}}}\}; M^2 = \{M_y^2 | y = \overline{1, S_T}\};$$

$$M^3 = \{M_z^3 | z = \overline{1, m_d + m_{\text{ц}}}\}; m + m_d + m_{\text{ц}} + S_T + N_{\text{ПК}} = QM. \quad (3.9)$$

Модуль обслуговування μ -ї групи описується списком станів:

$$H^\mu = \{H_u^{\mu p} | \mu = \overline{1, 3}, u = \overline{1, h_\mu}\}, \quad (3.10)$$

де h_μ – кількість станів, у яких може знаходитися p -ї модуль u -ї групи у процесі виконання функцій ГВМ ТДС.

Перехід кожного модуля з одного стану $H_u^{\mu p}$ у інший стан $H_{u+1}^{\mu p}$ однозначно визначається умовами (3.1 – 3.8). На рисунку 3.2 – 3.4 показано графи станів G_μ відповідних груп обладнання (Е – закінчення знаходження в попередньому стані). Об'єднавши графи станів груп обладнання, отримуємо об'єднаний граф $G = \bigcup_{\mu=1}^3 G_\mu$ стани компонентів матеріального потоку – усі плати при проходженні ними усіх операцій технологічного маршруту.



Рисунок 3.2 – Графи станів блоку обслуговування

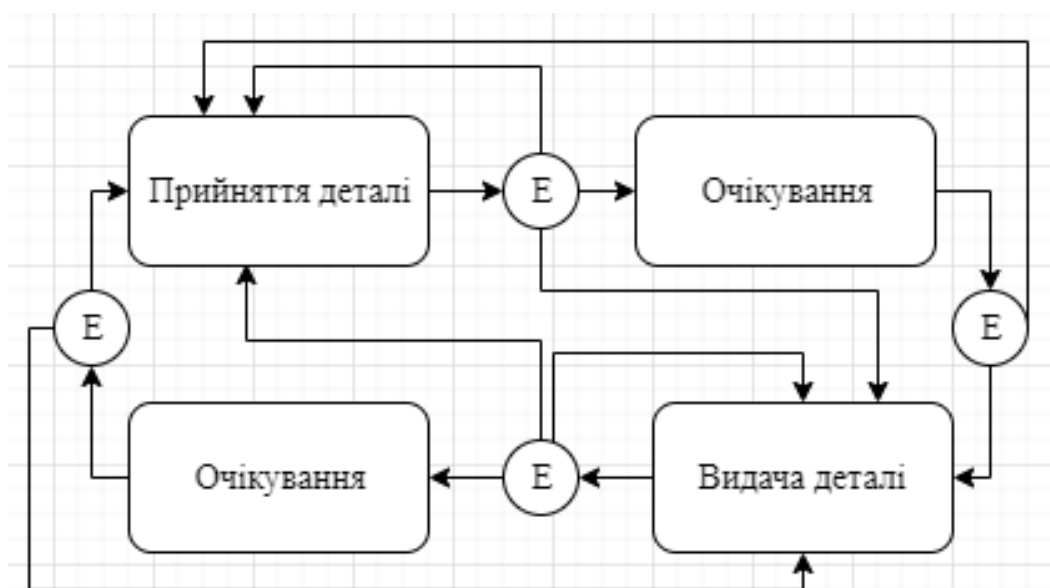


Рисунок 3.3 – Граф станів модуля накопичення

Множина станів вихідної номенклатури плат у процесі їх виготовлення можуть бути описані через стани відповідних груп обладнання:

$$\begin{aligned}
 H_J &= \{J_a | a = \overline{1, N}\}; J_a = \{J_{aj_1} | j_1 = \overline{1, n_a}\}; \\
 J_{aj_1} &= \{J_{aj_1}^g | g = \overline{1, TM_a}\}; J_{aj_1}^g = \cup_{\mu=1}^3 (H^\mu = (H_u^{\mu_1})).
 \end{aligned}
 \tag{3.11}$$

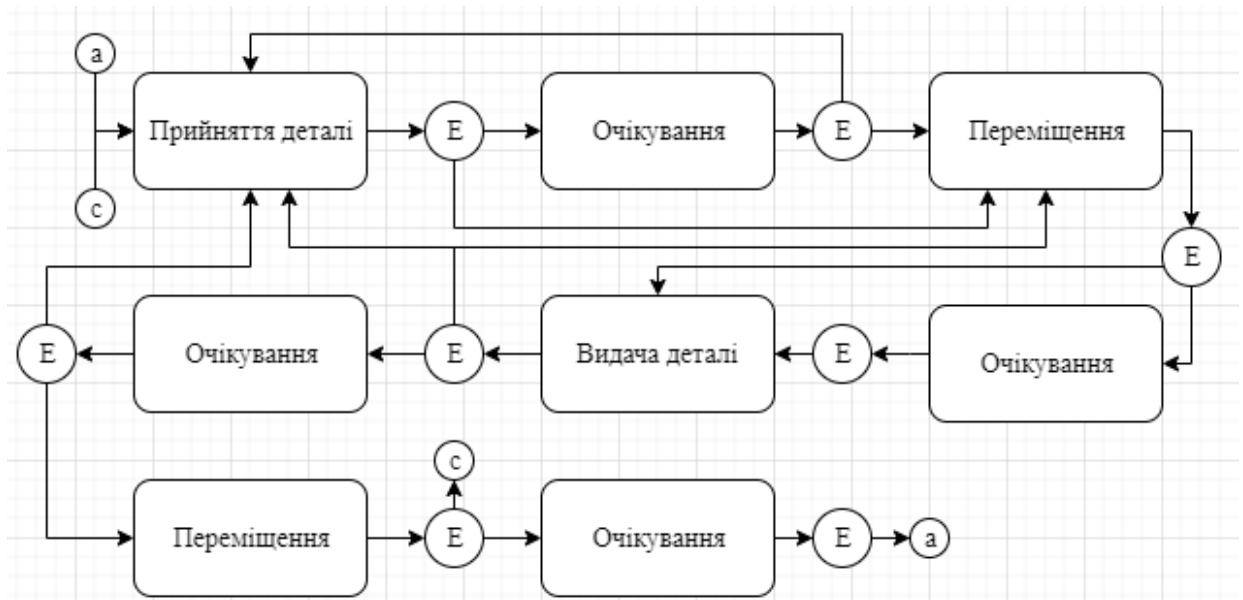


Рисунок 3.4 – Граф станів модуля транспортування

Встановимо критерій подій як закінчення E коли перебуває M_p^μ -ий модуль обладнання у $M_u^{\mu p}$ -му стані, що повинно перебувати у момент часу t ($M_u^{\mu p}$). Тоді в довільний момент часу t_r стану технологічної системи можна представити у імітаційній моделі множиною пов'язаних із її модулями подій:

$$Z_c(t_r) = \{(M_p^\mu; H_u^{\mu p}; t(H_u^{\mu p})) | \mu = \overline{1,3}, u = \overline{1, h_\mu}\} \quad (3.12)$$

У результаті, щоб відтворити рух складових матеріального потоку відповідно до операцій потоку, необхідно організувати послідовну обробку моделі конкретних подій. Ця множина включає події, які зумовлені станами компонентів технологічної системи під час проходження j_1 -ї порції a -ї партії g -ї операції її технологічного маршруту, а саме:

- висновок операції з обслуговування основного обладнання;
- висновок передавального процесу на вихідну передачу;
- завершення операції з обміну транспортної частини та іншого обладнання іншої групи;
- закінчення руху;

– завершення зміни програми (складання, обробки та керування) та/або інструменту;

- закінчення терміну служби на призначеній посаді;
- висновок про відновлення працездатності;
- завершення процесу перенесення в призначену зону;
- кінець очікування (down time).

Подія 1-7 активна, подія 9 пасивна. Завершена обробка активної події може призвести до реалізації пасивної події, але не навпаки, тому пасивні події не передбачені в моделі. Подія 8 також не передбачається, але при прогнозуванні події 1 враховується тривалість перенесення порції в робочу зону.

Організація процесу обслуговування подій у моделі, яка є модульною та включає їх передбачення, упорядкування та обробку, дозволяє багато конкретних деталей у списку подій через включення нових проблемно-орієнтованих модулів у програмне забезпечення, яке можуть бути адаптовані до змін у меті дослідження. Залежно від мети дослідження кількість розглянутих подій (стан обладнання технологічної системи) може бути змінено або зменшено відповідно до принципу дослідження процесів з дискретними станами та безперервним часом: при зміні кількості станів, інтенсивність переходу в іншу державу слід враховувати для визначення питомої тривалості перебування в зведеному стані, що дорівнює сумі питомих тривалостей перебування в зведеному стані.

3.3 Організація модельного представлення елементів ГВМ ТДС

Відповідно до вимог щодо забезпечення можливості оцінки впливу будь-якого з перелічених параметрів на продуктивність та інші атрибути TDS НВМ, створення імітаційної моделі базується на концепції моделювання функції кожного компонента модель.

Щоб продемонструвати зміни в змодельованих характеристиках ГМВ і стані елементів у моделі, вони представлені за допомогою списку так званих динамічних атрибутів. Ці списки необхідні для переходу від загального опису взаємодій між компонентами до більш детального представлення їх у машинній формі. Нижче наведено список атрибутів, які є динамічними щодо послуг виробничих предметів протягом періоду моделювання:

$$Y_1 = \{(a; TM_{ag}; T_{ag}; QP_{ag}) | a = \overline{1, N}, g = \overline{1, TM_a}\}, \quad (3.13)$$

де a – номер партії;

TM_{ag} – список типів або інв.номерів верстатів операцій маршруту обробки;

T_{ag}, QP_{ag} – відповідно час циклу обробки однієї плати і кількість плат що обробляються на кожній операції маршруту. По закінченні обробки усієї партії на черговій g -й операції зі списку виключаються параметри що їх описують $TM_{ag}; T_{ag}; QP_{ag}$.

Списки типу Y_1 , описують динаміку руху партій по операціям кожного технологічних маршрутів і застосовуються модулями оперативного календарного планування для знаходження кандидатів на обробку на вільних верстатах.

Із врахуванням концепції переходів плат обробки в ГВМ (у касетах) поглянемо на список атрибутів носія плат:

$$Y_2 = \{CR_{ij} | i = \overline{1, N_{сп}}, j = \overline{1, 11}\} \quad (3.14)$$

де CR_{i1}, CR_{i2} – тип носія і його номер серед носіїв даного типу;

CR_{i3}, CR_{i4} – номер партії і кількість встановлених плат;

CR_{i5} – тип або номер верстата наступної операції;

CR_{i6} – проміжний адреса доставки носія;

CR_{i7}, CR_{i8} – тип носія, на який необхідно переустановити дану плату на позиції комплектації;

CR_{i9}, CR_{i10} – місцезнаходження носія і кінцевий адрес його доставки;

CR_{i11} – стан носія.

Проміжна адреса CR_{i4} застосовується, якщо неможна доставити носій на задану адресу (наприклад, коли зайняті вхідний накопичувача верстата і носій буде доставлено в оперативний накопичувач). Після кінця обробки деталей на поточній операції відбувається заміна CR_{i3} на тип (номер) верстату наступної на ним операції технологічного маршруту.

Множина атрибутів, що описують інструментальне забезпечення має ГВМ ТДС вигляд:

$$Y_3 = \{IN_{ij} | i = \overline{1, QI}, j = \overline{1, 5}\}, \quad (3.15)$$

де IN_{i1}, IN_{i2} – відповідно тип і ресурс інструментального доналагодження;

N_{i3} – час який працювало обладнання;

IN_{i4}, IN_{i5} – відповідно місце розташування інструментального до налагодження і адреса її доставлення.

Множина атрибутів, яка представляє основне обладнання, позиції контрольно-виміральної апаратури і позиції комплектації, набуває вигляду:

$$A_1 = \{W_i | i = \overline{1, 11}, x = \overline{m + N_{п.к}}\}, \quad (3.16)$$

де W_1 , – номер модуля обладнання;

W_2, W_3 , – номер партії деталі що обробляється (або 0, якщо модуль простоює через відсутність пропозиції на оброблення) і кількість деталей, які мають бути оброблені;

W_4 – кількість вже оброблених деталей у даній партії;

W_5 – кількість деталей у вхідному накопичувачі і обробці;

W_6, W_7 – загальна кількість учасників процесу, у тому числі кількість транспортних засобів із деталями для цього модуля обладнання, які перебувають у черзі на транспортний засіб, та загальна кількість деталей на цих транспортних засобах;

W_8 – кількість деталей партії з номером W_2 активізованих після призначення цієї партії на обслуговування даним модулем основного обладнання;

W_9 – раціональна кількість носіїв, які необхідні при обслуговуванні партії, на даному модулі (за умови наявності позиції комплектації);

W_{10} . – стан (0 – аварія, 1 – працездатний);

W_{11} – номер обслуговуваного носія.

Атрибути W_5, W_6, W_7 що використовуються для визначення періоду часу очікування компонента обладнання під час конкуренції з транспортними засобами, розташуванням обладнання та операторами. Для підпорядкування автомобілів моделі транспортних засобів певного типу використовується список атрибутів:

$$A_2 = \{TR_i^y | i = \overline{1, 16}, y = \overline{1, S_r}\}, \quad (3.17)$$

де TR_1^y, TR_2^y – номер транспортного засобу та його місцезнаходження (або адрес руху);

TR_3^y – стан транспортного засобу;

TR_4^y – ємність накопичувача на транспортному засобі;

TR_5^y – кількість, носіїв на борту;

$TR_6^y \dots TR_{16}^y$ – номери носіїв, прийнятих на обслуговування (але не обов'язково знаходяться на транспортному засобі).

Список атрибутів, характеризують модулі накопичення, мають вид:

$$A_3 = \{B_i^{z_1}; BC_j^{z_2} | i = \overline{1,8}, j = \overline{1,4}, z_1 = \overline{1, m_d}, z_2 = \overline{1, m_c}\} \quad (3.18)$$

де атрибути $B_i^{z_1}$ представляють децентралізовані накопичувачі; атрибути $BC_j^{z_2}$ характеризують централізовані модулі накопичення;

$B_1^{z_1}$ – номер модуля накопичення;

$B_2^{z_1}$ – ємність накопичувача;

$B_3^{z_1}$ – ємність вхідного накопичувача (або 0 при $B_2^{z_1} \neq 0$);

$B_4^{z_1}$ – ємність вихідного накопичувача (або 0 при $B_2^{z_1} \neq 0$);

$B_5^{z_1}$ – наповненість вхідного накопичувача;

$B_6^{z_1}, B_7^{z_1}$ – число транспортованих до накопичувача носіїв і кількість деталей на них;

$B_8^{z_1}$ – наповненість вихідного накопичувача;

$BC_1^{z_2}, BC_2^{z_2}, BC_3^{z_2}, BC_4^{z_2}$ – відповідно номер комірки централізованого накопичувача, кількість що знаходяться на ній деталей партії.

Списки Y_i, A_μ визначають динамічний стан елементів моделі і являються аналогами відповідних модулів ГВМ ТДС:

$$Z_A(t) = \{(t; Y_i; A_\mu) | i = \overline{1,3}, \mu = \overline{1,3}\}. \quad (3.19)$$

Отже, в довільний дискретний момент часу t функціонування імітаційної моделі описується інформацією про її поточний стан усіх елементів $Z_A(t)$ і критичних події $Z_c(t)$ пов'язаних з переходами усіх елементів у нові стани, а також логічними умовами зав'язків ES_j , які управляють поведінкою елементів моделі за умови критичних подій:

$$Z(t) = \left\{ (t; Y_i; A_\mu; M_p^\mu; H_u^{\mu p}; t(H_u^{\mu p}); ES_i \left| \begin{array}{l} i = \overline{1,3}, \mu = \overline{1,3}, \\ j = \overline{1,5}, u = \overline{1, h_\mu} \end{array} \right. \right\}. \quad (3.20)$$

Те, що відбувається під час роботи реальної продуктивної системи, взаємодія між різними компонентами обладнання та математична прогресія, яка виражається в зміні стану з часом, відтворюється в моделі ГМВ ТДС через зміну атрибутів відповідностей між ці компоненти. Ця зміна відбувається на різних властивостях події, якими керують логічні вентиля з відповідним часом затримки.

3.4 Механізми обробки заявок на транспортування

Моделювання виробничих процесів у ГМВ ТДС та дослідження поведінки системи проводяться через певний проміжок часу. Одним із найважливіших завдань при створенні моделі системи та виборі мови програмування є реалізація двох функцій:

- зміна часової координати системи (збільшення часу);
- підтримка узгодженості кожного модуля та події в системі, напр. координація їх дій.

Функціональність імітаційної моделі залежить від штучного (не реального або машинного) часу, це забезпечує необхідну логіку роботи TDS ГМВ, послідовність подій і відповідні часові інтервали між ними. Крім того, компоненти моделі машини функціонують послідовно, оскільки вони реалізовані за допомогою послідовного комп'ютера, тоді як компоненти реальної ГМВ ТДС функціонують одночасно (паралельно).

Оскільки події можуть відбуватися одночасно в різних частинах змодельованого об'єкта, для підтримки належних часових і причинно-наслідкових зв'язків необхідно створити механізм, який вказує час очікування, протягом якого можна виконати дію змодельованого об'єкта.

Задіяно два основні методи управління часом: метод фіксованого кроку та метод кроку до наступної події. При моделюванні за принципом фіксованого кроку час системи вимірюється в інтервалах заданої тривалості, тобто моделювання ведеться в нормальному часі з фіксованим кроком [38]. У

базі моделі, яка включає крок до наступної події, час змінюється з появою кожної наступної події, незалежно від часу між ними, тобто симуляція продовжується протягом часу події.

Під час створення імітаційної моделі корисно використовувати метод змінних кроків або кроків до наступної події. Це викликано значним недоліком методу фіксованого кроку в нашому випадку моделювання GVM, який полягає в принципі фіксованого кроку: він повинен бути досить малим, щоб уникнути поєднання двох неодночасних подій, які відбуваються в різні інтервали часу. Однак зменшення часу знижує вартість машини, оскільки значна частина часу відводиться на налаштування «годинників» і стеження за подіями, ці функції присутні не у всіх інтервалах. Крім того, навіть при сильному скороченні Δt дві події, які відбуваються одночасно, можуть бути поміщені в один період часу, що призводить до сприйняття їх одночасності.

У зв'язку з цим поштовхом для створення імітаційної моделі є концепція наявності всіх елементів у моделі одночасно. Цей принцип виконується в будь-який момент шляхом більш тривалого інтервалу:

$$\Delta = \min_{\psi} \{t_r - t_{\psi}\}, \psi = \overline{1, \psi'}, t_{r+1} = t_r + \Delta, \quad (3.21)$$

де ψ' – число прогнозованих на момент t_r подій;

t_{ψ} – момент часу здійснення ψ -го події;

t_r – поточний момент системного часу.

Цей спосіб розгляду реальної системи передбачає представлення процесу її функціонування як серії дискретних подій, які пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. Процес розробки моделей у часі може базуватися на двох різних підходах до роботи з подіями: безумовному та умовному. У цьому методі використовується безумовний метод контролю, коли при настанні певної події критичний момент наступної події логічно пов'язується з самою подією. Події прогноуються спеціалізованими

модулями, які обчислюють майбутнє виникнення події щодо поточного періоду часу та перераховують атрибути події разом із вимогою рівномірності часу для всіх компонентів моделі. Після завершення цих заходів модуль планування подій бере на себе роботу, ця подія потім розміщується в календарі подій відповідно до значення її найважливішого моменту. У результаті календар являє собою список запланованих подій із визначеним порядком і пріоритетом. Значення з пріоритетом є необхідним, якщо кілька подій мають однаковий системний час, подія з найвищим пріоритетом матиме пріоритет. Якщо важливі моменти та пріоритети враховані однаково, то завдання вибору події виконується за правилом FIFO. Використання значення пріоритету як атрибута подій пов'язане з орієнтацією імітаційної моделі на опис процесів, що відбуваються послідовно в умовах послідовного виконання імітації.

Як результат, переміщення позиції моделі в часі залежить від здатності модуля планування подій переглядати список календаря та вибирати подію, яка запланована на найближчий момент системного часу, напр. першим у списку та передача управління пов'язаному модулю, який змінює стан віртуальних компонентів системи, пов'язаних із часом цієї події. Системний час SL призначено для запланованого значення часу, для якого подія записана в календарі.

Процедура роботи імітаційної моделі супроводжується генерацією трьох різних запитів, що зумовлює необхідність організації першочергових послуг.

Тип 1. Запити від машин, які завершили обробку попередньої партії компонентів і потребують визначення нового кандидата для обробки. Задача створення оптимізованого план-графа руху частин у заданій структурі ГМВ ТДС у просторово-часовій області входить до класу задач, пов'язаних з календарним плануванням. Процес вирішення цього питання у функціонуванні імітаційної моделі, що використовується під час роботи ГМВ, призвів до ідентифікації різних партій деталей, які повинні бути

розпочаті та закінчені в різні часи та місця. Це дозволить вам досягти найбільшого ступеня успішності за обраним критерієм.

Фінансова та організаційна важливість завдання календарного планування є найбільшою, коли йдеться про прийняття мінімізації загального виробничого циклу для деталей $T_{ц,с}$, перелічених у програмі. Цей критерій поєднує в собі підтримку сталого і рівномірного навантаження на місяць, мінімізацію загальних термінів створення і складання деталей, розміру виробу.

Вартість незавершеного виробництва, а також будь-яке потенційне відхилення від встановленого шляху. Цей критерій стверджує, що бажаний графік плану з численних можливих розташування частин на ресурсах обробки повинен відповідати умові:

$$T_{ц,с} = \max_{ir} \{T_{ir}\} \rightarrow \min. \quad (3.22)$$

де T_{ir} – період повної обробки i -ї партії деталей для остаточної експлуатації її технологічного маршруту за r -м варіантом створення плану-графіка.

Рішення задач створення план-графу руху партій деталей, що задовольняє критерію (3.9), і черги для відправлення (коли частини мають конкуруючий інтерес у звільненому модулі обладнання) виконується в три етапи з використанням аналітичного пріоритетний метод матричного планування.

На першому етапі на основі вхідних даних визначається загальна вартість праці, пов'язана з першою $P_1(i)$ і другою $P_2(i)$ частинами його технічного маршруту. З такою ж кількістю операцій:

$$P_1(i) = \sum_{j=1}^{\frac{s}{2}} t_{ij}, \quad P_2(i) = \sum_{j=\frac{s}{2}+1}^s t_{ij}, \quad (3.23)$$

При непарній кількості операцій:

$$P1(i) = \sum_{j=1}^{\frac{s+1}{2}} t_{ij}, \quad P2(i) = \sum_{j=\frac{s+1}{2}}^s t_{ij}. \quad (3.24)$$

На другому етапі формується вихідний перелік деталей, що підлягають запуску, за одним із двох (4 для партій з багатоспрямованими технологічними шляхами) правил.

Правило 1. Із заданої множини D колекцій першими обробляються колекції з інтегральним значенням параметра $l(i) = P2(i) - P1(i)$. Вони розглядаються першими, а доступні колекції впорядковані за зростанням загальної складності їх обробки відповідно до першої частини маршруту, за якою йде друга, яка є протилежною першій. Символічно це правило представлено так:

$$D(i) = \begin{cases} 1. l(i) \geq 0, \min \rightarrow \max P1(i); \\ 2. l(i) < 0, \max \rightarrow \min P2(i). \end{cases} \quad (3.25)$$

Правило 2. Партії ініціюються в переробку за величиною зменшення різниці загальної кількості праці, необхідної для виконання операцій другої та першої частин технологічного шляху:

$$D(i) = \max \rightarrow \min l(i). \quad (3.26)$$

Правило 3. Це правило подібне до першого, але допускає чергування частин у наборі, організованому за значенням $l(i) > 0$, і $l(i) < 0$:

$$D(i) = \begin{cases} 1. l(i) > 0, \min \rightarrow \max P1(i); \\ 2. l(i) = 0, \min \rightarrow \max P1(i); \\ 3. l(i) < 0, \max \rightarrow \min P2(i). \end{cases} \quad (3.27)$$

Правило 4. У кожній підмножині частин, які визначаються межами параметра l (i), порядок їх випуску будується парами частин, кожна пара містить першу частину, яка має найбільшу складність випуску. на першій ділянці технологічного маршруту, а на другій ділянці, яка має найменшу складність випуску на першій ділянці технологічного маршруту. У результаті пари організуються в чергу за спадною різницею параметрів ($\max P_2(k) - \min P_1(k)$). При аномальній кількості компонентів остання r -та партія розміщується в черзі між сусідніми партіями. за допомогою комбінації частин у діапазоні змін l очікується значення $l(r)$. |

На третьому етапі, після запуску імітаційної моделі, проводиться розподіл черг з деталями, що передбачає вибір із черг заявника партії частин, які будуть оброблятися за рахунок вивільнених ресурсів. Процес складання розкладу на календарі моделюється за допомогою алгоритму, який базується на концепції календарних планів-графів.

Ситуаційна побудова план-графа в процесі моделювання динаміки виробничого процесу підвищує точність вашого рішення за рахунок вибору кандидатури виходячи з поточного (на момент вибору) стану виробничої системи з урахуванням шкідливих факторів (обладнання збої, вплив АТСС і т.д.).

Тип 2. Заявки на транспортні послуги. Черги запитів такого типу виникають в дискретних транспортних системах, які мають великий обсяг трафіку, але низьку частоту обслуговування. Процес вибору зі списку додатків відбувається за його пріоритетом, який визначається відносною кількістю часу, який запит провів у черзі (правило FIFO), або іншим правилом, що базується на специфіці запит.

Тип 3. Запити на збереження носіїв модулем конфігурації. Причини великої черги таких заявок і процес вибору схожі з правилами, пов'язаними з транспортними послугами. Крім того, кількість часу, зарезервованого для обслуговування основного обладнання, перераховується після вибору наступного запиту на обслуговування.

Orithms, призначені для планування перерахованих черг додатків, є окремими програмними компонентами та можуть бути замінені на розсуд користувача.

3.5 Висновок до третього розділу

У третьому розділі створюється концептуальна модель досліджуваного об'єкта, призначена для опису самого об'єкта і відображає концепцію (ідею) фундаментального характеру процесу його функціонування при розгляді в межах цілей дослідження. . Етап розробки концептуальної моделі є значущим з точки зору методології побудови імітаційних моделей, оскільки результатом некоректного уявлення про процес досліджуваного об'єкта є некоректне відтворення зазначеного процесу імітаційною моделлю.

Фундаментальні вимоги до імітаційної моделі були метафоровані:

– програма моделювання повинна продемонструвати цей ступінь повноти щодо властивостей і принципів роботи системи, що вивчається.

– розробка моделі програми повинна сприяти адаптації до змін цілей дослідження як шляхом збільшення кількості програмних компонентів або додавання нових проблемно-орієнтованих модулів до моделі, так і шляхом самостійного налаштування моделі відповідно до структури та параметрів вихідні дані системи.

- програма моделювання повинна демонструвати аналіз потенційних проектів щодо як детермінованих, так і випадкових параметрів часу;

- час, витрачений на створення моделі для дослідження конкретних структур ГМВ і виробничої програми, не повинен перевищувати кількість, необхідну для створення моделі та введення параметрів, зазначених у співвідношенні.

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Вибір середовища програмування

Програмне забезпечення було створено в середовищі програмування Microsoft Visual Studio 17 і використовувало об'єктно-орієнтовану мову програмування C# як основну мову програмування.

Microsoft Visual Studio — це серія програмних продуктів від Microsoft, які включають середовище розробки для розробки програмного забезпечення, а також кілька інших інструментів. Ці продукти полегшують розробку як консольних програм, так і програм із графічним інтерфейсом, у тому числі тих, що підтримують використання технології Forms, а також веб-сайтів, веб-програм і веб-служб, які є рідними та керованими для всіх платформ. Ці продукти підтримуються платформою .NET, а також ПК Xbox і Microsoft.

Visual Studio містить редактор коду, який підтримує IntelliSense і дозволяє легко переформатувати код. Вбудований налагоджувач може функціонувати як перший рівень аналізу, так і як кінцевий рівень аналізу. Решта вбудованих інструментів включають редактор форм, який спростить створення графічного інтерфейсу програми, веб-редактор, творець класів і творець схеми бази даних. Visual Studio дозволяє створювати та підключати сторонні програми (плагіни), які розширяють функціональність майже кожного рівня. Одним із прикладів є додавання підтримки системи контролю версій для вихідного коду (наприклад, Subversion або Visual SourceSafe), іншим є додавання нових інструментів (наприклад, для редагування та візуалізації коду на об'єктно-орієнтованих мовах програмування) або додаткових процеси (наприклад, клієнт Team Explorer, який підтримує роботу з Team Foundation Server).

C# — це мова програмування, яка є об'єктно-орієнтованою та має пов'язану з нею систему безпечного введення. В основному

використовується для програмування на платформі .NET. Розроблено Андерсом Гейлсбергом, Скоттом Вілтамутом і Пітером Голде спільно з Microsoft Research (компанією Microsoft).

Синтаксис C# подібний до C++ і Java. Мова має сувору статичну типізацію, підтримує поліморфізм, перевантаження операторів, покажчики на функції-члени класу, атрибути, події, властивості та винятки. Переймаючи багато функцій від своїх попередників - мов C++, Delphi, Modula і Smalltalk - C#, виходячи з практики їх реалізації, виключає деякі моделі, які виявилися проблематичними при створенні програмних систем, наприклад, множинне успадкування класи (на відміну від C++).

C# був задуманий як мова програмування для CLR, тому він в першу чергу залежить від можливостей самого CLR. В першу чергу це стосується системи типів C#. Наявність або відсутність виразних мовних особливостей визначається тим, чи можна певну мовну функцію перетворити на відповідну конструкцію CLR. З еволюцією від версії 1.1 до 2.0 C# став складнішим, цього слід очікувати в майбутньому. Однак очікується, що ця модель буде виставлена напоказ у випуску C# 3.0, який є додатковою мовою, яка не залежить від платформи .NET. CLR має C#, як і всі інші мови на основі .NET, багато функцій відсутні в класичних мовах програмування. Наприклад, механізм збирання сміття не реалізовано в самій C#, а замість цього використовується CLR для програм C# у спосіб, ідентичний тому, як він працює для VB.NET, J# тощо.

4.2 Розробка програмного забезпечення імітаційного моделювання

Кіберфізична виробнича система – це система пов'язаних властивостей, що належать різним об'єктам: цільовим, функціональним, структурним, інформаційним та алгоритмом, що керує їх поведінкою на кожному рівні поділу. У цьому дослідженні пропонується система, яка

розкладає метасистеми на більш дрібні, більш-менш зв'язані системи, на основі перелічених ознак.

Проводячи дослідження реального комп'ютерно-інтегрованого виробництва (CIP), можна відокремити гнучку автоматизовану фабрику на окремі цехи, кожен з яких має верстат з ЧПК, які мають тісно пов'язані властивості: технологію виробництва, технологічне обладнання та комп'ютерно-інтегроване управління. . Однак важливо зазначити, що зв'язки між магазинами, порівняно з внутрішніми зв'язками між магазинами, мають менш значний вплив.

Завдяки автоматизованому процесу розбитий робочий тиждень може бути виконаний відповідно до таких ознак: розділи, які мають власні функціональні цілі; технологічні процеси та продуктивність. За допомогою методу діалектичного переносу на конкретному прикладі ознак розпаду системи метасистем можна виділити ознаки, які дозволять розділити систему метасистем на підсистеми:

- цільові;
- функціональні;
- організаційні;
- інфологічні;
- функціонування.

Основна роль розробника CPPS полягає у проведенні всебічного аналізу сучасних аналогів та ідентифікації фундаментальних об'єктів, виходячи з основної мети CPPS, для створення дерева рішень.

На ранніх етапах розробки CPPS, залежно від основної мети, важливо створити дерево рішень. Щоб досягти цього, розробник повинен розділити основну мету створення CPPS на менші цілі. Для цього виконується масштабний науково-дослідний проект, який зосереджується на аналізі основної мети, яка в більшості випадків має якісний і кількісний характер, виражений у вигляді низки вимог до технічної та інформаційної складових.

Згідно із запропонованою концептуально-логічною моделлю автоматизації процесу управління розробкою комплексу КПЗС, наведеною на рис. 4.1, можна зробити висновок, що на 5-му рівні розробки основною метою метасистеми (MS^0) має бути розкладаються на більш дрібні цілі, які можуть бути досягнуті кожною системою (MS^i), за умов $MS^0 \rightarrow MS^i$, які повністю відповідають основній меті. Метод досягнення цього полягає в наступному:

- проведено дослідження ознак MS^i .
- проаналізовано зв'язок між групами MS^i .
- детально досліджується потенціал досягнення основної мети MS^0 ;
- встановлено закономірності асоціації між MS^0 і MS^i .
- якісні та кількісні показники необхідності для кожної підцілі ($Q_{and}QIR_{MS^i}$) виводяться за допомогою аналітичного методу, вони можуть бути як окремими, так і об'єднаними в класи.
- розглядається потенціал для співвідношень у кластерах MS^i , ці кластери мають потенціал бути мають індивідуальні цілі. Ці показники оцінюються та обчислюється $Q_{and}QIR_{MS}$.
- модель графа будується відповідно до наступного протоколу: значення є компонентами $Q_{and}QIR_{MS}$.

Кількість цілей дорівнює кількості вузлів у цільовому наборі графа, а відношення дорівнює довжині ребра графа.

Якщо під час верифікації система параметрів підцілей MS^i більше чисельного значення параметрів головної цілі MS^0 , то розробник може вважати, що рішення про поділ основних мета MS^0 CPPS у цілі MS^i є точною.

Повний алгоритм для запропонованого методу зображено на рисунку 4.1. Для уточнення зобразимо процес моделювання за допомогою графа цілей, а створення графа цілей системи – модель цілей системи CPPS. Доцільно запропонувати рішення, які повинні бути реалізовані на кожному етапі процесу розробки CPPS: системі, підсистемі, групі та для базових цілей

на атомарному рівні системи (AEofS). Важливо відзначити, що представлення MS'_0 спричинить декомпозицію кожного рівня для збільшення розміру графа цілей, що, у свою чергу, негативно вплине на зв'язки між усіма елементами.

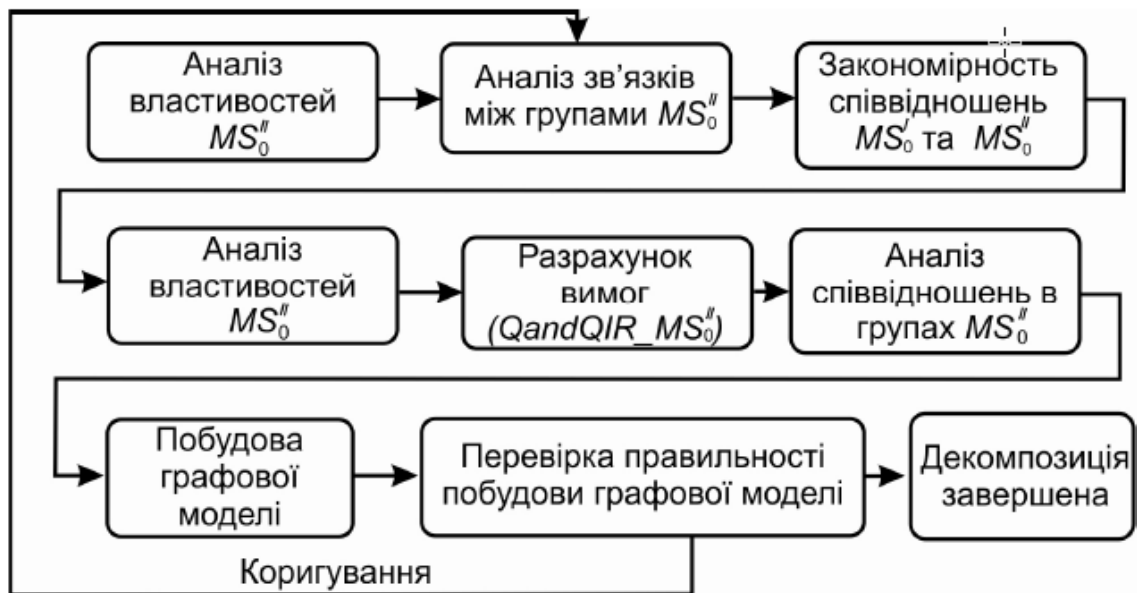


Рисунок 4.1 – Алгоритм методу розробки математичної моделі аналізу виробничих процесів

В якості мови програмування буде використовуватися мова C#, оскільки вона популярна в робототехніці, тому інформацію про необхідні функції знайти не складно. Спочатку необхідно підключити бібліотеки, їх функції буде використовувати програма:

```

using System.Collections.Generic;
using System.Drawing;

```

Простір імен System.Collections.Generic містить класи та інтерфейси, які визначають загальну колекцію об'єктів, яка дозволяє користувачам

створювати колекції з вищим ступенем безпеки та продуктивності, ніж незагальні колекції.

Простір імен System.Drawing забезпечує доступ до функцій GDI+ GUI.

Далі необхідно задекларувати для демонстрації розмір тримача касети в міліметрах.

```
const int HeightMM = 200;
const int WidthMM = 200;
const int ShiftMM = 207;
const int GuidingsShiftYMM = 75;
const int GuidingsShiftXMM = 75;
const int GuidingsRadiusMM = 15;
const int RadiusMM = 210;
```

Наступний крок оголошення змінних і властивостей ПК:

```
Size CHSizeMM = new Size(200, 200);
Size sizeMM = new Size(614, 200);
SolidBrush BrushBlack = new SolidBrush(Color.Black);
SolidBrush BrushCoral = new SolidBrush(Color.DimGray);
SolidBrush BrushGray = new SolidBrush(Color.Gray);
SolidBrush BrushRed = new SolidBrush(Color.Red);
Pen PenBlack = new Pen(Color.Black);
public List<AbstractCartridge> Cartridges { get; set; } =
```

```

    new List<AbstractCartridge>());
    FlagsCarrouselEvent Flags = FlagsCarrouselEvent.None;
    public Point CenterPositionMM { get; }
    private int previousAngle = 0;
    private int _angle = 0;
    public int RotateSpeed { get; set; } = 5;
    public int Angle
    {
        get { return _angle; }
        private set
        {
            if (value >= 360)
                _angle = value - 360;
            else if (value < 0)
                _angle = value + 360;
            else
                _angle = value;
        }
    }
}

```

Далі необхідно описати події за їх досягненням робота повинен виконати необхідні дії:

```

    public event EventHandler<NeedNew CartridgeEventArgs> NeedNewCartridge;
    public event EventHandler<CartridgeIsDoneEventArgs> CartridgeIsDone;

```

Щоб продемонструвати тримач касети, усі показники та координати потрібно перетворити на пікселі. Ця функція описана нижче:

```

Point centerPX = getPointPxFromMM(CenterPositionMM, sizeInPx);
Size sizePX = getSizePxFromMM(sizeMM, sizeInPx);
Size CHSizePX = getSizePxFromMM(CHSizeMM, sizeInPx);
int ShiftPX = getPxFFromMM(ShiftMM, sizeInPx);
int GuidingsShiftXPX = getPxFFromMM(GuidingsShiftXMM, sizeInPx);
int GuidingsShiftYPX = getPxFFromMM(GuidingsShiftYMM, sizeInPx);
int GuidingsRadiusPX = getPxFFromMM(GuidingsRadiusMM, sizeInPx);
int radius = getPxFFromMM(RadiusMM, sizeInPx);

```

Процедура обертання на 90 градусів і відображення всіх компонентів касети описана нижче:

```

CHs = CHs.RotateOver(centerPX, Angle);
graphics.FillCircle(BrushCoral, centerPX, radius);
graphics.FillRectangle(BrushGray, centerPX, sizePX, Angle);
graphics.FillRectangle(BrushGray, centerPX, sizePX, Angle + 90);
graphics.DrawRectangle(PenBlack, CHs[0], CHSizePX, Angle);
graphics.DrawRectangle(PenBlack, CHs[1], CHSizePX, Angle);
graphics.DrawRectangle(PenBlack, CHs[2], CHSizePX, Angle);
graphics.DrawRectangle(PenBlack, CHs[3], CHSizePX, Angle);
graphics.FillCircle(BrushBlack, CHs[4], GuidingsRadiusPX);
graphics.FillCircle(BrushBlack, CHs[5], GuidingsRadiusPX);
graphics.FillCircle(BrushBlack, CHs[6], GuidingsRadiusPX);
graphics.FillCircle(BrushBlack, CHs[7], GuidingsRadiusPX);
graphics.FillCircle(BrushBlack, CHs[8], GuidingsRadiusPX);
graphics.FillCircle(BrushBlack, CHs[9], GuidingsRadiusPX);
graphics.FillCircle(BrushBlack, CHs[10], GuidingsRadiusPX);
graphics.FillCircle(BrushBlack, CHs[11], GuidingsRadiusPX);

```

Обертанн

я тримача касети залежить від умови, що робоча касета порожня і на її місце встановлено нову касету. Фрагмент коду, який виконує цю функцію, такий:

```

void Execute()
{
    if (Flags.HasFlag(FlagsCarrouselEvent.NeedNewCartridge) ||
        Flags.HasFlag(FlagsCarrouselEvent.CartridgeIsDone) ||
        !WorkingCartridge.IsEmpty)
        return;
    Angle -= RotateSpeed;
    if (Angle - previousAngle <= 270
        && Angle - previousAngle > 180
        || previousAngle - Angle >= 90)
    {
        Angle = previousAngle - 90;
        previousAngle = Angle;
        Flags.SetFlag(FlagsCarrouselEvent.CartridgeIsDone);
        Flags.SetFlag(FlagsCarrouselEvent.NeedNewCartridge);
        NeedNewCartridge?.Invoke(this,
            new NeedNewCartridgeEventArgs(new Point()));
    }
}

```

Інші структурні елементи ГВМ ТДС прописуються подібним чином.

4.3 Експериментальна частина

Схема моделювання ГМВ ТДС представлена на рис.4.1). Моделювання GVM безпосередньо показано у вікні для моделювання.

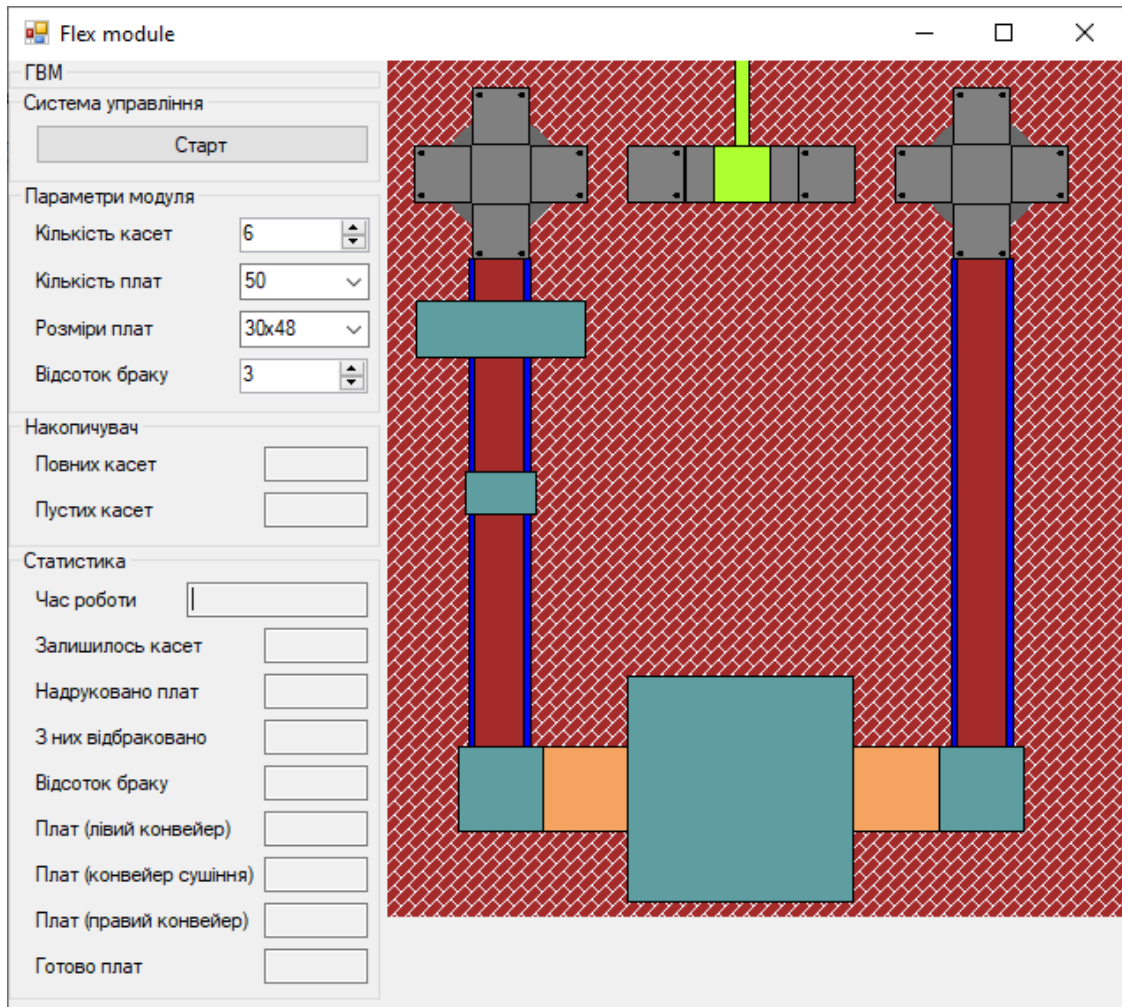


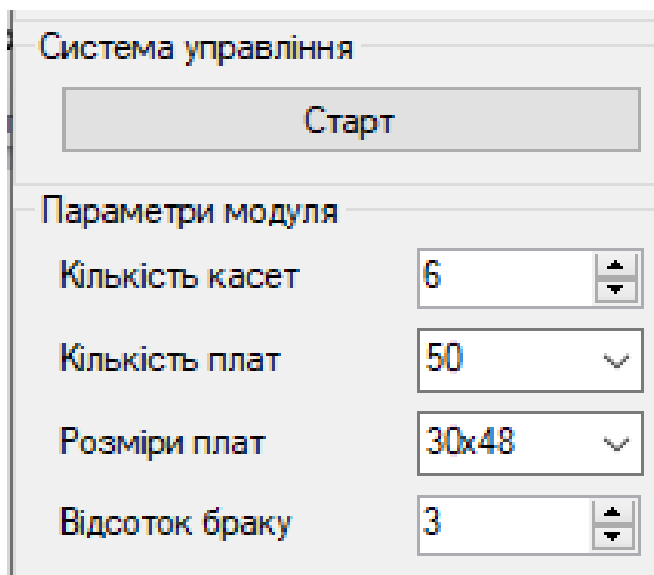
Рисунок 4.1 – Зовнішній вигляд моделювання

Вікно керування призначене для введення вихідних даних для моделювання програми та керування іншими аспектами програми (рис.4.1).

На панелі «Система управління» кнопка «Пуск» запускає процедуру моделювання. Під час симуляції кнопка продовжує натискатися. Якщо користувач бажає припинити симуляцію раніше, він може повторно натиснути ту саму кнопку, щоб зробити це.

На панелі «Параметри модуля» перераховані вихідні дані для моделювання. Ім'я кожного параметра документується перед контролером, який змінює значення параметра.

На панелі «Статистика» відображається поточна статистика моделювання (рис.4.3).



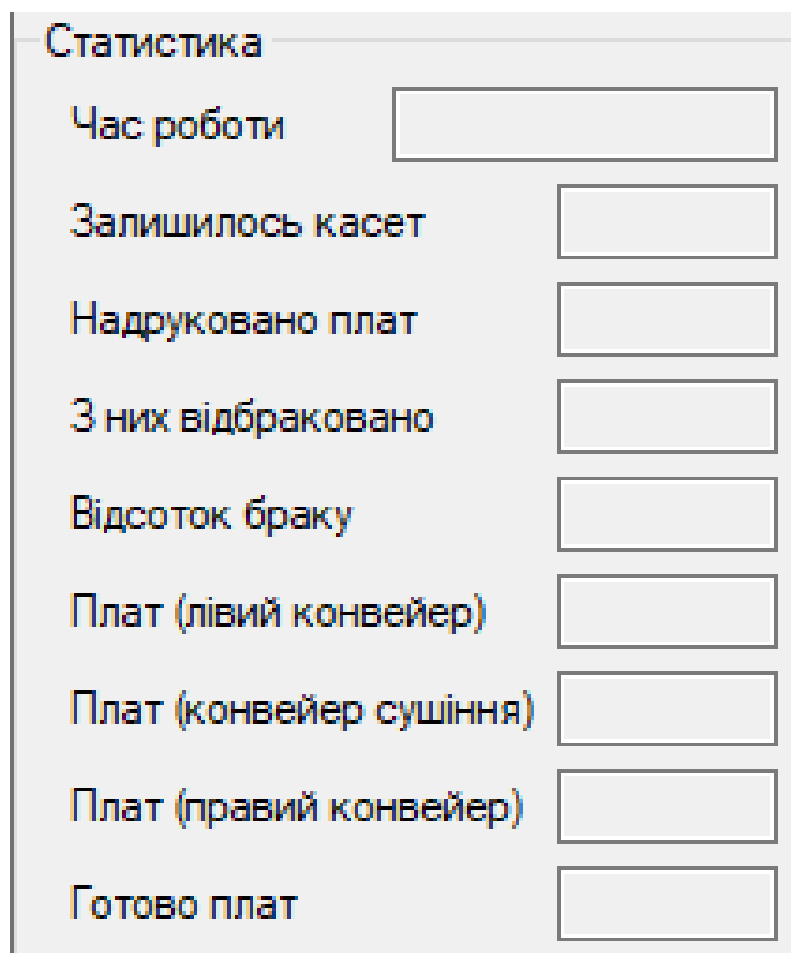
Система управління

Старт

Параметри модуля

Кількість касет	6
Кількість плат	50
Розміри плат	30x48
Відсоток браку	3

Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд вікна «Система управління»



Статистика

Час роботи	
Залишилось касет	
Надруковано плат	
З них відбраковано	
Відсоток браку	
Плат (лівий конвейєр)	
Плат (конвейєр сушіння)	
Плат (правий конвейєр)	
Готово плат	

Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд панелі «Статистика»

Панель статистики показує поточну статистику під час симуляції.

Щоб виконати моделювання, ми на початку встановимо параметри ГВМ ТДС (Таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні параметри ГВМ ТДС

Кількість касет	10
Кількість плат в касеті	50
Розмір плати	48x60, мм
Процент браку	8 %

На рисунку 4.3 показано процес роботи програми:

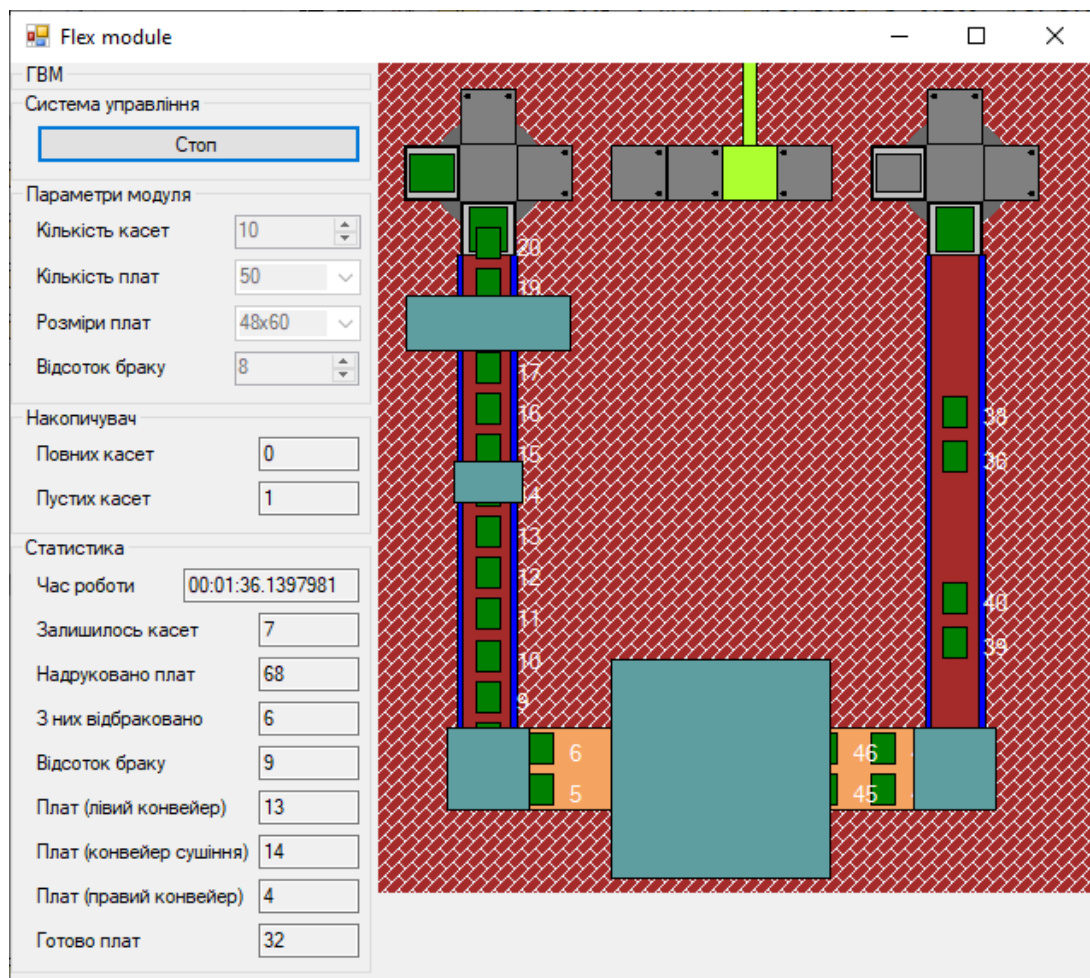


Рисунок 4.4 – Процес моделювання

Результат моделювання наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати моделювання

Час моделювання, хв	Віддруковано плат, шт	Браковано плат, шт	Відсоток браку, %	Готово плат, шт
1,00	35	2	6	2
2,00	99	10	10	60
3,00	174	20	11	126
4,00	200	21	10	148
5,00	256	28	11	198
6,00	312	30	10	250
7,00	370	35	9	302
8,00	423	40	9	354
9,00	476	50	11	396
1,00	500	55	11	445

Під час тестування було проведено моделювання ГМВ ТДС. Таким чином, кількість дефектів у 11-відсотковій популяції зросла на 455 відсотків. Програма моделювання ефективна і не має збоїв, повністю відповідає специфікаціям імітаційної моделі.

4.4 Висновки до четвертого розділу

У четвертому розділі програмна платформа Visual Studio 2017 була обрана платформою розробки програмного забезпечення. В якості мови програмування обрано мову C# та платформу .NET 4.5.

Створено програмне забезпечення для візуалізації процесу виконання виробничого завдання гнучкого виробничого модуля трафаретного друку та сушіння товстої плівки. Під час тестування було проведено моделювання

ГМВ ТДС. Всього було виготовлено 455 плат, брак браку склав 11%. Програма моделювання ефективна і не має збоїв, повністю відповідає специфікаціям імітаційної моделі.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи розглядалося завдання створення універсального виробничого модуля для трафаретного друку товстих плівкових плит.

У першій частині оцінюються структурні компоненти гнучкого виробничого модуля та їх атрибути.

У другому розділі досліджувалася система управління автоматизованим транспортуванням і зберіганням.

У третьому розділі створюється концептуальна модель об'єкта дослідження, яка призначена як модель описового типу, що описує концепцію принципової природи процесу функціонування ГМВ ТДС, коли процес розглядається в межах цілі дослідження.

Створено математичний опис роботи пристрою ГМВ ТДС. Створено модель об'єкта дослідження, яка його імітує. Побудовано діаграми стану компонента зберігання, транспортування та обслуговування. Створено програмне забезпечення для візуалізації процесу виконання виробничого завдання гнучкого виробничого модуля трафаретного друку та сушіння товстої плівки.

Під час тестування було проведено моделювання ГМВ ТДС. Програма моделювання пропонує достатню кількість деталей для опису властивостей і принципів роботи системи, що досліджується. Розробка моделі програми полегшує адаптацію програми до змін мети дослідження за рахунок збільшення обсягу програмного забезпечення за рахунок додавання нових проблемно-орієнтованих компонентів, а також за рахунок самонастроювання моделі до змін у вихідних даних і параметрах програми. система, що моделюється. Час, витрачений на підготовку моделі для дослідження конкретних структур ГМВ і створення програми, яка їх створює, не перевищує часу, необхідного для підготовки та введення перерахованих параметрів.

Враховуючи професійний досвід, отриманий під час практичної роботи на підприємстві, виникла можливість створити простий у використанні для пересічного користувача та практичний програмний продукт.

Напрями щодо додаткових удосконалень програмного забезпечення можуть включати додавання інтерфейсів для регулювання швидкості конвеєра подачі картону та сушильної печі, трафаретного друку та часу, необхідного для сушіння картону. Здатність зберігати статистику щодо модуляції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Гавриш, А. П. Гнучкі робототехнічні системи [Текст] / А. П. Гавриш, Л. С. Ямпольський, – Київ, Головне видавництво видавничого об'єднання "Вища школа", 2016. – 408с.
2. Жолобов, О.О. Технологія автоматизованого виробництва. [Текст] / О. О. Жолобов, В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2017. – 1014 с.
3. Ямпольський, Л. С. Гнучкі комп'ютерно-інтегровані системи: планування, моделювання, верифікація, управління. [Текст]/ Л. С. Ямпольський, П. П. Мельничук, К. Б. Остапченко, О. І. Лісовиченко та ін. – Житомир: ЖДТУ, 2016 – 263 с.
4. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : Підручник / М. С. Будіщев. – Львів : Афіша, 2001. – 424 с.
5. Колонтаєвський Ю. П. Промислова електроніка і мікросхемотехніка / Ю. П. Колонтаєвський, А. Г. Сосков. під ред. А. Г. Соскова. – Вид. 2-ге, виправл. і доповн. – Харків : ХДАМГ, 2003. – 281 с.
6. Костін М. О. Теоретичні основи електротехніки [Текст]: підручник у 3 т. / М. О. Костін, О. Г. Шейкіна. – Дніпро: Вид-во ДНУЗТ, 2006. – Т. 1. – 336 с; 2007.- Т.2.- 276 с; 2011. – Т.3, Ч.1. – 224 с; 2012.– Т.3, Ч.2. – 352 с.
7. Гуржій А. М. Електротехніка та основи електроніки : підручник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / А. М. Гуржій, С. К. Мещанінов, А. Т. Нельга, В. М. Співак. - Київ : Літера ЛТД, 2020. - 288 с.
8. Електрика та магнетизм : підручник / Л. Д. Дідух. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2020. - 464 с. - Режим доступу : <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31412..>
9. Автоматика та електропривод техніки реєстрації інформації [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Г. Г. Власюк, В. М. Співак, К. О.

Трапезон, В. Б. Швайчен-ко. - Київ : Освіта України, 2010. - 159 с. - Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/19129>.

10. Колонтаєвський Ю. П. Електроніка і мікросхемотехніка : підручник / Ю. П. Колонтаєвський. - Київ : Каравела, 2006. - 384 с.

11. Макаренко В. В. Цифрова та імпульсна схемотехніка. Моделювання та аналіз : навч. посіб. для студентів, які навчаються за напрямом підготовки «Акустотехніка» [Електронний ресурс] / В. В. Макаренко, В. М. Співак ; НТУУ «КПІ». - Київ : НТУУ «КПІ», 2015. - 314 с. - Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19099>.

12. Панчевний Б. І. Загальна електротехніка: теорія і практика / Б. І. Панчевний, Ю. Ф. Свергун. - 2-ге вид. - Київ : Каравела, 2004. - 440 с.

13. Воробйова О. М. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб. / О. М. Воробйова, Ю. В. Флейта. - Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2018. - 208 с.

14. Бойко В. І. Мікрокомп'ютерна техніка / В. І. Бойко, А. Т. Нельга. - 2-ге вид. - Київ : Науково-методичний центр вищої освіти, 2008. - 254 с.

15. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: Підручник / Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк; За ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.: іл.

16. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г.,Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

17. Експлуатація машин і обладнання: Навчальний посібник / Ружицький М.А., Рябець В.І., Кіяшко В.М. та ін. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 617 с.

18. Матвійчук А. Я. Електротехніка: навчально-методичний посібник/ Матвійчук А. Я., В. Л. Стінянський; Вінницький державний педагогічний університет ім. М.Коцюбинського.– Вінниця, 2017. -270 с.

19. Загальна електротехніка з основами автоматики: Навчальний посібник / Т.В.Левченко. – К., 2010. – 358 с.

20. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 404 с.
21. Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлєв та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.
22. Електроніка та мікросхемотехніка: Навчальний посібник / За ред. проф. В.Ф. Яковлєва. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 329 с.
23. Паначевний Б.І., Свергун Ю.Ф. Загальна електротехніка: теорія і практикум. - К.: Каравела, 2003. – 440 с.
24. Монтаж електрообладнання і систем керування / За заг. ред. проф. Яковлєва В.Ф. – К.: Аграрна освіта, 2009. – 348 с.
25. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник/ П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грічаненко та ін. –К. : Аграрна освіта, 2014. – 506 с.
26. Електроніка і мікропроцесорна техніка / Сенько В.І., Лисенко В.П., Юрченко О.М., Лукін В.Є., Руденський А.А. — К. : «Агроосвіта», 2015. — 676 с.
27. Електропостачання агропромислового комплексу : підруч. / Козирський В.В., Каплун В.В., Волошин С.М. – К. : Аграрна освіта, 2011. – 448 с.
28. Ремонт машин та обладнання : підручник / [Сідашенко О.І. та ін.]; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. – К. : Агроосвіта, 2014. – 665 с.
29. Комп'ютери та комп'ютерні технології : навч. посіб. Ч. 1. Програмування в математичному пакеті MathCAD / В.П. Лисенко. І.М. Болбот. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 229 с.
30. Костинюк Л.Д. Моделювання електроприводів/ Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2004. - 404 с.
31. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. Підручник/ В.І. Ткачук. - Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2006. - 440 с.

32. Півняк Г.Г. Сучасні частотно-регульовані електроприводи зі широтно- імпульсною модуляцією: Монографія/ Г.Г. Півняк, О.В Волков.. - Дніпропетровськ, НГУ, 2006. - 470 с.
33. Ісікова, Н. П. Проектування інформаційних систем [Текст] : навч. посіб. / Н. П. Ісікова, Т. В. Решетняк. — Краматорськ : ДДМА, 2020. — 111 с.
34. Мікропроцесорна техніка : підручник / Ю. І. Якименко, Т. О. Терещенко, Є. І. Сокол та ін. / за ред. Т. О. Терещенко. – Київ : Політехнік, 2003. – 440 с.
35. Бойко В. І. Мікрокомп'ютерна техніка / В. І. Бойко, А. Т. Нельга. - 2-ге вид. - Київ : Науково-методичний центр вищої освіти, 2008. - 254 с.
36. Електричні машини і апарати: навчальний посібник / Ю.М. Куценко, В.Ф. Яковлєв та ін. – К.: Аграрна освіта, 2011. – 449 с.
37. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник/ П.В. Волох, М.П. Цоколенко, Л.В. Ревенко, В.А. Грічаненко та ін. –К. : Аграрна освіта, 2014. – 506 с.
38. Мілих В.І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : підручник / В.І. Мілих, О.О. Шавьолкін; за ред. В.І.Мілих. – Київ : Каравела, 2012. – 688 с.
39. Мілих В.І. Електротехніка та електромеханіка / В.І. Мілих. – Київ : "Каравела", 2006. – 376 с.
40. Андрієнко В.М. Електричні машини : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., які навч. за напрямом підгот. «Електротехніка та електротехнології» / В.М. Андрієнко, В.П. Куєвда. – К. : НУХТ, 2010. – 366 с.
41. Загірняк М.В. Електричні машини : підручник / М. В. Загірняк, Б. І. Невзлін. – Київ : Знання, 2009. – 399 с.
42. Електричні машини : підручник / Б.Т. Кононов, Г.І. Лагутін, О.Б. Котов та ін.; за заг. ред. Б.Т. Кононова. – Харків : ХУПС, 2015. – 493 с.
43. Яцун М.А. Електричні машини : навч. посіб. для студ. базового напрямку «Електромеханіка» / М.А. Яцун – 2-ге вид., стер. – Львів : Видво Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2004. – 440 с.

44. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек – Л. : Энергия, 1974. – 840 с. 11. Кацман М.М. Электрические машины : учеб. для студентов сред. проф. учебных заведений / М.М. Кацман - 3-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 2001. – 463 с.

45. Щерба А.А., Поворознюк Н.І. Електротехніка. Частина І. Електричні кола.: Посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Київ: ТОВ "Лазурит-Поліграф", 2011. – 384 с.

46. Бойко В. С., Бойко В. В., Видолоб Ю. Ф. та ін. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 1: Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2004. – 272 с.

47. Бойко В. С., Бойко В. В., Видолоб Ю. Ф. та ін. Теоретичні основи електротехніки. Підручник: У 3 т.; Т. 2: Перехідні процеси у лінійних електричних кіл із зосередженими параметрами. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2008. – 224 с.

48. Петренко І.А. Основи електротехніки та електроніки: Навч. посібник для дистанційного навчання: у 2 ч. – Ч.1: Основи електротехніки. – К.: Університет «Україна», 2006. – 411с. Ч.2: Основи електроніки. – К.: Університет «Україна», 2006. – 307 с.

49. Малинівський С.М. Загальна електротехніка. – Львів: Видавництво Національного ун-ту “Львівська політехніка”, 2001. – 594 с.

50. Електротехніка та електроніка. Теоретичні відомості, розрахунки та дослідження за підтримкою комп'ютерних технологій: Навчальний посібник. / А.А. Щерба, В.М. Рябенський, М.Є. Кучеренко, К.К. Побєдаш. В.І. Чибеліс, А.Т. Кінаш, Л.В. Солобуто: За заг. ред. А.А. Щерби та В.М. Рябенського. – К.: «Корнійчук», 2007. – 488 с.

51. Васильєва Л.Д., Медведенко Б.І., Якименко Ю.І. Напівпровідникові прилади: Підручник. – К.: ІВЦ, “Видавництво «Політехніка»”, 2003. – 388 с.

52. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для студентів вищ. закл. освіти у 4-х т. Під ред. В. І. Сенька. – Т.1: Елементна база електронних пристроїв. – К.: ТОВ “Видавництво Обереги”, 2000.– 300 с.
53. Навчально-методичний посібник з курсу “Електротехніка”. Розділ “Розрахунок лінійних кіл постійного струму” / укл. Щерба А. А., Грудська В. П., Спінул Л.Ю - К.: ІВЦ «Політехніка».- 2004.
54. Навчально-методичний посібник з курсу “Електротехніка”. Розділ “Розрахунок лінійних кіл однофазного синусоїдного струму” / укл. Щерба А.А.,Грудська В. П., Спінул Л.Ю. - К.: ІВЦ «Політехніка».- 2004.
55. Навчально-методичний посібник “Взаємна індукція у колах змінного струму ”. / укл. Щерба А.А., Грудська В. П., Чибеліс В.І., Спінул Л.Ю. - К.: ВПЦ «Політехніка».- 2006.
56. Розрахунок електричних кіл постійного струму. Навчальне видання. / Уклад.: І.А. Курило, І.Н. Намацалюк, А.А. Щерба. – К.: НТУУ “КПІ”, ФЕА, 2006. – 51 с.
57. Розрахунок електричних кіл синусоїдного однофазного струму. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт. / Уклад.: І.А. Курило, І.Н. Намацалюк, А.А. Щерба. – К.: НТУУ “КПІ”, 2004. – 82 с.
58. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теоретичних основ електротехніки: цикл 1./ Укл. А.А. Щерба, В.С. Бойко, В.І. Чибеліс, І.А. Курило.– К., НТУУ "КПІ", 2008. – 28 с.
59. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теоретичних основ електротехніки: цикл 2./ Укл. А.А. Щерба, В.С. Бойко, В.І. Чибеліс та інші. – К., НТУУ "КПІ", 2008. – 36 с.
60. Метельский В.П. Електричні машини та мікромашини/ В.П. Метельский. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2001. – 600 с.
61. Шевченко В.П. Електричні машини Ч.1. Машини постійного струму/ В.П. Шевченко, Л.Я. Белікова. – О.: ОДПУ, 2000. – 120 с.
62. Шевченко В.П. Трансформатори: навч. посіб./ В.П. Шевченко, Л.Я. Белікова. – О.: Наука і техніка, 2001. – 129 с.

63. Шевченко В.П. Машины змінного струму: навч. посіб./ В.П. Шевченко, Л.Я. Белікова. – О.: Наука і техніка, 2005. – 270 с.
64. Modelowanie komputerowe i obliczenia współczesnych układów automatyzacji [Text] / R. Tadeusiewicz, G. Piwniak, W. Tkaczow, W. Szaruda, K. Oprzędkiewicz. – Kraków, 2004. – 335 p.
65. Ткачов, В.В. Технічні засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб. / В.В. Ткачов, В.П. Чернишев, М.М. Одновол. – Д.: НГУ, 2008. – 174 с.
66. Автоматизація технологічних процесів підземних гірничих робіт: підручник /А.В. Бубликов, М.В. Козарь, С.М. Проценко та ін.; під заг. ред. В.В. Ткачова. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 304 с.
67. Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів : Конспект лекцій. / В. П. Маршуба. – Харків : НТУ «ХПІ», 2023. – 550 с.
68. ПІД-регулятори – для чайників-практиків [Електронний ресурс] – Режим дрступу: [www/ URL: иhttp://we.easyelectronics.ua/Theory/pid-regulatory--dlya-chaynikov-praktikov.html/](http://www.easyelectronics.ua/Theory/pid-regulatory--dlya-chaynikov-praktikov.html) – 08.11.2024 р – Заголовок з екрану.
69. Лінеаризація диференціальних рівнянь. Форми запису диференціальних рівнянь автоматичних систем. Функціональна схема і її перетворення [Електронний ресурс] – Режим дрступу: [www/ URL: http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/2519/Binder1.pdf/](http://univer.nuczu.edu.ua/tmp_metod/2519/Binder1.pdf/) – 10.11.2024 р – Заголовок з екрану.
70. Мікропроцесорні автоматичні системи регулювання. Основи теорії та елементи [Електронний ресурс] – Режим дрступу: [www/ URL: http://scask.ua/q_book_mic.php?id=30/](http://scask.ua/q_book_mic.php?id=30/) – 11.11.2024 р – Заголовок з екрану.

Додаток А

Стаття у фаховому журналі (подана до редакції журналу «Вимірювальна та обчислювальна техніка у технологічних процесах»)

РАДЕЛЬЧУК Галина

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0002-9728-4390>
gal_2015@ukr.net

МАКАРИШКІН Денис

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0003-3447-811X>
makaryshkinde@khmnu.edu.ua

СЛИВА Артур

Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0009-0004-0930-7823>

ШЕЛЕСТИНСЬКИЙ Олександр

Хмельницький національний університет

РОЗРОБКА МОДЕЛІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА ТОВСТОПЛІВКОВИХ ПЛАТ

Створена концептуальна модель досліджуваного об'єкта, призначена для опису самого об'єкта і відображає концепцію (ідею) фундаментального характеру процесу його функціонування при розгляді в межах цілей дослідження. Етап розробки концептуальної моделі є значущим з точки зору методології побудови імітаційних моделей, оскільки результатом некоректного уявлення про процес досліджуваного об'єкта є некоректне відтворення зазначеного процесу імітаційною моделлю.

Ключові слова: математична модель, автоматизоване виробництво, товстоплівкова плата, мікрозборка.

**RADELCHUK Halyna, MAKARYSHKIN Denys, SLYVA Artur,
SHELESTINSKY O.V.**
Khelnytsky National University

DEVELOPMENT OF A MODEL OF A CONTROL SYSTEM FOR AUTOMATED PRODUCTION OF THICK-SHEET BOARDS

A conceptual model of the studied object has been created, designed to describe the object itself and reflects the concept (idea) of the fundamental nature of the process of its functioning when considered within the framework of the research objectives. The stage of developing a conceptual model is significant from the point of view of the methodology for building simulation models, since the result of an incorrect idea of the process of the studied object is an incorrect reproduction of the specified process by a simulation model.

The fundamental requirements for a simulation model were metaphosed:

– the modeling program must demonstrate this degree of completeness regarding the properties and principles of the system under study.

– the development of a program model must facilitate adaptation to changes in the research objectives both by increasing the number of program components or adding new problem-oriented modules to the model, and by independently adjusting the model in accordance with the structure and parameters of the system's output data.

- the simulation program should demonstrate the analysis of potential designs for both deterministic and random time parameters;

- The time spent on creating a model to study specific HVM structures and production program should not exceed the amount required to create the model and enter the parameters specified in the relationship.

Keywords: Mathematical model, automated manufacturing, thick-film board, microassembly.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Економічні та технологічні переваги товстоплівкових мікроборок (ТМ) над іншими мікроелектронними технологіями призвели до популярного використання цих компонентів у радіоелектронних пристроях. Мікророзбирання зменшує трудомісткість і вартість технологічного обладнання, підвищує експлуатаційну ефективність виробів і знижує трудомісткість виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Мікробірки використовуються в цифровому обладнанні, яке використовує багат шарові листи провідників, у лінійних пристроях, які використовують резистивні компоненти в поєднанні з багат шаровими листами, у силових і високовольтних пристроях. Як правило, виробництво ТМ є маломасштабним. Створення автоматизованих виробництв спецтехніки в цих умовах матиме значний вплив на ефективність виробництва. Як наслідок, дослідження в галузі трафаретного друку та сушіння товстих плівкових плит є значними. [1, 2]

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Основним завданням створення автоматизованого виробництва товстоплівкових мікробірок є автоматизація виробництва, управління виробництвом, транспортуванням і зберіганням.

Формулювання цілей статті

Впровадження розробки має призвести до підвищення ефективності виробництва при масовому та дрібносерійному виробництві товстоплівкових мікроагрегатів, що часто змінюють асортимент продукції.

Виклад основного матеріалу

У технологічному процесі багат шаровість провідників досягається циклічною схемою дій, що передбачає нанесення шарів схеми методом трафаретного друку з подальшою їх термічною обробкою (сушіння або випал). Для забезпечення консистенції міжшарової ізоляції її накладають і продувають 3 рази. Надійності міжшарових переходів сприяють друковані елементи, які є струмопровідними. Якість друку друкованих плат перевіряється автоматичною установкою оптичних датчиків, які порівнюють друковану схему зі стандартним зразком. Доопрацьовані багат шарові друковані плати мають автоматизовані електричні параметри [3]. Плати, з'єднані зондами, використовуються для здійснення електричного контролю.

Рамка розташовується на друкованій платі перед установкою підключеного електронного радіообладнання (ЕРБ). Це обладнання використовується для усунення впливу підвищених температур на ЕРБ під час запечатування корпусу. Плата доповнена плоскими зовнішніми виводами з чотирьох (або двох довгих) сторін.

Процедуру встановлення ЕРБ полегшують автоматизовані лінії, одна з яких встановлює ЕРБ зі складними корпусами, в тому числі мікрокорпусами, друга встановлює ЕРБ на плівкову підкладку.

Після монтажу регулюється працездатність мікровузлів, потім виконується їх герметизація.

Процес герметизації корпусу мікроблоків полягає в з'єднанні рами з корпусом і кріпленні кришки за допомогою механізму затягування. Життєздатним методом кріплення рами є використання обода: ізоляційна речовина вздовж форми рами, установіть раму на обід і створіть точку зіткнення скла між рамою та дошкою, розплавивши речовину. Герметизація кришки відбувається в обхід контуру лазера.

У виробництві ТМ серед багатьох інших компонентів є срібло-паладій, золотомісний і золото-паладій. працевлаштовані ювелірні вироби на основі цінних і нецінних металів і сумісні з ними ізоляційні та стійкі прикраси. До складу паст входить функціональна фаза, до складу якої входять металевий порошок, оксид, скло, органічна сполучна речовина, яка впливає на консистенцію паст, а наповнювач сприяє зчепленню шарів підкладки схеми конструкції та нижніх шарів. Пасты, які використовуються в комбінації для створення мікробірок, повинні мати сумісний хімічний склад і стиль обробки під час створення схем.

Залежно від кількості шарів провідника, типорозміру плати (підкладки), використовуваних речовин і основи мікробірок, наявності або відсутності резисторів, способу кріплення каркаса до плати, доступних варіантів реалізації мікровузлів, маршрут, яким змінюються технологічні процеси.

Гнучкий виробничий модуль для трафаретного друку та сушіння товстоплівкових плат (ГВМ ТДС)

призначений для виробництва товстоплівкових багат шарових плат і резистивних компонентів методом попереднього нанесення речовини, що сприяє сушінню, наприклад припою або інший тип пасту на керамічну, металеву чи іншу основу.

Призначенням ГВМ ТДС є комплекс пристроїв, який сприяє автоматичному завантаженню підкладок, які вставляються в касети, а потім передаються на пристрій трафаретного друку. Ці пристрої використовуються для програмування технологічних можливостей ГВМ ТДС і зміни трафаретів, суміщення шарів, подачі паст в зону друку, сушіння шарів і завантаження підкладок в касети вивантажувального пристрою. ГВМ ТДС можна інтегрувати в ГВМ ТДС або як окремий технічний пристрій.

Під час роботи модуль виконує такі технологічні дії:

- інтеграція програмного забезпечення, можливості вмикання та вимкнення ГВМ ТДС;
- переконання, що робот-маніпулятор має можливість завантажувати картки введення з шаблонами та видаляти порожні картки;
- автоматичне завантаження субстратів з касет і індивідуальний розподіл їх на конвеєр для транспортування.
- почергова подача підкладок на позицію друку та їх автоматичне фокусування.
- автоматичне розміщення сітчастих візерунків в області друку;
- автоматичне або ручне визначення параметрів тиску, пов'язаних із ракелем, швидкістю прямого та зворотного руху ракеля, підкладкою трафарету та зазором між трафаретом та підкладкою;
- розрахунок кількості використань;
- автоматичне зв'язування креслення схеми з підкладкою;
- автоматична подача речовини в зону руху ракеля;
- складання схеми фігури;
- автоматизоване виявлення оптичних дефектів при нанесенні паст;
- автоматичне видалення дефектних плат;
- формування багаторядної послідовності підкладок, які передаються на конвеєр сушильної печі.
- процес нанесення висохлої пасту на потрібне місце;
- зняття підкладок з конвеєра сушильної печі та створення одного ряду підкладок;
- індивідуалізація способу завантаження субстратів у касети біля виходу.

Контролер автоматизованої транспортної системи (АТС) складається з двох компонентів. Нижній рівень складається з пристроїв, які керують роботами, що транспортують речовини (ТР), і мобільних компонентів маршруту, які позначені стрілками, колами та іншими пристроями. Вищий рівень системи управління АТС вирішує питання планування транспортного потоку на колії, відстеження поточного стану компонентів АТС та суміщення їх роботи. Унікальність полягає в тому, що ці завдання повинні виконуватися в реальному масштабі часу параметрів технологічного процесу. [2-4]

Перший рівень складається з комплексу, який побудований на базі комп'ютерної системи, його основна функція - отримання інструкцій (команд) від оператора АТС або вищого рівня ГВС. Розпорядження щодо перевезення вантажу між двома адресами виконуються в кілька етапів.

- створення шляху для руху ТР по колії;
- аналіз складу ділянок маршруту, що відповідають ТР подорожуючих;
- зміна компонентів доріжки (для підвісної клавіатури-автомата);
- формування керуючого сигналу для ТР, цей сигнал містить інструкції щодо руху та маніпулювання контейнером;
- передача даних до контролера ТР;
- аналіз результатів роботи ТР під час кінцевої операції;
- робота з нестандартними ситуаціями.

Склад другого рівня СУ такий:

- система електропостачання, яка складається з джерела живлення типу та електротролейної мережі;

- компонент інформаційного обміну, що включає пристрій, що використовується для індуктивного каналу, і кабель, який використовується для з'єднання інформаційних мереж уздовж шляху;
- пристрій, що регулює поведінку периферійних компонентів.

Набір функцій TP, що дозволяє автономно здійснювати транспортні дії після отримання сигналу від системи. Положення TP відносно колії вказує контролер TP за допомогою грубих і точних вимірювань. Грубий підрахунок виконується з точністю до зон, які записані на доріжці картками, які важко перфоровати, ці картки мають номер, який є специфічним для зони. Підрахунок цієї зони, процес є цифровим і використовує датчик.

Основна функція АТС реалізується за допомогою одного з двох основних режимів роботи системи - автоматичного або оперативного. В робочому режимі додатки, що стосуються транспортування, виводяться оператором з дисплея клавіатури. Крім того, він функціонує як засіб розподілу ресурсів і формування команд управління. В автоматичному режимі СУ приймає замовлення від верхнього рівня автоматизованої транспортно-складської системи (АТСС) [5]. Потік запитів реалізується за допомогою розподілених у часі інформаційних повідомлень, які містять необхідну інформацію щодо поточних вимог технологічного процесу на транспортуванні. Крім двох основних режимів роботи АТС, можуть бути реалізовані три додаткових режими: буксирування, тренування і дистанційний зв'язок з диспетчером ТП.

Режим навчання використовується під час створення статичного зображення треку. Крім того, у зовнішній пам'яті системи зберігається інформація про положення робочих точок на треку, висоту столів і орієнтацію використовуваних контейнерів.

Віддалений режим обміну дозволяє оператору АТС зі станції ТП взаємодіяти з будь-якими транспортними роботами, які підвишені.

Множина функцій, які автоматично відновлюються, включає відновлення процесу ТП у разі його збою та ремонт джерела живлення. Для локалізації наслідків збоїв у роботі бортового процесора використовується апаратний частотний дискримінатор, який запрограмований на частоту поточної ітерації алгоритму керування. Коли відбувається збій програми, програма перезапускається, що дозволяє відновити інформацію, яка була частково втрачена. Це робиться для того, щоб відновити стан процесу управління на момент збою.

Автоматизована система управління складом складається з дворівневої модульної системи. Функції найвищого рівня:

- отримання інформації від більш потужного комп'ютера (наприклад, комп'ютера) або оператора;
- автоматичний розподіл отриманої тари по камерах закладу;
- розрахунок номера комірки, що не використовується;

Процес упорядкування вмісту комірок зберігання також відомий як розподіл ресурсів.

- контроль типового терміну зберігання продукції.
- регулювання часу заповнення клітин;

Видача наказів про виконання дій:

- контроль дій укладальника.
- видача довідкової інформації залежить від запиту оператора або комп'ютера.

Верхній рівень складається з системи управління складом (СУ). Нижній рівень містить механізм керування процесом укладання та механізм звільнення контейнера.

Основні обов'язки нижчого класу:

- управління штабелером та виконання доручень від депо СУ - взяти тару з приймального столу і розмістити її у відповідній комірці в депо;
- вийняти тару з комірки складу і поставити на приймальний стіл; взяти контейнер з одного місця і поставити його в іншому.

Режим роботи системи АС може бути автоматичним, напівавтоматичним або ручним (налагодження). Незалежно від режиму роботи контролера, АС має такі можливості:

Постійно контролює вміст комірок складу, зберігаючи інформацію в базі даних, що дозволяє зберігати її в екстрених ситуаціях.

- створює «портрет» ранжування, який можна перенести на ЕОМ.
- постійно перевіряє кожен товар, як довго він лежить на складі; якщо він знаходиться там більше кількох днів, контейнер з товаром розміщується у відведеному для нього місці за принципом «першим прийшов, першим вийшов».

В автоматичному режимі вся відповідна інформація направляється через зв'язок між системою АС та комп'ютерами університету. Таким чином, з комп'ютера рівня майстер отримує завдання знайти продукт. Отримавши завдання, АС автоматично шукає відповідну зону і вибирає певну комірку. Після розрахунку номера комірки укладальник отримує завдання, в якому описується механізм звільнення тари, виконує це укладальник і переміщує завдання в призначену комірку. За запитом «портрет» композиції передається на комп'ютер [6]. У разі зіткнення стекера також передається інформація про причини зіткнення.

У напівавтоматичному режимі всі команди складаються оператором за допомогою дисплеїв, які не мають участі комп'ютера. Робота за вказівками оператора відбувається наступним чином: за запитом комп'ютера комп'ютер видасть інформацію в табличному форматі, що описує потрібну комірку.

- за типом комірок, місцем розташування продукту або ємністю, в якій він зберігається.
- перед камерою з контейнером;
- для комірок, які не мають вмісту;
- за осередком типовий термін придатності продукту перевищено.

Режим налагодження використовується під час встановлення та під час надзвичайних ситуацій. При виході з типового режиму роботи укладальника система автоматично визначає причину збою. Якщо він виходить з ладу, він перезапускається у вихідному стані, потім процес продовжується, якщо трапляється аварія, або весь комплекс, або перший стекер зупиняється. Контроль і діагностика стану складу здійснюється як програмно, так і апаратно. Управління апаратним забезпеченням здійснюється групою спеціалізованих датчиків, коли ці датчики спрацьовують, присутні два потенційних сценарії:

Якщо додаткова робота стекера може призвести до пошкодження, живлення ланцюгів живлення припиняється, а оператор повідомляється про це.

У випадках незначної несправності штабелеукладач зупиняється, а оператора повідомляється.

Причина проблеми демонструється на екрані, щоб продемонструвати несправності та скоротити період відновлення. Також існує програмне забезпечення, яке контролює виконання або невиконання команд, наприклад, рух укладача з висунутою приймальною коробкою або невиконання команди менш ніж за дві хвилини, що вважається невдачею.

Залежно від способу транспортування визначається адреса призначення вантажу, система може супроводжуватися або використовувати віддалену пам'ять.

Більш простими вважаються системи адресації, які супроводжують пам'ять. Вони найчастіше зустрічаються в системі автоматичного транспорту. Процес адресації в цих системах здійснюється шляхом намагнічування носія адреси, потім цей елемент кріпиться до візка, елемента поїзда або контейнера. У цьому випадку адреса складається з коду, який генерується магнітним полем, а залізни пластини використовуються як носій адреси. Адреса розпізнається магніточутливим датчиком, чутливим до магніту.

У імпульсних системах, які мають унікальний набір адрес, адреси розрізняються на довжину шляху до призначених пунктів призначення. Інші позиційні системи також передбачають постійну адресу. Ці системи адресації використовуються на підприємствах, технологія яких забезпечує послідовний потік деталей з обмеженою кількістю адресатів.

У системах з віддаленою пам'яттю записуючий пристрій розташовується поруч із транспортним блоком, це виключає взаємодію між пристроями, які розташовані на різних об'єктах, і тим самим підвищує надійність системи. Частина пам'яті, пов'язана з центральним сховищем даних, підключена до кожного рухомого компонента транспортної системи. Всі об'єкти, які є рухомими, мають персональну адресу. Коли оператор доставляє вантаж, він вказує адресу, яка зберігається в буфері пам'яті. Буферні комірки, які окремо опитуються розподільником. Крім того, пов'язана комірка пам'яті розташована за номером об'єкта, а код адреси

включено в неї. Коли рухомий об'єкт потрапляє в розгалужену адресу, зчитувач перевірить адресу на вимогу [6]. Після розшифровки адреса порівнюється з адресою вузла.

Залежно від способу руху по колії, можна виділити кілька варіантів систем обліку з виносною пам'яттю: спосіб руху за графіком диспетчера, за програмами, які закріплені на місці і мають «вантажнорозвантажувальний» характер та гнучкі програми транспортування. В результаті при розробці програм на основі запитів інформація про наявність вантажу, адреси розвантаження та стан накопичувачів отримується з пульта. Програми розробляються з урахуванням потреб додатків, які визначаються низкою критеріїв (аварійність, допустимий термін відправлення, оптимальність завантаження тощо). Автомобілі знаходяться в стані очікування після виконання програми. Складність цього процесу проявляється, коли необхідно змінити програму під час транспортування транспортних засобів [6].

Процес створення гнучкої програми на основі оперативних даних зводиться до простої прогулянки при заповненому накопичувачі. Коли файл завантажується, інформація про адресу вивантаження автоматично передається в ТП. При наближенні транспорту до розвантажувального маніпулятора адреса робочого місця зіставляється з адресою розвантаження. Якщо вони збігаються, робиться запит на вивантаження, і навантаження передається на запам'ятовуючий пристрій. Крім того, ви можна отримати інформацію про вантаж і адресу доставки, а також зареєструвати процедуру транспортної системи. Система централізована навколо диспетчера.

Унікальна система серед систем віддаленої пам'яті призначена для адресації вантажів за моделлю транспортної установки. У цих мережах інформація про адресу моделюється відповідно до потоку транспорту, щоб слідувати шляху вантажу транспортної системи. Коли вантаж досягає місця призначення, його адреса надсилається на дешифратор, який видасть відповідну команду. Системи адресації вантажів, в яких використовується модель, мають високий ступінь надійності, робота яких не залежить від спеціального обладнання, крім датчиків. Адресні пристрої, які мають модель, можуть зберігати інформацію не тільки про кількість і найменування вантажу в транспортній системі, але також про його місцезнаходження і порядок поїздки. Перевагою віддаленої адресації пам'яті та моделі є потенціал для автоматизованої адресації вантажів у складних, перенаселених транспортних системах, у тому числі коли різні типи транспортних систем взаємодіють одна з одною.

Концептуальна модель досліджуваного об'єкта – це описовий тип моделі, що описує концепцію (ідею) фундаментальної природи процесу, що відбувається на об'єкті. Це розглядається в рамках цілей дослідження. Етап розробки концептуальної моделі є значущим з точки зору методології створення імітаційних моделей, оскільки результатом невірної уявлення про процес досліджуваного об'єкта є некоректне відтворення зазначеного процесу імітаційною моделлю.

Об'єкт моделювання – це технологічна система, пов'язана з ГВМ ТДС, яка на основі обраної технології передбачає функціонування матеріалу (обладнання, інструменти та інформацію) та передачу інформації. ГВМ включає пристрої, які автоматично подають, завантажують і вивантажують деталі, компоненти основного обладнання (такі як пристрій трафаретного друку, пристрій оптичного керування, сушильна піч, пристрій формування потоку), а також автоматизовану систему транспортування та зберігання, ця система є централізованою, а також децентралізованою.

Кожен транспортний механізм має мінімальну місткість одного середовища. На робочому місці виділяють зони входу і виходу. Перевізникам, які мають запчастини, дозволяється вхід при вивантаженні з транспортного модуля, а на вихід після їх обслуговування.

Очікується, що всі деталі у вихідному положенні зберігаються на централізованих складах або оперативних автомобілях. При серійному виробництві плами виготовляються оптом. Кожна партія ідентифікується своїм технологічним маршрутом, який представляє кількість машин, задіяних у кожній операції, а також кількість оброблених плат, також представлена кількість післяопераційних працівників, залучених до обробки однієї плати. Плати однакового розміру обробляються за однаковими технологічними прийомами. При переході від створення нової партії до її обслуговування обладнання перенастроюється

шляхом зміни пристрою або інструменту, що використовується для його створення (за винятком випадків, коли оброблена та вхідна партія є частиною однієї асоціації реконфігурації). Крім того, інструменти та пристрої мають обмежену стабільність і повинні бути замінені після закінчення визначеного робочого періоду.

Транспортні модулі здатні працювати в режимах, які передбачають будь-який доступ до обладнання, пов'язаного з технологічною системою. Оскільки допускається обробка однієї партії на двох різних операціях її технологічного шляху, то після завершення першої операції, якщо в блоку зберігання модуля обробки є місце для наступної операції, деталь транспортується безпосередньо до цього модуля, минаючи централізований склад. Якщо місця не вистачає, порція переміщується в найближче доступне сховище, якщо місця не вистачає, порція переміщується на склад.

Імітаційна модель повинна мати такі атрибути:

- програма моделювання повинна демонструвати необхідний ступінь деталізації в описі властивостей системи та принципів роботи. Як наслідок, необхідність мати великий обсяг і різноманітну назву для вихідних даних імітаційної моделі, це дозволить аналітику оцінити коливання функціональних показників ГВМ ТДС.

- розробка моделі програми повинна сприяти адаптації до змін цілей дослідження як шляхом збільшення кількості програмних компонентів або додавання нових проблемно-орієнтованих модулів до моделі, так і шляхом самостійного налаштування моделі відповідно до структури та параметрів вихідні дані системи.

- програма моделювання повинна демонструвати аналіз потенційних проектів щодо як детермінованих, так і випадкових параметрів часу;

- час, витрачений на створення моделі для дослідження конкретних структур ГВМ і виробничої програми, не повинен перевищувати кількість, необхідну для створення моделі та введення параметрів, зазначених у співвідношенні.

Для дослідження властивостей процесу функціонування даної ГВМ математичними методами необхідно провести формалізацію цього процесу, тобто побудувати математичну модель. Створення математичної основи складається з двох компонентів. Перший компонент, формальний математичний, передбачає висунення початкових ідей (об'єктів та їхніх зв'язків) і додатковий логічний розвиток цих ідей. Другий аспект стосується переходу від справжніх до формалізованих понять, а потім назад до реальних явищ.

Складність і різноманітність процесів, що відбуваються в реальних системах, не дозволяє нам створити їх абсолютно точне математичне представлення. Формалізований математичний опис процесу функціонування системи, що формалізується, обмежується суттєвими його аспектами та ігнорує дрібніші фактори, які є несуттєвими.

Цей підхід передбачає подання математичної моделі об'єкта не у вигляді набору математичних зв'язків, а натомість подається як явний опис складу системи та набору математичних зв'язків, опису кожного компонента. Далі система формується за методом створення імітаційної моделі.

Спосіб вибору моделювання як засобу досягнення поставлених цілей вимагає визначення способу створення моделі. Метод являє собою сукупність підходів до формалізації об'єкта моделювання, заснованих на розгляді останнього як дискретного або неперервного об'єкта. У кожному випадку спосіб вибору базується на специфіці функціонування об'єкта, ці вимоги є специфічними для реальної імітаційної моделі об'єкта. Оскільки ГВМ ТДС займається поведінкою окремих компонентів технологічної системи і спосіб її функціонування пов'язаний з появою трьох різних типів черг запитів на послуги, необхідно зосередитися на дискретному підході до створення імітаційної моделі. Цей тип моделі складається з взаємопов'язаних елементів, які змінюють стани в певні моменти часу. Ці взаємодії є як прямими, так і непрямыми. Будь-яка зміна стану компонентів вважається миттєвим походженням і, отже, визначається як подія. Загальний стан системи в кожен даний момент часу виводиться із сукупності станів компонентів. Маючи знання про стан і розвиток системи, ви можете зробити висновки про поведінку в ці конкретні моменти. У результаті процедуру функціонування системи можна розглядати як серію дискретних подій, між якими встановлюються причинно-наслідкові зв'язки.

Одним з важливих аспектів структури моделі є специфічний характер механізмів, які керують кожним

із її компонентів. Спочатку важливо визначити, чи кожен компонент системи повинен мати випадковий або заздалегідь визначений процес роботи. Як правило, розглядаються лише ті елементи, які формально представлені як частина ймовірнісного процесу дослідження. Робота всіх інших компонентів системи вважається наперед визначеною.

Отримання відповіді на питання про те, чи слід створювати детерміновану або імовірнісну модель, схоже на вибір між відносно короткою тривалістю програми моделювання та відносно високою точністю відтворення досліджуваного процесу. Оскільки закони розподілу випадкових величин та їх параметри не завжди відомі, висувається гіпотеза про наперед визначений характер процесу функціонування системи, яка потім використовується для моделювання потенціалу швидкого переходу до варіанту моделювання модель, яка пов'язана з імовірнісною системою. Концепція детермінізму в системі передбачає, що при спробі прогнозування подій використовуються значення часових інтервалів, вихідні дані представлені та залишаються постійними протягом усієї тривалості моделювання.

Формалізований опис взаємодії між компонентами обладнання та компонентами матеріального потоку. Сутністю моделювання ГВМ ТДС є представлення руху компонентів матеріальних потоків у ресурсах обробки. Крім того, рух матеріальних потоків відповідає за їх збереження (обробка, складання, транспортування тощо) та збереження між ремонтами. Як наслідок, у процесі моделювання важливо імітувати зусилля компонентів ГВМ ТДС, які беруть участь у русі потоків речовин [7, 8]. Ці модулі включають модулі для обробки, контролю якості продукції, зберігання та складання, а також модулі для транспортування, які є дискретними або конвеєрними. Розрізнення модулів системи щодо їх імітації ґрунтується на їх кількісних характеристиках, а також на неповному переліку перерахованих операцій через якісну різницю між компонентами. Наприклад, службову операцію можна не враховувати зі списку конкретних операцій щодо зберігання.

При описі процедури взаємодії агрегатів використовується поняття особливих моментів часу (критичних подій), які розглядаються як дискретні під час отримання агрегатом вхідних або керуючих сигналів і під час видачі вихідних сигналів. В особливих випадках стан агрегату різко змінюється, залишаючись у стані, який не змінюється між цими випадками. Стан усієї сукупності для будь-якого даного моменту часу, включаючи нові стани в певні моменти часу, виводиться з попередніх станів сукупності за допомогою різноманітних операторів переходу.

Накопичувач деталей який можна умовно поділити на вхідну і вихідну зони із ємністю E_1 , і E_2 , відповідно. Введемо позначення $B_1(t)$ і $B_2(t)$ - заповнюваність вхідного і вихідного накопичувачів у момент часу t . Нехай $t_n^k(j)$ - час приходу j -ї деталі на k -й модуль; $t_{об}^k(j)$ - час закінчення обслуговування j -ї деталі на k -м модулем; $PR(j)$ - значення пріоритету j -ї деталі; $t_r^k(j)$ - час готовності k -го модуля до приймання (видачі) j -ї деталі; $t_{пр}^k(j)$ - тривалість зберігання j -ї деталі k -м модулем; $t_b^k(j)$ - час закінчення відновлення k -го модуля після аварії; $t_{н}^k(j)$ - час закінчення заміни зношеного інструмента на k -м модулі; t_r - поточний момент часу.

Для створення імітаційної моделі потрібно визначити список подій, обробка яких дозволяє задовольняти основні вимоги до неї. Нехай технологічна система ГВМ складається з безлічі усього обладнання $M \equiv \{m_k | k = \overline{1, QM}\}$, де k - порядковий номер модуля складових системи незалежно від його типу.

Згрупувавши пристрої за ознакою однаковості виконуваних функцій, отримуємо наступні групи модулів: основне обладнання, обладнання контролю і комплектації M^1 ; обладнання транспортування M^2 та накопичення M^3 :

$$M^1 = \{M_x^1 | x = \overline{1, m + N_{пк}}\}; M^2 = \{M_y^2 | y = \overline{1, S_r}\}; \\ M^3 = \{M_z^3 | z = \overline{1, m_d + m_w}\}; m + m_d + m_w + S_r + N_{пк} = QM. \quad (1)$$

Модуль обслуговування μ -ї групи описується списком станів:

$$H^\mu = \{H_u^{\mu p} | \mu = \overline{1, 3}, u = \overline{1, h_\mu}\}, \quad (2)$$

де h_μ - кількість станів, у яких може знаходитися p -й модуль u -ї групи у процесі виконання функцій ГВМ ТДС.

Множина станів вихідної номенклатури ТП у процесі їх виготовлення може бути описані як стани

відповідних груп обладнання:

$$\begin{aligned} H_j &= \{J_a | a = \overline{1, N}\}; J_a = \{J_{aj}, | j_1 = \overline{1, n_a}\}; \\ J_{aj_1} &= \{J_{aj_1}^g | g = \overline{1, TM_a}\}; J_{aj_1}^g = \cup_{\mu=1}^3 (H^\mu = (H_u^{\mu_1})). \end{aligned} \quad (3)$$

Запишемо критерій подій як закінчення Е тоді коли перебуває M_p^μ -ий модуль обладнання у $M_u^{\mu p}$ -му стані, який повинен перебувати в момент часу t ($M_u^{\mu p}$). Тоді у довільний момент часу t_r стан технологічної системи можна показати у імітаційній моделі множиною зв'язаних із її модулями подій:

$$Z_c(t_r) = \{(M_p^\mu; H_u^{\mu p}; t (H_u^{\mu p})) | \mu = \overline{1, 3}, u = \overline{1, h_\mu}\} \quad (12)$$

У результаті, щоб відтворити рух складових матеріального потоку відповідно до операцій потоку, необхідно організувати послідовну обробку моделі конкретних подій. Ця множина включає події, які зумовлені станами компонентів технологічної системи під час проходження j_1 -ї порції a -ї партії g -ї операції її технологічного маршруту, а саме:

- висновок операції з обслуговування основного обладнання;
- висновок передавального процесу на вихідну передачу;
- завершення операції з обміну транспортної частини та іншого обладнання іншої групи;
- закінчення руху;
- завершення зміни програми (складання, обробки та керування) та/або інструменту;
- закінчення терміну служби на призначеній посаді;
- висновок про відновлення працездатності;
- завершення процесу перенесення в призначену зону;
- кінець очікування (down time).

Подія 1-7 активна, подія 9 пасивна. Завершена обробка активної події може призвести до реалізації пасивної події, але не навпаки, тому пасивні події не передбачені в моделі. Подія 8 також не передбачається, але при прогнозуванні події 1 враховується тривалість перенесення порції в робочу зону.

Організація процесу обслуговування подій у моделі, яка є модульною та включає їх передбачення, упорядкування та обробку, дозволяє багато конкретних деталей у списку подій через включення нових проблемно-орієнтованих модулів у програмне забезпечення, яке можуть бути адаптовані до змін у меті дослідження. Залежно від мети дослідження кількість розглянутих подій (стан обладнання технологічної системи) може бути змінено або зменшено відповідно до принципу дослідження процесів з дискретними станами та безперервним часом: при зміні кількості станів, інтенсивність переходу в іншу державу слід враховувати для визначення питомої тривалості перебування в зведеному стані, що дорівнює сумі питомих тривалостей перебування в зведеному стані.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Створена концептуальна модель досліджуваного об'єкта, призначена для опису самого об'єкта і відображає концепцію (ідею) фундаментального характеру процесу його функціонування при розгляді в межах цілей дослідження. Етап розробки концептуальної моделі є значущим з точки зору методології побудови імітаційних моделей, оскільки результатом некоректного уявлення про процес досліджуваного об'єкта є некоректне відтворення зазначеного процесу імітаційною моделлю.

Фундаментальні вимоги до імітаційної моделі були метафозовані:

- програма моделювання повинна продемонструвати цей ступінь повноти щодо властивостей і принципів роботи системи, що вивчається;
- розробка моделі програми повинна сприяти адаптації до змін цілей дослідження як шляхом збільшення кількості програмних компонентів або додавання нових проблемно-орієнтованих модулів до моделі, так і шляхом самостійного налаштування моделі відповідно до структури та параметрів вихідні дані системи;
- програма моделювання повинна демонструвати аналіз потенційних проектів щодо як детермінованих,

так і випадкових параметрів часу;

- час, витрачений на створення моделі для дослідження конкретних структур HVM і виробничої програми, не повинен перевищувати кількість, необхідну для створення моделі та введення параметрів, зазначених у співвідношенні.

Література

1. Гавриш, А. П. Гнучкі робототехнічні системи [Текст] / А. П. Гавриш, Л. С. Ямпольський, – Київ, Головне видавництво видавничого об'єднання "Вища школа", 2016. – 408с.
2. Жолобов, О.О. Технологія автоматизованого виробництва. [Текст] / О. О. Жолобов, В. А. Кирилович, П. П. Мельничук, В. А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2017. – 1014 с.
3. Ямпольський, Л. С. Гнучкі комп'ютерно-інтегровані системи: планування, моделювання, верифікація, управління. [Текст]/ Л. С. Ямпольський, П. П. Мельничук, К. Б. Остапченко, О. І. Лісовиченко та ін. – Житомир: ЖДТУ, 2016 – 263 с.
4. Маршуба В. П. Механізація, автоматизація та роботизація зварювальних процесів : Конспект лекцій. / В. П. Маршуба. – Харків : НТУ «ХПІ», 2023. – 550 с.
5. Автоматизація технологічних процесів підземних гірничих робіт: А22 підручник /А.В. Бубликов, М.В. Козарь, С.М. Проценко та ін.; під заг. ред. В.В. Ткачова. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 304 с.
6. Ткачов, В.В. Технічні засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб. / В.В. Ткачов, В.П. Чернишев, М.М. Одновол. – Д.: НГУ, 2008. – 174 с.
7. Modelowanie komputerowe i obliczenia współczesnych układów automatyzacji [Text] / R. Tadeusiewicz, G. Piwniak, W. Tkaczow, W. Szaruda, K. Oprzędkiewicz. – Kraków, 2004. – 335 p.
8. Ніколаєнко, А.М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації [Текст]: навч. посіб. / А.М. Ніколаєнко, Н.О. Міняйло. – Запоріжжя: ЗДІА, 2011. – 444 с.

References

1. Havrysh, A. P. Hnuchki robototekhnichni systemy [Tekst] / A. P. Havrysh, L. S. Yampolskyi, – Kyiv, Holovne vydavnytstvo vydavnychoho obiednannia "Vyshcha shkola", 2016. – 408s.
2. Zholobov, O.O. Tekhnolohiia avtomatyzovanoho vyrobnytstva. [Teks] / O. O. Zholobov, V. A. Kyrylovych, P. P. Melnychuk, V. A. Yanovskyi. – Zhytomyr: ZhDTU, 2017. – 1014 s.
3. Yampolskyi, L. S. Hnuchki kompiuterno-intehrovani systemy: planuvannia, modeliuvannia, veryfikatsiia, upravlinnia. [Teks]/ L. S. Yampolskyi, P. P. Melnychuk, K. B. Ostapchenko, O. I. Lisovychenko ta in. – Zhytomyr: ZhDTU, 2016 – 263 s.
4. Marshuba V. P. Mekhanizatsiia, avtomatyzatsiia ta robotyzatsiia zvariuvalnykh protsesiv : Konspekt lektsii. / V. P. Marshuba. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2023. – 550 s.
5. Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh protsesiv pidzemnykh hirnychkykh robit: A22 pidruchnyk /A.V. Bublikov, M.V. Kozar, S.M. Protsenko ta in.; pid zah. red. V.V. Tkachova. – D.: Natsionalnyi hirnychyi universytet, 2012. – 304 s.
6. Tkachov, V.V. Tekhnichni zasoby avtomatyzatsii [Tekst]: navch. posib. / V.V. Tkachov, V.P. Chernyshev, M.M. Odnovol. – D.: NHU, 2008. – 174 s.
7. Modelowanie komputerowe i obliczenia współczesnych układów automatyzacji [Text] / R. Tadeusiewicz, G. Piwniak, W. Tkaczow, W. Szaruda, K. Oprzędkiewicz. – Kraków, 2004. – 335 r.
8. Nikolaienko, A.M. Mikroprotsesorni ta prohramni zasoby avtomatyzatsii [Tekst]: navch. posib. / A.M. Nikolaienko, N.O. Miniailo. – Zaporizhzhia: ZDIA, 2011. – 444 s.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Шелестинський Олександр Володимирович

Тема: Модель автоматизації процесу трафаретного друку друкованих та сушіння товстоплівкових плат

Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 87

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є створення програмного забезпечення, яке візуалізує функціонування виробничого процесу та планування виконання виробничого завдання гнучкого виробничого модуля трафаретного друку та сушіння товстоплівок.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі оцінюються структурні компоненти гнучкого виробничого модуля та їх атрибути. У другому розділі досліджувалася система управління автоматизованим транспортуванням і зберіганням. У третьому розділі створюється концептуальна модель об'єкта дослідження, яка призначена як модель описового типу, що описує концепцію принципової природи процесу функціонування ГМВ ТДС, коли процес розглядається в межах цілі дослідження. Створено математичний опис роботи пристрою ГМВ ТДС. Створено модель об'єкта дослідження, яка його імітує. Побудовано діаграми стану компонента зберігання, транспортування та обслуговування. Створено програмне забезпечення для візуалізації процесу виконання виробничого завдання гнучкого виробничого модуля трафаретного друку та сушіння товстої плівки. У четвертому розділі створено програмне забезпечення для візуалізації процесу виконання виробничого завдання гнучкого виробничого модуля трафаретного друку та сушіння товстої плівки. Під час тестування було проведено моделювання ГМВ ТДС.
4. Позитивні сторони роботи: створено програмне забезпечення, яке візуалізує функціонування виробничого процесу та планування виконання виробничого завдання гнучкого виробничого модуля трафаретного друку та сушіння товстоплівок

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється огляду існуючих технічних рішень

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) забуцька

кадровий відділення, к.т.н., доцент Києво-Рівненський Національний університет

“16” вересня 2024 р.

(підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн. наук, проф. Мартинюку В.В.

Шелестинський Олександр Володимирович

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курс, групи АКІТРм-23-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагиату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагиату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагиату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагиату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.12.2024

дата



підпис

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Олександр ШЕЛЕСТИНСЬКИЙ

Співавтор:

Назва: МКР Шелестинський

Науковий керівник: Галина РАДЕЛЬЧУК

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 19.2%

Коефіцієнт подібності 2: 10.5%

Мікропробіли: 23

Заміна букв: 12

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2024-12-16 14:27:16.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укріття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Значну частину запозичень складає список літератури

2024-12-16

Дата

експерт



Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 5.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилоч в документах: 8%

ID: 160058 Назва: МКР Модель автоматизації процесу графаретного друку друкованих та сушіння товстоплівкових плат Додано в БД: 2024-12-16 Автора: Олександр ШЕЛЕСТИНСЬКИЙ Керівники: Галина РАДЕЛЬЧУК Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	95281	746	4711 (5%)	45 (6%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Модель автоматизації процесу трафаретного друку друкованих та сушіння товстоплівкових плат

Автор: Шелестинський Олександр Володимирович

Спеціальність: 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Радельчук Галина Іванівна, кандидат технічних наук, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 15,7% і адресується до 16 джерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Валерій МАРТИНЮК

Галина РАДЕЛЬЧУК