

## АНОТАЦІЯ

### **Шепіта П.І. Моделі інформаційної технології комплексного супроводу замовлень на поліграфічних підприємствах.**

*Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.*

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії в галузі інформаційних технологій зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Українська академія друкарства, Львів, 2021.

У дисертаційній роботі розв'язане актуальне науково-прикладне завдання розроблення моделей комплексного супроводу замовлень на поліграфічних підприємствах від початкового етапу їх формалізації замовником на вебресурсі до логістичного розподілу готової продукції. Кінцевим результатом виконаних досліджень є розгортання інформаційної технології для ефективного супроводу життєвого циклу виробничого замовлення шляхом динамічної оптимізації корпоративних ресурсів та інтелектуального капіталу профільних закладів вищої освіти.

Проаналізовано тематику наукових праць з впровадження сучасних технологій та систем автоматизованого управління підприємством, його ресурсами та технічними засобами і показано недостатню повноту досліджень щодо особливостей комплексного підходу при проектуванні та розгортанні інноваційних засобів супроводу виробничого замовлення. На основі визначених чинників функціонування підприємства в новітніх умовах четвертої індустріальної революції обумовлено напрямки формування стратегій впровадження елементів Індустрії 4.0 в сучасні поліграфічні підприємства.

Укладена схема класичного функціонування поліграфічного підприємства та виявлено відсутність аналітичного апарату оптимізації технологічних процесів та централізованого доступу до корпоративних ресурсів з оптимальним розподілом навантаженості, зокрема зумовленого людським чинником, що значно уповільнює логістичні процеси життєвого циклу замовлення. З метою оптимізації

виробництва побудовано концептуальну модель комплексного супроводу замовлень на поліграфічних підприємствах, у якій виокремлено два основні кластери: всі основні етапи виготовлення замовлення охоплено кластером підприємства, а цільове коригування індивідуальної освітньої траєкторії при підготовці спеціалістів поліграфічної галузі об'єднано кластером профільних підрозділів закладу вищої освіти. Осередки виробничих ресурсів кластера сконцентровані у сегментах та охоплені потоками даних при наскрізному керуванні виробництвом.

Для проектування комплексної бізнес-моделі поліграфічного підприємства побудовано модель формування замовлення засобами розширеного вебпорталу, яка на основі внесених параметрів реалізує обчислення основних налаштувань корпоративних ресурсів. Сервіс відстеження життєвого циклу замовлення вдосконалено розробленим функціоналом супровідної візуалізації перебігу технологічних процесів, використовуваної сировини та обсягу витратних матеріалів, що забезпечує оперативне конфігурування цільового машинного парку, а також ситуативне вирішення виробничих проблем. Обумовлені етапи конструювання адміністративної частини динамічного вебсервісу відображення даних моніторингу та відслідковування виконання замовлення локалізовані у вигляді розроблених модулів проекту корпоративної вебплатформи як інтелектуального сервісу системи управління підприємством для якісного та оперативного виготовлення малотиражної поліграфічної продукції.

На основі уточнених етапів проходження замовлення для формування робочого завдання побудована розширена схема координування робочих потоків життєвого циклу замовлення, що забезпечило зведення сервісних відомостей про особливості технологічних стадій у спеціалізовані структури даних опису робочих потоків та дало змогу адмініструвати виробничий процес з профільованого терміналу автентифікованого користувача в середовищі браузера. Для розширення зв'язків між цими основними складовими виділено дві субмоделі: опрацювання замовлення та трансформації виробничого завдання.

Виявлено, що при отриманні набору інструкцій та параметрів об'єктів виробництва постала потреба ввести накопичення попередньо сформованих відомостей у певний контейнер, структурований для інтелектуальної системи управління з метою забезпечення всіх функцій багаторівневого комплексу автоматизації виробничих завдань. Відтак, обумовлений контейнер розширено та доповнено компонентами замовлення, даними для складських ресурсів, а також параметрами, які необхідні для розгортання моделі підприємства при подальшій інтеграції інформаційних потоків та засобів виробництва в єдину саморегульовану систему. В результаті забезпечується гнучкий зв'язок з оператором та комплексна взаємодія компонентів обладнання. Причому технологічна карта, підготовлена в процесі трансформування завдання, розповсюджується комунікаційними засобами каналу взаємодії з обладнанням.

Виходячи з відомостей, зібраних у контейнері, контроль якості готової продукції та подальша інвентаризація потребує належної фіксації нештатних ситуацій комплексного супроводу поліграфічного замовлення, зокрема формалізацію впливу людського чинника на життєвий цикл комплексного супроводу замовлень. Для цього побудовано структурну схему логістичних операцій, де відповідно до концептуальної моделі виділено кластер поліграфічного підприємства та кластер підготовки кваліфікованого персоналу. Відтак, виконано проектування моделі логістичних операцій поліграфічного підприємства, яка на основі встановлених параметрів та отриманого результату друку забезпечує координацію бізнес процесів для оптимального управління ланцюгом поставок. При реалізації всеосяжного взаємопроникнення технологічних стадій виробництва та супроводу поліграфічного замовлення в єдину саморегульовану систему необхідно забезпечити наявність досвідченого персоналу, кваліфікацію якого забезпечує розроблена модель підготовки здобувачів освіти.

З огляду на залежність спроектованих моделей комплексного супроводу замовлень на поліграфічних підприємствах від структурованого потоку даних, що циркулює між виробничими стадіями та забезпечує своєчасний доступ

до елементів інфраструктури та увесь спектр необхідних дій, проаналізовано наскрізний технологічний формат. Виконаний аналіз показав відсутність у JDF механізмів обумовленої фіксації нештатних ситуацій, впливу людського чинника на життєвий цикл замовлення, а також брак роботи з логістичними операціями виробництва, зокрема з вебресурсами. Задля уникнення нагромадження різного роду типів файлів, що забезпечують нормальне функціонування підприємства, удосконалено наскрізний технологічний формат, в результаті чого здійснено проектування розширеної структури даних JDFics, яка відповідає потребам проекту. В основі удосконаленої структури лежать виробничі потоки даних, охоплені класичним JDF, а також долучені відсутні логістичні компоненти.

На основі уточненого виробничого формату даних JDFics розроблено інформаційну модель системи інтелектуального координування процесів, яка формує пакет переліку зведеного обладнання, ініціалізованого для виготовлення замовлення. Відповідно до технічних даних щодо замовлення генерується список витратних матеріалів та перевіряється їх наявність, а у разі недостатньої кількості автоматично надходить сповіщення у відділ постачання, а поліграфічне замовлення переміщується вниз у черзі із збереженням виробничого завдання.

Для побудови системи управління життєвим циклом замовлення, яка відповідає всім перерахованим вимогам, постала потреба розгортання корпоративного банку знань такої системи і її механізму експертного висновку. Структуру розроблюваного банку знань вирішено організувати відповідно до обумовлених етапів. Для навчання аналітичного апарату розроблено сценарій формування бази знань, у який крім класичного способу опитування експертів відповідного напряму долучено знання, зібрані на основі моніторингу процесів та обладнання. Подальшим розвитком проекту є застосування хмарних технологій, що дозволяє об'єднувати міжкорпоративні бази знань в одну централізовану мережу, де формуються таблиці відкритого доступу у відповідності до типу обладнання, застосовуваного на крос-індустріальному просторі поліграфічних підприємств.

У свою чергу навчальна вибірка збільшується та стає гнучкішою, оскільки різні одиниці одного і того ж обладнання мають свої особливості, які можуть проявлятися в різний час, в залежності від витратних матеріалів, завантаженості агрегатів та інших фізичних впливів. Одночасно це дозволить об'єднати банки даних поліграфічних підприємств за рахунок впровадження проекрованої інтелектуальної системи управління та налагодити комунікацію для збільшення її ефективності в результаті самонавчання.

Побудовано модель формування бази знань та імітації експерта, де на основі визначеної виробничої мети опитується максимальна кількість операторів-експертів, які описують виробничу ситуацію, дають аналіз керуючих впливів, що необхідно здійснити відповідно до технологічної карти. Результати опитувань кожного з операторів експертів формуються в розроблену математичну модель, на виході якої значення порівнюються та надсилаються в блок формування величини компетентності знань. Якщо рішення про застосування керуючої дії прийнято більшістю операторів-експертів, то відповідний запис вноситься в базу знань як коректний, в іншому випадку відбувається побудова моделі для імітації експерта. З отриманих даних від експертів про поточну виробничу мету формується набір знань про об'єкт, представлений навчальною вибіркою, яка застосовується при навчанні штучної нейронної мережі, що дало змогу генерувати записи достатньої точності.

Розроблено модель експлуатації банку знань інтелектуальною системою управління, де на стадії контролю виконання операцій передбачено зв'язок з корпоративною базою знань у випадку виникнення відхилень у роботі обладнання. Далі виконується пошук рішення для проблемної ситуації та надсилається в систему для коригування виробничого процесу. Якщо ж вирішення для ситуації відсутнє або не може бути прийнятим, виникає необхідність оновити записи бази знань: таким чином реалізовано наповнення наявної бази знань на основі роботи інтелектуальної системи управління.

Виконано синтез інформаційної моделі інтелектуального управління поліграфічним підприємством з побудовою логічних зв'язків для контролю за коректністю та точністю усунення недоліків та збоїв. При повному вирішенні виробничої проблеми відповідні відомості вносяться в банк знань на випадок повторення нештатних ситуацій і з метою проведення різного роду досліджень процесів виробництва та актуалізації освітнього контенту при підготовці кваліфікованих фахівців у профільному закладі.

З метою забезпечення ефективного супроводу поліграфічного замовлення в структуру інтелектуальної системи управління інтегровано конвертор корпоративних даних. Запропонований конвертор охоплює відомості про мету управління, отримує дані з об'єкта управління та використовує інформацію про зовнішнє середовище. Для синтезованої моделі міжкомпонентної комунікації у системі управління реалізовано розподіл взаємодії нейроконтролерів з обладнанням в залежності від типу та характеристик, якими наділений об'єкт управління, що збільшує швидкодію системи управління. Прийняття рішення реалізовано в блоці конвертора корпоративних даних, який отримує і опрацьовує дані про зовнішнє середовище з системи датчиків.

Для ефективного розгортання інформаційної технології комплексного супроводу замовлень на поліграфічних підприємствах побудовано математичну модель прийняття рішення, яка враховує ряд виробничих чинників, а її застосування пришвидшує генерування управляючої дії, зокрема сигналу керування для коригування виконавчих механізмів. Визначено й розширено мережеві механізми інтегрування накопичених відомостей виробничого процесу в академічну базу методичних матеріалів, що дало змогу адаптувати вдосконалений формат наскрізного керування виробництвом JDFics для розгортання інтерактивних супервізорних систем шляхом якісного розширення функціоналу комп'ютеризованих навчальних платформ експериментальних досліджень.

Укладено аналітичні моделі класів компонентів віртуального лабораторного стенду, елементи яких представляють властивості та методи при візуалізації й подальшому опрацюванні взаємодіючих екземплярів базових локацій

предметної області, забезпечуючи стійкість та керованість системи за рахунок чіткого розподілу функціональності, що розширює цільове призначення віртуальної платформи та збільшує кількість освітніх дисциплін академічного курсу, охоплених проєктованим медіаресурсом. Розроблено оригінальну методику проєктування клієнт-серверної платформи навчального експерименту з оперативним долученням результатів виробничої телеметрії для адаптації вмісту навчальних вправ та компонентів досліджуваної предметної області до стандартів і вимог профільної галузі промисловості, що підвищило ефективність віртуальних комп'ютеризованих середовищ реалізації лабораторних практикумів та відповідно поліпшило якість підготовки інженерно-технічних працівників, навчаючи їх на прикладах з реального виробництва.

На основі побудованої схеми координування робочих потоків життєвого циклу замовлення реалізовано логістичну модель відстеження стану технічних активів поліграфічного підприємства, що дало змогу реалізувати інструментарій клієнтських інтерфейсів на базі стаціонарних та мобільних платформ для дистанційного керування виробничими стадіями поліграфічного підприємства з віддаленим доступом до об'єктів мережевої інфраструктури, яка координує сукупність пристроїв і зв'язків між ними, реалізуючи безперешкодне та якісне виконання технологічних процесів закладу оперативної поліграфії. Виконане інтегрування технології RTLS на базі розроблюваного проєкту індустріального Інтернету речей дозволило впорядкувати логістичну модель опрацювання матеріальних активів, забезпечивши відстеження в реальному часі динаміки обігу сировини та витратних матеріалів засобами кінцевих терміналів локальних обчислювальних платформ та робочих станцій операторів-технологів на основі їх автоматичної ідентифікації.

Сформульовано шаблони корпоративних групових політик, відповідно до яких розділено права користувачів за профілями згідно зі службовими повноваженнями персоналу, що дало змогу спроектувати персоніфіковані електронні кабінети на корпоративній вебплатформі, які зокрема містять елементи керування для оперативного долучення експертного рішення до розробленого банку знань.

Скомпоновано об'єктно-орієнтований інтерфейс середовища медіаплатформи експериментальних досліджень для актуалізації навчально-методичного контенту галузевих закладів освіти з залученням корпоративних активів поліграфічного підприємства та ініціалізацією доповняльних академічно орієнтованих користувацьких профілів.

Дістала подальший розвиток модель координації взаємодії між фаховим персоналом, обладнанням, сировиною та витратними матеріалами, яку реалізовано накопиченим досвідом нейронних мереж, що гарантує оптимізацію виробничих ресурсів та інтелектуального капіталу профільного закладу освіти. Спроектовану інтелектуальну систему покладено в основу інформаційної технології ефективного супроводу життєвого циклу виробничого замовлення, що поліпшило координацію між підрозділами підприємства, уточнило маршрутизацію інформаційних та матеріальних потоків, розширило структуру корпоративного банку знань, актуалізованого засобами вдосконаленого формату наскрізного управління виробництвом JDfics, посилило конкурентоспроможність підприємства та позиціонування його вебпорталу, підвищивши цільовий трафік, збільшивши швидкість виготовлення та доставки готової продукції та забезпечивши зростання обсягу замовлень на 18% та підвищивши успішність майбутніх фахівців в оволодінні предметною областю в середньому на 30÷35%.

Текст програмних модулів інформаційної технології комплексного супроводу замовлень написаний у середовищі розробки Embarcadero Delphi із застосуванням бібліотеки компонентів TeeChart та VBA для терміналів на базі стаціонарних платформ; Processing/Wiring для локальних одноплатових комп'ютерів; NodeJS із застосуванням менеджера пакетів NPM та фреймворку Ionic з відображенням HTML, CSS та JavaScript як нативних компонентів інтерфейсу кінцевого терміналу для мобільних платформ; Adobe DreamWeaver для написання фронтенду вебплатформ.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, поліграфічне замовлення, бізнес-модель, виробничий процес, автоматизована система управління, нейронні мережі, аналітичний апарат, наскрізний виробничий формат, банк знань, експертні висновки, штучні медіаплатформа навчального експерименту, галузевий освітній заклад.