МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ЕКОНОМІЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ

Кваліфікаційна робота

магістра

на тему МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ КОМПАНІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ERP-СИСТЕМИ

Виконав студент II курсу, групи 8.0514-ек
спеціальності 051 «Економіка»
освітньої програми «Економічна кібернетика»
Брусенцев Владислав Володирович
Керівник к.е.н., доцент Макаренко О.І.
Рецензент зав. каф. ек. кіб., д.е.н, професор
Максишко Н.К.

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет економічний
Кафедра економічної кібернетики
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 051 «Економіка»
Освітня програма «Економічна кібернетика»
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
(підпис)
«____»_____2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Брусенцеву Владиславу Володировичу

1. Тема роботи Моделювання процесу планування виробництва фармацевтичної компанії з використанням ERP-системи
керівник роботи – к.е.н., доцент Макаренко Олена Іванівна
затверджені наказом ЗНУ ЗНУ від «25» березня 2025 року № 439-С
2. Строк подання студентом роботи: 01 грудня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: постановка завдання, наукова література за темою роботи, офіційні статистичні дані
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): проаналізувати основі засади та принципи планування виробництва фармацевтичної компанії; дослідити сучасні наукові дослідження щодо планування виробництва фармацевтичної компанії; проаналізувати методи та моделі, що використовуються в процесі планування виробництва; розробити модифіковану модель процесу планування виробництва фармацевтичної компанії з використанням ERP-системи; оцінити ефективність застосування модифікованої моделі процесу планування виробництва фармацевтичної компанії з використанням ERP-системи.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) рисунки, таблиці, презентація.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	к.е.н., доцент Макаренко О.І.	07.04.2025	24.05.2025
Розділ 2	к.е.н., доцент Макаренко О.І.	26.05.2025	06.07.2025
Розділ 3	к.е.н., доцент Макаренко О.І.	01.09.2025	22.11.2025

7. Дата видачі завдання 10.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Формування мети, об’єкту, предмету та завдань кваліфікаційної роботи	27.01.2025 – 02.02.2025	Виконано
2.	Узгодження плану роботи, підготовка вступу	03.02.2025 – 09.02.2025	Виконано
3.	Формування основних гіпотез та огляд наукових джерел	10.02.2025 – 05.04.2025	Виконано
4.	Підготовка 1–го розділу кваліфікаційної роботи	07.04.2025 – 24.05.2025	Виконано
5.	Підготовка 2–го розділу кваліфікаційної роботи	26.05.2025 – 06.07.2025	Виконано
6.	Підготовка 3–го розділу кваліфікаційної роботи	01.09.2025 – 22.11.2025	Виконано
7.	Аналіз та інтерпретація отриманих результатів, оформлення висновків кваліфікаційної роботи, оформлення вступу та реферату	24.11.2025 – 29.11.2025	Виконано
8.	Нормоконтроль, перевірка на доброчесність, підготовка до захисту	01.12.2025 – 13.12.2025	Виконано

Студент _____ (підпис) Брусенцев В.В.

Керівник роботи (проекту) _____ (підпис) Макаренко О.І.

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ (підпис) Лось В. О.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить три розділи, 93 с., 14 рис., 11 табл., 93 джерел та 5 додаток.

Об’єкт дослідження – процес планування виробництва на фармацевтичному підприємстві.

Предмет дослідження – математичні методи моделювання процесу планування виробництва на фармацевтичному підприємстві.

Мета роботи – розробити модифіковану модель планування виробництва, яка інтегрується в ERP-систему та дозволяє підвищити ефективність процесу планування за рахунок поєднання режимів виробництва на склад та під замовлення.

Методи дослідження – порівняльний, статистичний, графічний, економіко-математичне моделювання.

У кваліфікаційній роботі магістра проаналізовано теоретичні засади та принципи планування виробництва у фармацевтичній компанії; визначено ключові особливості організації виробничих процесів, основні фактори, які впливають на ефективність управлінських рішень. Проведено огляд сучасних наукових досліджень, присвячених проблематиці планування виробництва та систематизовано підходи, що застосовуються у міжнародній практиці, виявлено актуальні напрями подальших досліджень в контексті автоматизації виробничих систем. У роботі розглянуто існуючі методи та моделі планування виробництва, здійснено їх порівняльну характеристику, визначено переваги і обмеження кожного з них, а також обґрунтовано доцільність їх адаптації до умов фармацевтичного підприємства. На основі результатів теоретичного та прикладного аналізу розроблено модифіковану модель планування виробничого процесу з інтеграцією в ERP-систему, яка поєднує елементи виробництва на склад і під замовлення, що забезпечує підвищення гнучкості, точності та адаптивності планування в умовах змінного попиту. Здійснено оцінку ефективності запропонованої моделі.

ФАРМАЦЕВТИЧНА ГАЛУЗЬ ПРОМИСЛОВОСТІ, ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ERP-СИСТЕМА

SUMMARY

The qualification work of the master contains three sections, 93 pages, 14 figures, 11 tables, 93 sources.

The object of research is production planning process at a pharmaceutical company.

Subject of research – mathematical methods for modeling the production planning process at a pharmaceutical company.

The purpose of the work is to develop a modified production planning model that integrates into the ERP system and allows for increased planning efficiency by combining warehouse and order-based production modes.

Research methods – comparative, statistical, graphic, economic and mathematical modeling.

The thesis analyzed the theoretical foundations and principles of production planning in a pharmaceutical company, which made it possible to outline the key features of production process organization and identify factors influencing management effectiveness. A review of current scientific research on production planning was conducted, allowing the systematization of approaches used in international practice and the identification of relevant directions for further study in the context of digitalization and automation. The paper examines existing methods and models of production planning, provides a comparative analysis, identifies their advantages and limitations, and substantiates the feasibility of adapting them to the conditions of a pharmaceutical enterprise. Based on theoretical and applied analysis, a modified model of production planning integrated into an ERP system was developed, combining elements of make-to-stock and make-to-order approaches to enhance flexibility, accuracy, and adaptability under changing demand conditions. The effectiveness of the proposed model was evaluated through comparison with the baseline approach, revealing advantages in resource optimization, reduced order fulfillment times, and improved customer satisfaction. The results confirmed the practical value of the model and its potential for implementation in real production processes of a pharmaceutical company.

PHARMACEUTICAL INDUSTRY, PRODUCTION PLANNING, MATHEMATICAL MODELLING, ERP SYSTEM

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
РЕФЕРАТ
SUMMARY
ЗМІСТ
ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА У ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ КОМПАНІЇ 10
1.1 Основи та принципи планування виробництва у фармацевтичній промисловості 10
1.2 Специфіка та регуляторні аспекти планування фармацевтичного виробництва 19
1.3 Аналіз сучасних наукових досліджень у сфері планування фармацевтичного виробництва 26
РОЗДІЛ 2 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА НА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ 37
2.1 Сучасні моделі і методи планування виробництва 37
2.2 Особливості застосування ERP-системи в процесі планування виробництва на фармацевтичному підприємстві 51
2.3 Розробка модифікованої моделі процесу планування виробництва фармацевтичної компанії з використанням ERP-системи 63
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ МОДИФІКОВАНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА НА АТ «КИЇВМЕДПРЕПАРАТ» 73
3.1 Загальна характеристика економічної діяльності АТ «КИЇВМЕДПРЕПАРАТ» 73
3.2 Застосування модифікованої моделі процесу планування виробництва з використанням ERP-системи на АТ «Київмедпрепарат» 77
3.3 Оцінка ефективності модифікованої моделі та розробка рекомендацій 86
ВИСНОВКИ 91
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 93
ДОДАТОК А Підходи до процесу планування фармацевтичного виробництва та аналізу його окремих складових 104
ДОДАТОК Б Критерії ефективності планування виробництва 106
ДОДАТОК В Схема алгоритму планування процесу виробництва (кроки 0-5) .. 108
ДОДАТОК Г Схема алгоритму планування процесу виробництва (кроки 6-7) ... 109
ДОДАТОК Д Схема алгоритму планування процесу виробництва (кроки 8-9) .. 110

ВСТУП

Існуюча в економіці жорстка цінова конкуренція і нестабільні макроекономічні умови призводять до того, що сектори економіки не можуть компенсувати наслідки надлишкових витрат, що виникають при несправності у бізнес-процесах, за рахунок підвищення вартості продукції, що продається. Як наслідок, одним з основних завдань менеджменту є зниження внутрішніх витрат компанії, в першу чергу за допомогою оптимізації бізнес процесів.

Використання бізнес-додатків в рамках корпоративних інформаційних систем є одним з основних способів підвищення ефективності роботи бізнесу. В останні 15-20 років на ринку з'явилася велика кількість бізнес-додатків, здатних вирішувати більшість завдань. ERP-системи відносяться до найбільш повнофункціональних корпоративних інформаційних систем, що включають в себе практично весь необхідний компанії набір бізнес-додатків. Впровадження ERP-системи – складний технологічний процес, що вимагає від підприємства великих витрат фінансових ресурсів і часу персоналу. У той же час, цей процес пов'язаний з багатьма внутрішніми та зовнішніми факторами, наслідком чого є висока ймовірність невідповідності кінцевих результатів очікуванням.

Однією з ключових функціональних складових ERP-систем є модуль планування виробництва, який дозволяє інтегрувати дані про попит, ресурси, графіки та обмеження в єдину модель управління. Завдяки цьому забезпечується узгодженість між стратегічними цілями підприємства та оперативними діями, що особливо важливо для фармацевтичної галузі, де точність планування безпосередньо впливає на якість продукції, терміни постачання та відповідність нормативним вимогам.

Актуальність теми дослідження зумовлена зростаючою складністю виробничих процесів у фармацевтичній галузі та необхідністю забезпечення високої точності планування в умовах мінливого попиту, жорстких регуляторних вимог і високої конкуренції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженнями процесів оптимізації планування виробництва займалася велика кількість вітчизняних та закордонних вчених. Серед робіт іноземних науковців на особливу увагу заслуговують результати, що отримали: D. R. Astnti [32], Z. Boltić [37], B. Ding [40], K. Huynh-Ba [50], G. Kumar [57]. Серед досліджень вітчизняних вчених варто відмітити роботи таких авторів як: Н. С. Бєляєвої [2], А. М. Гафіяка [4], О. Ю. Гусєвої [7], С. Б. Довбня [10], Д. А. Левкіна [13] та інших.

Об'єктом дослідження виступає процес планування виробництва на фармацевтичному підприємстві.

Предмет дослідження – математичні методи моделювання процесу планування виробництва на фармацевтичному підприємстві.

Мета роботи – розробити модифіковану модель планування виробництва, яка інтегрується в ERP-систему та дозволяє підвищити ефективність процесу планування за рахунок поєднання режимів виробництва на склад та під замовлення.

Для досягнення зазначеної мети в процесі виконання роботи необхідним є виконання наступних завдань:

– здійснити аналіз основних засад та принципів планування виробництва фармацевтичної компанії;

– проаналізувати сучасні наукові дослідження щодо планування виробництва фармацевтичної компанії;

– розглянути існуючі методи та моделі, що використовуються в процесі планування виробництва;

– розробити модифіковану модель планування процесу виробництва фармацевтичної компанії з використанням ERP-системи;

– здійснити оцінку ефективності застосування модифікованої моделі процесу планування виробництва фармацевтичної компанії з використанням ERP-системи.

Наукова новизна роботи полягає в розробці модифікованої моделі

планування виробництва, яка інтегрується в ERP-систему підприємства та відрізняється від існуючої використанням поєднання двох принципово відмінних за суттю підходів: виробництво на замовлення та на склад, що дозволяє підвищити ефективність процесу планування.

Основні результати дослідження були представлені на:

– Міжнародній науково-практичній конференції «Global Trends in the Development of Information Technology and Science», 02-04 квітня 2025 року, м. Стокгольм, Швеція;

– XX Міжнародній науково-практичній конференції «Виклики та перспективи розвитку нової економіки на світовому, державному та регіональному рівнях», 16-17 жовтня 2025 року, м.Запоріжжя.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА У ФАРМАЦЕВТИЧНІЙ КОМПАНІЇ

1.1 Основи та принципи планування виробництва у фармацевтичній промисловості

Сукупність установ фармацевтичної галузі та підприємств, що є виробниками лікарських засобів і відповідних закладів, разом з відповідними органами управління та їх зв'язками розглядається як тип організаційної побудови фармацевтичної галузі; їх упорядкованість за ознакою підлеглості відбиває організаційний порядок фармації як системи.

Фармацевтична галузь є складною соціально-економічною системою, що включає в себе структурні елементи, кожен з яких спеціалізується на виконанні певних функцій, пов’язаних з виробництвом та реалізацією фармацевтичної продукції (див. рис. 1.1).

В Україні державне управління і регулювання у фармацевтичній галузі здійснюють:

– на загальнодержавному (макроекономічному) рівні – Міністерство охорони здоров’я України і Державна служба з лікарських засобів;

– на регіональному рівні (рівні територіальних громад) – органи управління обласних державних адміністрацій (фармацевтичні управління) та територіальні органи Держлікслужби України (в областях).

Оскільки одним з головних (базових) структурних елементів фармацевтичної промисловості є фармацевтичні підприємства, важливим кроком у розумінні принципів функціонування фармацевтичної галузі промисловості є чіткість термінології, що буде застосовуватися у даному науковому дослідженні. Точне розуміння змістового наповнення використовуваних понять сприятиме уникненню плутанини через неточне трактування понять «підприємство» та «компанія».

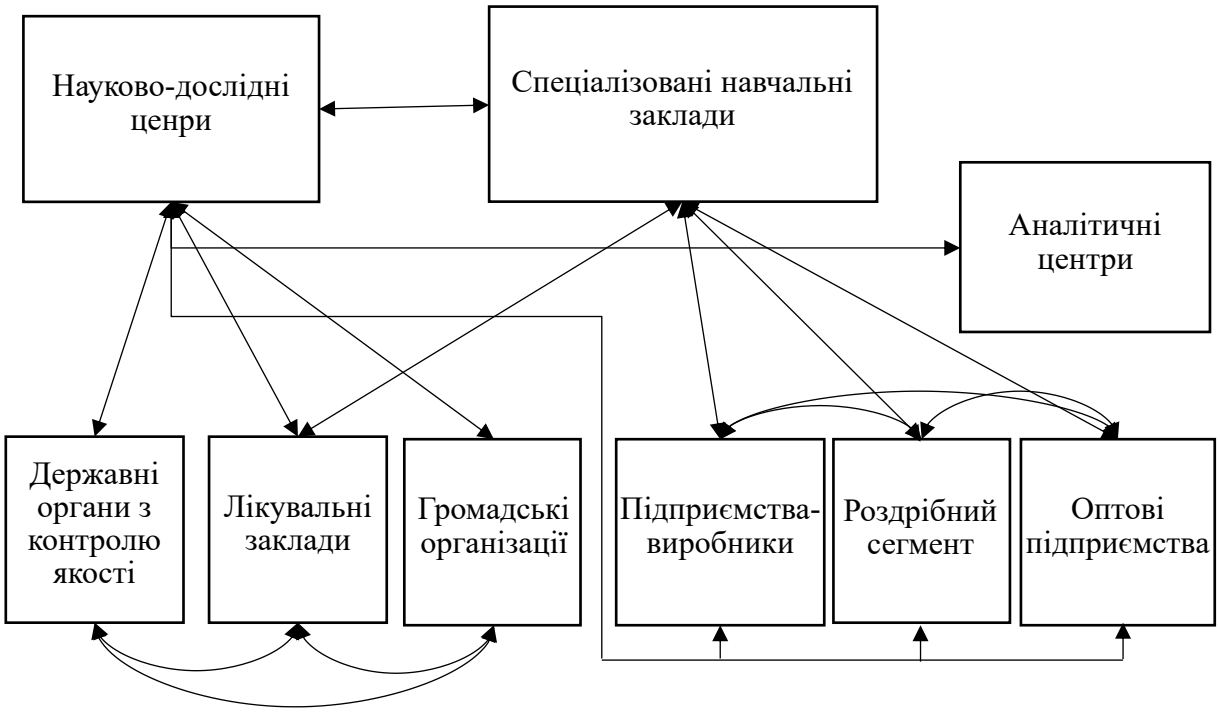


Рисунок 1.1 – Структура фармацевтичної галузі країни

Джерело: [16]

Термін «підприємство» за змістовим логічним навантаженням є вужчим за термін «компанія» та вживається для опису юридично зареєстрованого суб'єкту господарювання, що здійснює діяльність для отримання прибутку. Термін «компанія» є більш широким поняттям, що часто означає юридичну особу, що здійснює комерційну діяльність, хоча може включати як прибуткові, так і некомерційні організації. В контексті комерційної діяльності зміст даних понять ідентичний.

З цих сутнісних визначень понять слідує, що будь-яке підприємство може бути назване компанією, проте не будь-яка компанія підпадає під визначення підприємства. У даному дослідженні терміни «підприємство» та «компанія» вживатимуться як синоніми, оскільки при цьому не спостерігатиметься виникнення логічної помилки, що могла б полягати в навмисній підміні змісту поняття [2].

Ефективність функціонування економічних систем, ключове місце серед яких посідає підприємство, багато в чому визначається тим, наскільки

злагоджено й раціонально взаємодіють між собою їх елементи в процесі реалізації поставленої мети, тобто наскільки дієва та адекватна відповідна система управління. Сутність управління підприємством полягає в здійсненні цілеспрямованої, впорядкованої, інформаційно обґрунтованої та інформаційно вираженої управлінської дії суб'єкта управління на об'єкт управління [23].

Одним із найважливіших складових елементів системи управління підприємствами фармацевтичної промисловості є планування, за допомогою якого є можливим здійснювати оптимізацію виробничих процесів та ефективно розподіляти виробничі ресурси. Конкуренція на ринку фармацевтичної продукції постійно зростає, і через той факт, що велика кількість компаній пропонують продукцію подібного типу, підприємствам необхідно постійно вдосконалювати власні виробничі процеси для підтримки конкурентної переваги. Важливою стає спроможність швидко реагувати на зміну ринкової кон'юнктури та динаміку потреб клієнтів.

Необхідність встановлення певного рівня інтенсивності процесу виробництва фармацевтичної продукції пояснюється декількома типами факторів. Типи та сутність факторів, що впливають на процес інтенсивності виробництва представлено в табл. 1.1.

Процес планування виробництва часто є трудомістким та складним завданням, виконання якого потребує врахування багатьох факторів технічного та виробничого характеру. Обсяг доступної для аналізу інформації часто великий, що може призвести до труднощів в процесі оцінки та обробки, за умови, якщо це виконується вручну [75].

Через трудомісткість процесу спостерігається зростаючий попит на засоби автоматизації виконання завдань, що базуються на правилах та повторюванні подібних операцій, таких як планування виробничих операцій, щоб мінімізувати виконання рутинної роботи та дозволити працівникам зосередитися на завданнях, що формують вищий обсяг доданої вартості [68].

Таблиця 1.1 – Типи та сутність факторів, що впливають на процес інтенсивності виробництва

Тип факторів впливу	Сутність факторів впливу
Мінливість попиту	Коливання показника є залежним від сезонів, регіонів ринку тощо
Термін придатності продукції	Різні продукти мають різний термін придатності, що слід враховувати під час створення середньострокового планування та прогнозу
Регулювання та дотримання вимог	Різні ринки можуть мати різні правила, що впливає на конфігурацію продукту та збільшує тиск на точне планування виробництва
Контроль якості	Різні вимоги до якості від різних клієнтів збільшують асортимент продукції
Розподіл ланцюга поставок	Спричинений сезонами, проміжними ланцюгами поставок або різними незапланованими ситуаціями

Джерело: [32]

Широкого розповсюдження набули ітераційні методи оптимізації виробництва – процеси покращення показників виробництва шляхом послідовних кроків, де кожен наступний крок базується на результатах попереднього, з метою знаходження найкращого (найвигіднішого) оптимального варіанту використання ресурсів та досягнення максимальної ефективності.

Метою процесу оптимізації системи планування виробництва є створення алгоритмів для покращення та часткової автоматизації процесу планування виробництва на підприємстві. Через відносну простоту використання задля цього широкого розповсюдження набули евристичні методи, що базуються на правилах пріоритетності та послідовності виконання операцій, також принципі максимізації ефективності.

При використанні методології розрахунку плану виробництва обов'язковою є оцінка доступної достовірної інформації як вхідних даних, що служать для підтримки виробничих рішень. При цьому встановлюються критерії якості рішень та обираються методи досягнення оптимальних значень цих критеріїв.

Важливою особливістю згаданого підходу є врахування обмежень,

характерних для процесу фармацевтичного виробництва: обмеження виробничих потужностей, усунення якого в процесі планування може запобігти виникненню подальших проблем з розподілом ланцюга поставок або терміном придатності фармацевтичної продукції.

Планування процесу виробництва продукції слугує основою для подальшого довгострокового (стратегічного) планування функціонування підприємства, а також для більш деталізованого короткострокового планування. Отримані в процесі планування результати використовуються для:

– заощадження часу;

– підвищення рівня ефективності виробництва;

– мінімізації кількості помилок, що можуть вплинути на рівень виробництва та реалізації продукції, як наслідок – призвести до зниження рівня прибутку підприємства.

Отримані в процесі аналізу рішення застосовуються для створення програмного базису, корективи до якого можливо вносити вручну в графічному інтерфейсі програмного забезпечення для подальшого планування виробництва. Зручність такого підходу полягає у відсутності необхідності проводити ревізію усього алгоритму виробничого процесу загалом та збереженні усталених довгострокових зв’язків між ланками виробничого ланцюга.

Алгоритм ефективного планування виробництва передбачає:

– розробку відповідних управлінських рішень, спрямованих на посилення позитивних та зменшення негативних ефектів середовища;

– врахування зазначених факторів та явищ;

– закладення певного запасу надійності у функціонуванні підприємства відповідно до прийнятих рішеннях з метою забезпечення стабільної роботи підприємства в умовах невизначеності в майбутньому.

При здійсненні процесу планування виробництва необхідно враховувати ряд ендогенних та екзогенних факторів, що можуть вплинути на практичну

реалізацію розробленого плану. Екзогенні та ендогенні фактори впливу на процес планування представлено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Ендогенні та екзогенні фактори впливу на процес планування виробництва

Джерело: [83]

Обробка, аналіз та ефективне опрацювання інформаційного масиву, що містить дані про поточний стан виробничого процесу, потребує використання інформаційних систем, що дадуть змогу поєднати між собою збереження великого обсягу інформації, можливість швидкого розрахунку усіх необхідних показників за рахунок використання інформаційних технологій, та досвід адміністративного персоналу з метою врахування усієї багатогранності процесу управління.

Процес планування являє собою розробку та встановлення керівництвом підприємства системи кількісних і якісних показників його розвитку, на основі

яких визначаються темпи, пропорції і тенденції розвитку підприємства як у поточному періоді, так і на певну перспективу в майбутньому [6].

Планування процесу виробництва є цілеспрямованим видом діяльності, пов'язаним із постановкою необхідних для досягнення цілей, також розробленням відповідних програм із забезпечення їх реалізації. Планування, з одного боку, являє собою процес розроблення і наступного контролю за реалізацією плану створення, розвитку і функціонування підприємства, а з іншого – відображає процес обробки інформації з метою обґрунтування майбутнього сценарію дій, визначення найкращих способів досягнення стратегічних цілей підприємства [32].

Сутність планування полягає в обґрунтуванні цілей і способів їхнього досягнення на основі виявлення комплексу завдань і робіт, а також визначення ефективних методів і способів, ресурсів усіх видів, необхідних для виконання цих завдань і встановлення їхньої ефективної взаємодії між собою [3].

З метою підвищення ефективності планування можна використовувати велику кількість математичних моделей, серед яких клас моделей лінійного програмування, що представляють собою метод досягнення найкращого результату у математичній моделі, в якій обмеження подані через лінійні відношення між відомими величинами та невідомими змінними [91].

На основі застосування математичних моделей, можливою є розробка основного виробничого графіка підприємства (головне виробниче планування від англ. master planning schedule, MPS) – плану виробництва конкретних товарів, що визначає обсяги та терміни випуску кожного продукту, враховуючи рівень попиту на нього, наявні запаси та виробничі потужності.

Інструменти моделювання процесів та планування виробництва можуть відігравати важливу роль протягом усього життєвого циклу розробки та комерціалізації продукту фармацевтичного підприємства. Під час переходу від розробки до виробництва процеси моделювання сприяють передачі технологій та адаптації виробництва до ринкових умов.

У табл. 1.2 наведено основні функції, що виконує графік планування виробництва:

Таблиця 1.2 – Функції графіку виробничого планування

Функція	Опис функції
Планування специфікації матеріалів	Створення детального переліку всіх необхідних компонентів, сировини та вузлів для виробництва конкретного продукту, що включає їхні назви, кількість, матеріал, вагу тощо
Планування виробництва продукції на замовлення клієнтів	Процес, що передбачає виготовлення продукту після надходження замовлення від клієнта
Планування виробництва на склад	Створення точних та досяжних основних графіків виробництва. Це включає врахування потужностей для фасування, показників типів пакування, цільових днів покриття запасами, споживчих уподобань, мінімальних та максимальних кількостей для повторного замовлення, кратних для повторного замовлення та терміну придатності продукції. Виробничу потужність можна вказати в одиницях виміру таких величин, як кількість, тривалість або маса
Візуалізація графіків виробництва	Після створення початкового основного графіка виробництва дані можна відображати у вигляді графіків профілю запасів та графіків використання потужностей в системі в ході процесу виробництва для більш наочного їх представлення та зручності сприйняття інформації.

Джерело: [29]

Інструменти планування використовуються для генерації графіків виробництва на основі точної оцінки потужності підприємства, тим самим мінімізуючи обсяги прострочених замовлень та зменшуючи наявні товарні запаси, сприяють аналізу потужностей та усуненню «вузьких» місць процесу виробництва підприємств фармацевтичної галузі.

Однією з головних вимог, якої необхідно дотримуватися під час процесу планування виробництва продукції фармацевтичного підприємства, є обов'язкова оцінка доступної правильної достовірної інформації щодо поточного стану ринкового середовища. На основі даної інформації встановлюються критерії якості прийняття рішень та обираються методи досягнення високих значень цих критеріїв.

Фармацевтична промисловість функціонує в умовах жорсткого

регулювання, де якість продукту є найважливішою. Регуляторні рамки діяльності підприємств, стійкість ланцюга постачання та технологічні інновації відіграють вирішальну роль у забезпеченні якості фармацевтичних продуктів.

Інтеграція передових технологій та стандартів регуляторної відповідності вимагає більш гармонізованого підходу з метою забезпечення ефективної співпраці регуляторних органів і виробників фармацевтичної продукції.

При формуванні регулятивних аспектів планування виробництва необхідною є взаємодія з лідерами галузі, технологічними компаніями та академічними експертами. Такий крок необхідний для розробки регуляторних рамок, що можуть адаптуватися до технологічних досягнень, зберігаючи при цьому високі стандарти безпеки та якості фармацевтичної продукції. Сприяння культурі інновацій у дотриманні технічних вимог може заохотити більше фармацевтичних компаній впроваджувати передові технології, що покращують якість продукту, зменшують ризики та забезпечують більшу ефективність виробництва та високий рівень якості продукції.

Поряд з регуляторними аспектами планування виробництва фармацевтичної продукції необхідно враховувати потенційно можливі переваги систем дотримання вимог на основі штучного інтелекту, що можуть автоматизувати моніторинг відповідності продукції наявним стандартам якості. Системи на основі технологій штучного інтелекту можуть використовуватися для аналізу великих обсягів регуляторних даних, забезпечуючи фармацевтичні компанії відповідними рекомендаціям щодо вдосконалення процесів виробництва. Ці інструменти також можуть допомогти в моніторингу статусу відповідності продуктів у ланцюгу постачання встановленим критеріям якості та мінімізуючи людські помилки в процесі виробництва фармацевтичної продукції.

1.2 Специфіка та регуляторні аспекти планування фармацевтичного виробництва

Планування фармацевтичного виробництва відрізняється від інших галузей промисловості строгим регулюванням загальноприйнятих виробничих практик, дотримання яких вимагає високої якості готової продукції, критеріальної точності виконання техніко-технологічних вимог виробництва та незмінності характеристичних показників продукції з чітким контролем на кожному етапі виробничого циклу.

Важливим фактором є довготривала стабільність якісних характеристик продукції та суворі вимоги до валідації (підтвердження відповідності встановленим критеріям) виробничих процесів та робочої документації. В інших виробничих галузях пріоритет може бути зміщений на швидкість процесу виробництва та зниження собівартості продукції (що може зашкодити якості готового товару) або підвищення рівня гнучкості виробничого процесу загалом.

Забезпечення якості продукції (англ. quality assurance, QA) у фармацевтичному виробництві є комплексним, систематичним процесом, що використовується для забезпечення того, щоб кожен продукт, що виробляється, був безпечним та ефективним, одночасно відповідаючи попередньо визначеним стандартам якості [37].

Основною метою забезпечення якості продукції є захист громадського здоров'я шляхом запобігання виникнення виробничих дефектів, забезпечення регуляторної відповідності та сприяння безперервному вдосконаленню ефективності дії продукції в процесі фармацевтичного виробництва. Даний процес охоплює всі етапи виробництва, від постачання сировини до пакування готової продукції та остаточного її розподілу, забезпечуючи, щоб кожен етап процесу виробництва відповідав встановленим регуляторним вимогам і підтримував найвищі можливі стандарти якості.

Відповідність продукції критеріям якості використовується

фармацевтичними компаніями з метою зменшення частоти відкликань продуктів, покращення ефективності виробництва, виконання юридичних зобов'язань перед партнерами та клієнтами і формування довіри споживачів [76].

Дієва та ефективна система забезпечення якості є регуляторною вимогою та стратегічним елементом успіху діяльності підприємства, що позиціонує компанії для довгострокової стійкості в конкурентній галузі виробництва з високим рівнем контролю якості продукції та регулювання діяльності [54].

Принципи діяльності фармацевтичного виробництва в сучасних умовах стають все більш складними, і традиційні механізми регуляторної відповідності, управління ланцюгами постачання та інновацій більше не є достатніми для забезпечення якості продукції.

Цілісний підхід, що інтегрує вказані компоненти в єдину систему, є необхідним для подолання багатогранних викликів, що формує ринкове середовище для сучасного фармацевтичного виробництва. Існуючі регуляторні рамки визначають суворі стандарти якості, проте навіть найкращі регуляторні системи можуть зазнати невдачі без надійного та адаптивного ланцюга постачання та системи планування виробництва продукції.

Поряд з тим, постійні технологічні досягнення (наприклад, штучний інтелект, блокчейни та цифрова автоматизація діяльності) пропонують інноваційні рішення для забезпечення належного рівня якості продукції оптимізації виробничого процесу.

Інтегрований підхід в формуванні сценарію конкурентної поведінки дозволяє виробникам дотримуватися існуючих регуляторних вимог, випереджати існуючі тенденції в фармацевтичній галузі, адаптуватися до нових ризиків ринкового середовища та впроваджувати передові рішення у процесі виробництва готової продукції.

Такий тип узгодження функціонування підприємства з існуючими ринковими реаліями є критично важливим, оскільки фармацевтична

промисловість стикається з зростаючою складністю підтримання стабільності глобальних ланцюгів постачання, еволюціонуючими регуляторними нормами діяльності та попитом на персоналізовані, більш якісні медичні препарати.

Встановлюючи відповідність між регулятивними заходами функціонування діяльності, динамікою ланцюга постачання та інноваціями, фармацевтичні компанії можуть досягти більшої ефективності, зменшуючи рівень витрат та підвищуючи безпеку продукції, що призводить до виникнення вигоди і зі сторони виробників, і зі сторони споживачів (клієнтів) [27].

Поняття «планування ресурсів підприємства» (англ. enterprise resource planning – ERP) охоплює набір процесів і методів для планування ефективного використання всіх доступних ресурсів виробничої компанії. Основна ідея, що лежить в основі даної концепції, полягає в тому, що розробка продукту та виробництва повинна плануватися до того, як з'явиться фактичний попит зі сторони клієнтів (внутрішніх або зовнішніх).

В зв’язку з цим пропонується ієрархічне трирівневе планування виробництва відповідно до часового діапазону (горизонту) [35]: довгострокове (генеральне) планування; середньострокове планування; короткострокове планування: виконання та контроль операцій з продажу, розподілу, виробництва та закупівель.

Довгострокове планування відбувається за кілька тижнів або місяців (орієнтовні строки – до одного року) до реалізації готової продукції, залежно від типів ринку та виробничої галузі.

Часовий проміжок середньострокового планування стосується діапазону тривалістю кілька місяців або тижнів. Його мета полягає в тому, щоб прогнозувати попит більш детально з вищим рівнем точності вздовж часової осі. Попит на ресурси повинен відповідати обсягам наявних в певному часовому проміжку ресурсів, а угоди про постачання можуть потребувати точного налаштування або модифікації.

Короткострокове планування та контроль представляють собою короткостроковий часовий горизонт днів або тижнів, протягом яких

відбувається фізичний розподіл готової продукції (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Процеси планування та контролю виробництва (довго-, середньо- та короткострокове планування)

Джерело: [77]

Головне виробниче планування (англ. Master productive scheduling, MPS) – система планування, що передбачає створення «ковзного» плану, який оновлюється на основі нових замовлень, рухаючи горизонт планування вперед у міру надходження запитів від клієнтів. MPS-план визначає обсяги виробництва готової продукції та слугує основою для подальшого детального планування матеріально-технічних ресурсів (англ. material requirements

planning, MRP), враховуючи наявні матеріали та незавершене виробництво.

Основні цілі MPS полягають у зменшенні витрат на зберігання та збільшенні стабільності в плануванні, що є корисним в наступних випадках:

– щоб переконатися, що виробнича компанія має доступність до необхідної кількості сировини, та достатній рівень товарних запасів, що призводить до високих рівнів запасів. Як наслідок, виникають високі витрати на зберігання, особливо для цінних матеріалів і продуктів;

– головний план використання цих матеріалів впливає на весь виробничий процес: планування залежних частин (супутніх продуктів), від чого, в свою чергу, залежить результат планування готової продукції та основних складників (рис. 1.4).

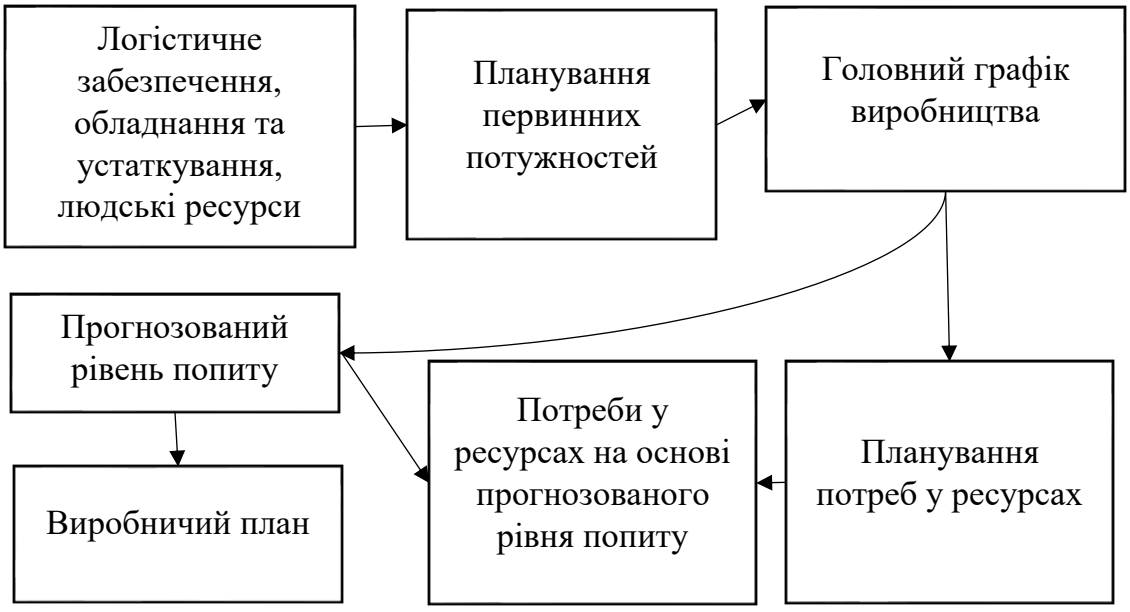


Рисунок 1.4 – Процеси планування та контролю (головний план виробництва)

Джерело: [77]

Показники MPS може бути розрахований за допомогою знаходження динаміки зміни відповідних показників ERP, хоча також існують методи розрахунків, що не базуються на ERP-підході (див. табл. 1.3).

Головне виробниче планування (MPS) забезпечує головний план, згідно якого визначається, що виробничій компанії потрібно виробити, скільки і коли. Основні цілі MPS полягають у зменшенні витрат на зберігання та збільшенні стабільності в плануванні виробничого процесу.

Таблиця 1.3 – Порівняння переваг планування виробництва, заснованих на ERP-підході та не заснованих на ньому

Переваги підходів планування виробництва, заснованих на ERP-методиці	Переваги підходів планування виробництва не, заснованих на ERP-методиці
– інтеграція різних бізнес-процесів в єдину систему, тому розрахунки MPS узгоджуються з іншими бізнес-процесами; – основне планування – рішення EPR забезпечують основні розрахунки MPS. Це підходить для виробничих компаній з простими процесами; – синхронізація даних.	– розширена оптимізація – спеціалізоване програмне забезпечення для планування використовує алгоритми вузької спеціалізації для оптимізації процесу виробництва; – гнучкість і увага до деталей – рішення APS (англ. alternative productive scheduling – альтернативне виробниче планування) забезпечує більшу гнучкість під час планування і може впоратися з більш складним виробничим середовищем; – аналіз альтернативних сценаріїв – спеціалізоване програмне забезпечення для планування дозволяє створювати сценарії типу «що, якщо» та «що, якщо не».

Джерело: [77]

Процес розрахунку головного виробничого графіка повинен мати специфічні частини:

– список продукції – продукти, які конкретна компанія виробляє.

– список різновидів кожного продукту.

– часовий проміжок – рік, місяць і тиждень.

– кількість – виробничі кількості на конкретний час .

Типове середовище, в якому може бути розташоване спеціалізоване програмне забезпечення (наприклад, Advanced Planning and Scheduling, APS – вдосконалене планування та диспетчеризація), відіграє важливу роль, оскільки воно може брати інформаційні дані з існуючих систем або з інтерфейсу користувача (див. рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Типова архітектура системи планування ресурсів підприємства (ERP-system)

Джерело: [77]

Існують два основні фактори, які впливають на значення показника MPS:

– мінімальний рівень запасів товарів певного виду;

– цільовий рівень запасів товарів певного виду.

Основний розрахунок полягає в тому, що якщо кінцевий рівень запасів для даного товару падає нижче мінімального рівня запасів (за умови, що

більше даний товар не виробляється), метою буде закрити цей сегмент з рівнем запасів на цільовому рівні. Як цільовий, так і мінімальний рівні запасів розраховуються з полів «Мінімальна кількість днів покриття» та «Цільова кількість днів покриття». Систему планування можна налаштувати так, щоб вона генерувала значення MPS, яке повертає рівень запасів товару до цільового рівня запасів за умови від'ємного поточного значення величини, або таким чином, щоб система дозволяла враховувати дефіцит даного товару [60].

Успішне планування процесу виробництва підприємств фармацевтичної галузі вимагає спільної діяльності безпосередньо підприємств, державних регуляторів діяльності компаній, наукових установ та суспільства. Комплексний підхід, що поєднує технологічні інновації, організаційні зміни та нові бізнес-моделі, здатен забезпечити перехід до ефективної реалізації процесу планування виробництва підприємств фармацевтичної галузі промисловості. Планування процесу виробництва з використанням комплексного підходу в умовах ринкової невизначеності є ефективним засобом для підвищення надійності та загального покращення прийняття рішень фармацевтичним підприємством на основі знань про екзогенні та ендогенні для підприємства невизначеності.

1.3 Аналіз сучасних наукових досліджень у сфері планування фармацевтичного виробництва

Планування виробництва підприємств фармацевтичної галузі промисловості відіграє важливу роль організації процесу виробництва та організації ланцюгів поставок, оскільки як виробничий процес, так і організація постачання характеризується швидкими змінами власних характеристик та параметрів через вплив ринкового попиту, зміну асортименту продукції, скорочення життєвого циклу продукції та скорочення часу доставки. Операційне, тактичне та стратегічне планування тактичне

планування виконують вирішальну функцію у перетворенні прогнозів попиту на досяжний виробничий план, що може бути реалізований у коротко-, середньо- та довгостроковій перспективах.

Знання попередніх методів моделювання та планування виробничого процесу, підходів до рішень та цільових функцій допомагає використовувати існуючі знання та напрацювання, пов'язані з процесом планування фармацевтичного виробництва. Це підвищує обізнаність про довгостроковий вплив соціальних та економічних аспектів у плануванні та сприяє загальному розумінню інтеграції як економічних, так і соціальних параметрів у моделях виробничого планування на фармацевтичних підприємствах.

Процес планування фармацевтичного виробництва включає попередню оцінку темпів виробництва, специфіку використання потужностей, запасів та робочої сили протягом коротко- середньо-, довгострокового горизонту планування. Для досягнення ефективного планування та контролю фармацевтичного виробництва необхідно враховувати різні виробничі види діяльності, пов'язані з рівнем запасів, потужністю обладнання та рівнем робочої сили, щоб мінімізувати загальні витрати та забезпечити найкраще використання ресурсів.

Підходи до процесу планування фармацевтичного виробництва та аналізу його окремих складових часто є зосередженими на конкретних змінах параметрів виробничого процесу, що можна оцінювати окремо або використовувати як вхідні дані для функціональних програм, що вирішуватимуть, які зміни впроваджувати та на якому з етапів виробничого процесу (табл. А.1 Додаток А).

Фармацевтична промисловість в процесі свого функціонування стикається з труднощами різноманітного характеру, включаючи регуляторну відповідність якості продукції встановленим вимогам; проблеми, пов’язані з підробкою продукції; порушеннями цілісності ланцюга постачання, що впливають на ефективність виробництва та надійність систем забезпечення належної якості готової продукції.

Регуляторна відповідність є постійним викликом для фармацевтичних компаній, оскільки вони повинні дотримуватися як місцевих, так і міжнародних стандартів виробництва. Перманентна зміна регулятивних норм виробництва призводить до ускладнення процесу оновлення інформації про вимоги щодо процесу виробництва фармацевтичної продукції та критерії якості. Невиконання вимог може призвести до накладання штрафів, відкликань продукції та завдання шкоди репутації компанії.

У зв’язку з цим, у роботі А. О’Хагана та А. Харлінгтона [66] розглядається питання виникнення підробок серед фармацевтичної продукції підприємств, що залишається великою проблемою як для фармацевтичних виробників, так і для споживачів. Поширення підроблених ліків становить серйозну загрозу для громадського здоров'я, оскільки ці продукти можуть бути неефективними або шкідливими. Інфраструктурне забезпечення якості продукції, що є складовим елементом процесу планування виробництва, повинне бути оснащене відповідними засобами для виявлення підроблених продуктів, серед яких:

– серіалізація готової продукції;

– відслідковування (трекінг) готової продукції;

– розвинені системи моніторингу процесу виробництва.

К. Р. Петел [71] розглядає питання порушення ланцюга постачання в якості ще одного критичного виклику у фармацевтичному виробництві. Глобалізаційні процеси призвели до більш складних та взаємопов'язаних ланцюгів постачання продукції; ця зростаюча складність також піддає компанії ризикам, якими можуть бути нестача сировини, логістичні затримки та геополітична невизначеність.

Будь-яке порушення в ланцюзі постачання може знизити якість продукції, призводячи до затримок у виробництві, нестач або випуску неякісних фармацевтичних препаратів. Зростання природних непередбачуваних подій (катастрофи, пандемії) підкреслило вразливість ланцюгів постачання, акцентуючи увагу на необхідності більшої стійкості та

адаптивності в системах забезпечення якості виробництва.

Функціонування фармацевтичного виробництва регулюється комплексом глобальних інституційних заходів, що забезпечують безпеку, ефективність виробництва та якість продукції. Фармацевтичні компанії повинні орієнтуватися в цьому складному регуляторному середовищі, працюючи в кількох країнах, що часто можуть вимагати від компаній-виробників дотримання різних стандартів та термінів. Виклик фармацевтичній галузі промисловості полягає в гармонізації цих різних регуляторних рамок із одночасним дотриманням специфічних вимог кожної організації міжнародного або національного рівня, тобто в дотриманні сукупності належних виробничих практик.

В дослідженні К. Хуюнг-Ба [50] належна виробнича практика (НВП, англ. good manufacturing practice, GMP) розглядається в якості частини системи забезпечення якості, що гарантує той факт, що продукція виробляється і контролюється за стандартами якості, згідно з торговельною ліцензією, та відповідає її призначенню. Рекомендації НВП забезпечують, щоб фармацевтичні продукти постійно вироблялися та контролювалися відповідно до стандартів якості та охоплюють усі аспекти виробництва, від сировини та обладнання до виробничого середовища, процедур тестування та маркування готової продукції. НВП мають на меті мінімізувати ризики, пов'язані з фармацевтичним виробництвом, шляхом встановлення чітких та суворих рекомендацій для кожного етапу процесу.

Рекомендації НВП призначені для запобігання забрудненню, змішуванню, відхиленням та помилкам у виробництві, що можуть загрожувати якості продукції. Фармацевтичні НВП підкреслюють важливість підтримання чистого та контрольованого виробничого середовища для запобігання забрудненню ліків, особливо в стерильному пакуванні (наприклад, ін'єкції та вакцини) та. включають вимоги до фільтрації повітря, контролю температури та регулярного очищення обладнання та приміщень.

Необхідність валідації та документування, що є одними з основних

принципів НВП, присвячена наукова робота Г. Войкелатоса [41]. Кожен процес, від постачання сировини до остаточного пакування продукції, повинен бути валідований з метою забезпечення відповідності попередньо визначеним стандартам якості. Детальні записи повинні зберігатися для забезпечення відстежуваності та звітності, що слугує доказом дотримання вимог до процесу виробництва та підтримує прозорість у разі аудитів, перевірок або здійснення розслідувань.

НВП також охоплюють навчання та перекваліфікацію персоналу, забезпечуючи, щоб особи, залучені до фармацевтичного виробництва, були належним чином навчені та отримали необхідні робочі навички, оскільки складність сучасних процесів виготовлення фармацевтичних продуктів вимагає висококваліфікованої робочої сили, здатної виявляти та зменшувати потенційні ризики, що можуть виникати в процесі виробництва фармацевтичної продукції. Застосування НВП не є однорідним у промисловості та варіюється в залежності від типу фармацевтичного продукту, що виробляється, масштабу виробництва та специфічних регуляторних вимог кожної країни. Проте дотримання загальновизнаних НВП визнається як необхідне для підтримки якості продукції та забезпечення безпеки споживачів.

Орієнтування в глобальному регуляторному середовищі є темою дослідження А. О. Бабарінде [34], оскільки є значним викликом для фармацевтичних виробників. Кожен ринок має свої власні регуляторні вимоги, і компанії повинні адаптувати власну операційну діяльність з метою дотримання відповідності місцевим стандартам, зберігаючи при цьому загальну якість та безпеку своїх продуктів. Це особливо складно для багатонаціональних компаній, що повинні одночасно орієнтуватися в кількох регуляторних середовищах. Одним з ключових викликів є варіабельність регуляторних вимог.

Оскільки фармацевтична промисловість перебуває у стані постійного розвитку, змінюються і регуляторні вимоги до її функціонування. Наприклад,

зростання обсягів виробництва біологічних ліків (англ. biological medicines, biopharmaceutical drugs), призвело до змін у регуляторних вимогах до виробництва та затвердження біологічних препаратів, оскільки продукти такого типу часто вимагають більш складного тестування та валідації, ніж традиційні маломолекулярні ліки, що потребує оновлення керівництв з НВП та стандартів контролю якості.

У дослідженні Д. А. Левкіна [13] показано, що оптимізація математичної моделі, що використовується в якості симулятивного аналога виробничого процесу на фармацевтичному підприємстві полягає в послідовному виконанні декількох прогонів моделі з різними значеннями параметрів і знаходженні оптимальних результатів, при яких цільова функція досягає свого екстремуму. Структура оптимізаційної моделі складається з трьох основних елементів: цільової функції, обмежень та її змінних.

Практики управління ризиками також еволюціонують у відповідь на змінювані регуляторні очікування, відповідно до думки, висловленої Я. М. Деренською [8], тому регуляторні органи вимагають більш складних оцінок рівня ймовірності ризиків та стратегій пом'якшення їх наслідків у разі виникнення, особливо для високоризикових продуктів, таких як біологічні препарати, вакцини та препарати генної терапії. Фармацевтичні компанії повинні впроваджувати комплексні системи управління ризиками, що оцінюють рівень потенційної небезпеки під час виробничого процесу та передбачають ймовірні ризики після виходу на ринок.

Ланцюг постачання відіграє критичну роль у забезпеченні якості фармацевтичних продуктів: від моменту постачання сировини підприємству до остаточної доставки готової продукції споживачам. Ефективний фармацевтичний ланцюг постачання забезпечує цілісність, безпеку та ефективність фармацевтичної продукції протягом усього шляху до кінцевого споживача.

Питання стійкості ланцюга постачання, проблема якої особливо гостро постала під час пандемії COVID-19, була досліджена Е. Бо та І. Б. Хові [36] є

важливою для підтримки безперервної доступності продуктів та пом'якшення потенційних збоїв, що можуть виникнути у процесі доставки лікарських засобів.

В умовах дедалі більш глобалізованого ринку виникнення таких спонтанних збоїв, як природні катастрофи, геополітична нестабільність або криза системи охорони здоров'я, можуть серйозно вплинути на можливість отримання сировини, обробки продуктів та їх своєчасного розподілу.

Компанії повинні планувати ймовірність виникнення ризиків подібного походження, включаючи підтримку рівнів запасів безпеки та наявність планів на випадок надзвичайних ситуацій для альтернативних постачальників та маршрутів доставки продукції. Незважаючи на те, що фармацевтичний ланцюг постачання є невід'ємною частиною підтримки якості продукції, він не може бути повністю позбавлений ризиків та вразливостей. Ризики можуть виникати на різних етапах ланцюга зв’язки «постачання – виробництво»: від постачання сировини до остаточного розподілу продукції, і можуть суттєво знизити цілісність фармацевтичних продуктів.

Однією з найбільших проблем, якій присвячена робота Б. Дінг [40], є постачання сировини для виготовлення проміжних продуктів фармацевтичного виробництва. Багато фармацевтичних компаній залежать від постачальників, розташованих по всьому світу, для закупівлі ключових інгредієнтів. Ця залежність піддає компанії ризику збоїв у ланцюзі постачання, викликаних політичною нестабільністю, природними катастрофами або коливаннями попиту.

Логістиці «холодного ланцюга» (англ. cold chain logistics) присвячені дослідження М. Субзварі та С. З. Насіра [85], оскільки ця частина функціонування фармацевтичної компанії є ще однією з областей вразливості в фармацевтичному ланцюзі постачання, оскільки деякі фармацевтичні продукти, особливо біологічні препарати та вакцини є чутливими до температури, вимагають суворого контролю температури під час транспортування та зберігання. Температурні коливання, що виникають при

перебуванні продукції поза рекомендованим температурним діапазоном, можуть знизити безпечність використання даних лікарських препаратів та ефективність їх дії.

З метою вирішення проблем, пов’язаних з вразливістю, що властива фармацевтичному ланцюгу постачання, невід'ємними компонентами сучасних практик забезпечення якості продукції, стали: відстежуваність, серіалізація та моніторинг в реальному часі, яким присвятили особливу увагу М. Хаї зі співавторами [44] в своєму дослідженні.

Проблеми оптимізації функціонування логістичних ланцюгів розглянуто у роботі О. А. Сергієнка, І. П. Голофаєвої, А. Д. Швеця [21], в якій показано, що використання математичних моделей дає змогу точніше прогнозувати попит, планувати виробничі потужності та логістичні процеси, що, в свою чергу, зменшує ризики браку або надлишків продукції.

Удосконалення процесу співпраці між фармацевтичними компаніями та постачальниками, також може оптимізувати ланцюг постачання. Працюючи в тісному контакті з постачальниками, виробники можуть краще зрозуміти їх можливості, ділитися очікуваннями щодо якості товару та співпрацювати над покращеннями продукції. Партнерство між виробниками продукції та її постачальниками забезпечує створення більш ефективної системи логістики, економії витрат і скорочення термінів виконання замовлень.

Запровадження прогнозування попиту є додатковою важливою стратегією для оптимізації ланцюга постачання та виробництва фармацевтичної продукції. Точне прогнозування попиту дозволяє фармацевтичним компаніям узгоджувати графіки виробництва з потребами ринку, зменшуючи ризик надвиробництва або нестачі товарів. Завдяки більш ефективному прогнозуванню попиту компанії можуть оптимізувати рівні запасів, покращити ефективність розподілу та зменшити надмірні витрати, пов'язані з утриманням великих запасів готової продукції.

Досягнення в автоматизації та штучному інтелекті широко висвітлені в дослідженні М. Тшехле-Нкуна та інших [87], оскільки вони все частіше

використовуються для покращення забезпечення якості фармацевтичних продуктів, що призвело до більш ефективних і надійних виробничих процесів. Автоматизація у фармацевтичному виробництві означає використання технологій для контролю та моніторингу виробничих процесів з мінімальним втручанням людини. Автоматизовані системи використовуються в різних фармацевтичних виробничих діяльностях, включаючи виробництво, пакування та перевірку якості. Автоматизовані системи забезпечують послідовне виконання технологічних процесів, зменшуючи ризик людської помилки та підвищуючи ефективність виробництва.

На сьогоднішній час штучний інтелект (ШІ) розглядається як невід'ємний інструмент забезпечення якості фармацевтичних продуктів, дозволяючи проводити прогнозну аналітику та інтелектуальне прийняття рішень, здійснених на основі аналізу даних, зібраних під час виробництва, для виявлення шаблонів виробничих процесів та виявлення відхилення від стандартних операційних процедур. Аналіз в реальному часі дозволяє швидко втрутитися, якщо система виявляє розбіжності, які можуть загрожувати якості продукції.

В дослідженні О. Ю. Гусєвої та С. В. Легомінової [7] цифрові технології розглядаються в якості засобів, що дозволяють утримувати підприємствам конкурентні позиції на ринку, але швидке їх оновлення потребує перманентного моніторингу та впровадження інноваційних рішень для управління бізнес-процесами.

Моделі машинного навчання, підмножина ШІ, можуть прогнозувати потенційні відмови обладнання, що дозволяє здійснювати заздалегідь сплановане профілактичне обслуговування та підвищує загальну ефективність виробництва фармацевтичних продуктів, мінімізуючи ризик дефектів.

В роботі Р. Халіма та М. Салема [45] досліджується специфіка використання цифрових двійників, що можуть ефективно використовуватися в процесі планування фармацевтичного виробництва, є застосування. Цифрові двійники дозволяють виробникам фармацевтичної продукції моделювати

потенційні сценарії та тестувати вплив змін процесу до їх впровадження в реальному середовищі. Це дозволяє приймати більш обґрунтовані рішення та зменшує ймовірність збоїв або відмов, які можуть загрожувати якості продукту. Автоматизація, штучний інтелект та цифрові двійники дозволяють фармацевтичним компаніям краще прогнозувати виробничі процеси, зменшувати ризики виробничих процесів та підтримувати стандарти якості продукції.

У дослідження Н. В. Стучинської та співавторів [24] здійснено аналіз потреб та можливостей використання методів математичного та комп'ютерного моделювання для раціоналізації процесів розроблення нових препаратів та доведення фармацевтичних засобів і виробів медичного призначення від виробничої до споживчої сфери.

Аналітика в реальному часі (англ. OLAP, online analytical processing – аналітична обробка у реальному часі) та прогнозне моделювання трансформують методику планування процесу фармацевтичного виробництва, надаючи виробникам необхідну інформацію, доступ до якої підвищує ефективність контролю якості. Аналітика в реальному часі передбачає безперервний моніторинг виробничих процесів та збір даних в реальному часі з датчиків, інструментів та обладнання. Отримані дані потім аналізуються для виявлення будь-якого відхилення від очікуваних результатів процесу. В роботі В. М. Горбачук та В. М. Дунаєвського [5] показано, що інтеграція аналітики в реальному часі в виробниче середовище створює більш динамічну та чутливу систему контролю якості, де продуктивність кожного етапу виробництва може оцінюватися безперервно на основі методики математичного та комп'ютерного моделювання.

На додаток до моніторингу в реальному часі, прогнозне моделювання дозволяє виробникам прогнозувати потенційні проблеми до моменту їх виникнення. Аналізуючи історичні дані з виробничих процесів, прогнозні моделі можуть виявляти тенденції та патерни (повторювані сценарії процесів), що можуть вказувати на підвищений ризик проблем якості (наприклад,

забруднення продукції або зношення обладнання).

Підхід прогнозного моделювання дозволяє передбачати проблеми, що можуть виникнути в процесі виробництва та впроваджувати профілактичні заходи, зменшуючи ймовірність дефектів та покращуючи загальну якість продукту.

РОЗДІЛ 2
МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА НА ФАРМАЦЕВТИЧНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

2.1 Сучасні моделі і методи планування виробництва

Існують два протилежні підходи до організації виробничого та логістичного процесів: моделі «просування» та моделі «витягування» готової продукції (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Групи моделей планування виробництва та їх характеристики

	«Виштовхуючі» моделі планування виробництва (push planning models)	«Витягуючі» моделі планування (pull planning models)
Принцип дії	Продукція «проштовхується» через виробничий процес за заздалегідь встановленим графіком, що базується на прогнозах майбутнього попиту.	Продукція виробляється і «переміщується» до наступного виробничого етапу лише у випадку, коли виникає потреба у наступному виробничому етапі чи надходить запит від кінцевого клієнта.
Механізм застосування	Кожен етап виробляє продукт незалежно готовності наступного, створюючи запаси як сировини, незавершеного виробництва та готової продукції.	Замість того, щоб виробляти про запас, кожен наступний етап «витягує» деталі або продукт у попереднього, при виникненні потреби.
Мета застосування	Стратегія ефективна, коли попит на продукт можна точно прогнозувати, або коли реклама та маркетинг активно стимулюють попит, як у випадку маркетингової стратегії, що просуває.	Основна мета - мінімізувати запаси та незавершене виробництво.

Джерело: [10]

«Просувні» системи планування відправляють продукцію на наступні етапи виробництва або до клієнта відповідно до заздалегідь складеного

графіка, ґрунтуючись на прогнозі попиту. У «витягуючих» системах черговий етап виробництва формує запит на відповідні складові, необхідні для процесу виробництва у попереднього етапу при виникненні необхідності.Значна кількість економічних об'єктів з метою моделювання процесів виробництва застосовують оптимізаційні методи, основними з яких виступають [14]:

– метод лінійного програмування, застосування якого є доцільним за умови відсутності чи гострій нестачі певного виробничого ресурсу [30]. Саме тоді вступає в дію пошук оптимуму з усіх можливих варіантів;

– метод контролю ефективності сегментів підприємства [47], суть якого полягає в оперативному контролі показників діяльності організації, проведеному на основі аналізу внутрішньої звітності, що дозволяє вчасно запобігти появі та зростанню ступеню впливу негативних моментів, пов'язаних з окремими сегментами бізнесу, а також посиленню їх впливу на інші області та результати діяльності організації в цілому;

– метод економічно обґрунтованого розміру замовлення Уілсона [73] (economic ordering quantity model, EOQ). Модель EOQ може бути використана для оптимізації розміру як виробничих запасів, так і запасів готової продукції, завдяки чому забезпечується необхідна підприємству кількість запасів і мінімізуються сукупні витрати на закупівлю і зберігання запасів на складі).

Використання «просувних» та «витягувальних» моделей планування процесу виробництва передбачає введення необхідних теоретичних обмежень:

– вводиться припущення, що величина попиту на товар відома та є незмінною протягом часу;

– витрата запасів підприємства необмежені;

– не розглядається випадок додаткової поставки товару;

– розглядається один конкретний вид товару, кількість якого постійно піддається обліку.

Під час застосування зазначених моделей планування виробництва використовується багатокритеріальна (векторна) оптимізація, під якою розуміють процедуру, суть якої полягає в необхідності використання

спеціальних математичних методів, що забезпечують отримання ефективних значень змінних (характеристик плану) в умовах присутності в задачі оптимізації кількох критеріїв, головний з них не встановлений [64].

Суттєвою перевагою даного методу є велика кількість витрат, що можна оптимізувати з його допомогою:

– витрати, пов’язані з об’ємом перепродаж – виробництво понад обсягу, необхідного замовникам;

– витрати, спричинені затримками у виробництві чи простій;

– витрати через виникнення незапланованих виробничих навантажень;

– витрати рівня запасів – придбання непотрібної на даному етапі виробництва сировини, напівфабрикатів, готових виробів.

Розглядаючи фармацевтичне виробництво, слід зазначити, що метод багатокритеріальної оптимізації підходить для використання, оскільки в ньому присутня достатня кількість рівнозначних критеріїв, провівши аналіз яких, можливо уникнути простою і розрахувати необхідну кількість запасів, щоб не допустити їх нестачі в разі непередбачених обставин або псування через надмірну кількість. Математична модель оптимального оперативного планування основного виробництва підприємства може бути описана у вигляді цільової функції та системи змішаних обмежень, що складається з системи рівнянь та нерівностей. Модель, що є оптимізованою, повинна оцінюватися кількісним заходом – критерієм оптимальності. На підставі вибраного критерію за допомогою математичного опису складається цільова функція, що представляє залежність заданих параметрів від відгуку системи. Після складання критерію оптимальності необхідно знайти максимальне або мінімальне значення основного показника поставленої задачі, яким може стати: прибуток підприємства, собівартість продукції, продуктивність виробництва або його рентабельність. Оптимальне планування роботи основного виробництва можна трактувати не лише як задачу мінімізації витрат, пов'язаних з перевиробництвом або недовиробництвом продукції, але і як задачу мінімізації витрат, пов'язаних із зміною обсягу випуску продукції в

одиницю часу при відомих коливаннях попиту в часі, або досягнення необхідних значень ключових показників виробництва [14].

Ключові показники ефективності планування виробництва (англ. key production indicators, KPI) ключові показники ефективності) – це критеріальні величини показників виробництва, що використовуються для оцінки та відстеження ефективності процесу виробничого планування. За допомогою ключових показників ефективності та порівняння їх із цільовими значеннями, визначеними у виробничих планах, компанії можуть визначити, чи йде виробництво за планом, та виявити проблеми, які потребують вирішення. Критерії ефективності планування виробництва наведено на рис. 2.1 та табл. Б.1 Додаток Б.



Рисунок 2.1 – Критерії ефективності планування виробництва

Джерело: [70]

Рішення щодо використання методу оцінки виробничих планів є важливим для ефективності системи планування та контролю виробництва. Існує кілька способів виконання процесу оцінки в плануванні. У випадку автоматизованих систем повністю автономне прийняття рішень можливе лише з використанням багатокритеріальних методів, серед яких найбільш часто використовуваними методами оцінки планування виробничого процесу є метод оціночних критеріїв та методика, заснована на функції визначення відстаней Мінковського [39].

Використання методу оціночних критеріїв [56] включає параметри завдань, що залежать від часу виконання та термінів, такі як: час виконання (C_j), час потоку (F_j), запізнення (L_j), відхилення (D_j), повільність (T_j), раннє виконання (E_j), де j – порядковий номер завдання, та параметри ресурсів, такі як завантаження ресурсу (Rd_i) або час простою (I_i).

У наборі завдань можна використовувати максимальне (f_{max}), агреговане (f_{sum}), зважене агреговане (f^{w}_{sum}), середнє ($\bar{f}$) та середньозважене (f^{w}) значення цих показників. Розрахунок значень показників відбувається таким чином:

$$fmax = max\,(fj);\ j = 1, 2, \dots, n; \tag{2.1}$$

$$fsum = \sum_{j=1}^{n} f_j; \tag{2.2}$$

$$f^{w}_{sum} = \sum_{j=1}^{n} w_j\, f_j; \tag{2.3}$$

$$\bar{f} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} f_j; \tag{2.4}$$

$$\bar{f}w = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_j f_j}{\sum_{j=1}^{n} w_j} \tag{2.5}$$

де Fj – час потоку;

j – порядковий номер завдання;

$fmax$ – максимальне;

$fsum$ – агреговане;

f_{sum}^{w} – зважене агреговане;

$\bar{f}$ – середнє;

$\bar{f}^{w}$ – середньозважене.

При перевірці критеріїв на узгодженість між ними може виникати неузгодженість або існувати обернений зв'язок. Два критерії К1 та К2 при будь-яких двох різних значеннях х1 та х2:

– є узгодженими, якщо: $\forall\, K1(x1) \leq K1(x2) \Rightarrow K2(x1) \leq K2(x2)$, $x1, x2 \in D$;

– є неузгодженими, якщо: $\exists\, K1(x1) \leq K1(x2) \Rightarrow K2(x1) \geq K2(x2)$, $x1, x2 \in D$;

– між ними існує зворотній зв’язок, якщо: $\forall\, K1(x1) \leq K1(x2) \Rightarrow K2(x1) \geq K2(x2), x1, x2 \in D$.

За умови, якщо визначаються зв'язки між усіма критеріями, є можливим побудова цільової функції, що описує виробниче планування. В той самий час, також можуть існувати критерії, які через їхню природу важко або неможливо формалізувати – для їх врахування використовується оціночне судження з точки зору фахівця.

Методика, заснована на функції відстані Мінковського, передбачає пошук рішень до найближчої затвердженої оцінки, параметричні показники якої вказані у виробничому плані підприємства. Оцінку рішень у евклідовому просторі можна виразити точкою. Ця точка відліку не була пов'язана з жодним існуючим прийнятним рішенням. Зазвичай відстань між точкою відліку та точкою, що представляє дане рішення, обчислюється за допомогою метрики Мінковського [86], що в загальному вигляді вираженої формулою:

$$L_{\delta}(z^{ref};\, z^{r}) \;=\; \left(\sum_{j=1}^{nk} \left| z_j^{ref} - z_j^{r} \right|^{\delta}\right)^{\frac{1}{\delta}} \qquad (2.6)$$

де $z^{ref} = \{z_j^{ref}, j = 1, \dots, nk\}$ – значення досліджуваних величини у відповідних точках;

$z^r = \{z_j^r, j = 1, \dots, nk\}, z_j^r = Kj(Hr)$ – точка, значення величини в якій відповідає значенню при прийнятті сценарію рішень H_r;

nk – розмір критеріального набору (загальної кількості критеріїв, що використовуються для здійснення оцінки);

δ – параметр функції відстані (у даному випадку – кількість критеріїв, згідно з якими здійснюється оцінювання).

Через велику кількість даних, що підлягають обробці та складнощі, що виникають при використанні зазначених аналітичних розрахунків на підприємствах для консолідації інформації використовують ERP-системи для обліку та роботи з підприємствами-партнерами, надання аналітичних звітів, зберігання даних про працівників та планування процесу виробництва.

В той самий час, при введенні в експлуатацію ERP-системи необхідним є враховувати обмежувальні чинники [20]:

– впровадження ERP-системи без урахування стратегії розвитку підприємства;

– недооцінка складності процесу впровадження системи на підприємство;

– прийняття рішень типізується конкретною бізнес-логікою, побудоване на певних алгоритмах, що не завжди є прийнятними чи оптимальними;

– неправильне визначення масштабу підприємства, який автоматизується;

– тривалість процесу впровадження ERP-системи, може сягати до 3-5 років.

Обмеженість традиційних ERP-систем полягає в неповній здатності враховувати невизначеність та ризики, робити висновки про стійкість систем. Методом лінійного програмування вирішуються задачі пошуку оптимального

плану виробництва, оптимізації виробничої програми, схеми транспортувань, витрат та доходів виробничих ресурсів. Останніми роками багато великих виробників ERP-систем надали свої рішення (часом «урізані» версії своїх попередніх продуктів) сегментам середнього і малого бізнесу, що, навпаки, розширили функціональність своїх продуктів і спробували проникнути в сферу рішень для великого бізнесу.

Найкращим способом впровадження інформаційної системи класу ERP на підприємстві є розроблений проект [11]. ERP-проект – це комплекс скоординованих організаційних, інвестиційних, економічних, аналітично-дослідницьких, інформаційно-технологічних і виробничих заходів, метою яких є інформатизація діяльності підприємства, збільшення ефективності й оптимізація управління його ресурсами шляхом впровадження інформаційної системи на підприємстві та досягнення пов'язаних із цим процесом цілей.

Ефективність інформаційної системи визначається на всіх рівнях існуючих бізнес-процесів:

– на загальносистемному рівні – підвищенням якості управлінських рішень; на рівні фінансів – підвищенням оборотності капіталу;

– на рівні логістики – широким і стабільно поповнюваним асортиментом без надлишкових запасів;

– на рівні стосунків з постачальниками – підвищенням ефективності закупівель;

– на рівні стосунків з клієнтами – персональними знижками і маркетинговими акціями.

Промислова динаміка фармацевтичного виробництва диктує необхідність теоретичного обґрунтування принципів стратегічного планування, орієнтованих на інтеграцію всіх рівнів прийняття рішень в єдину, логічно обґрунтовану адаптивну модель планування, при використанні якої не можуть виникати внутрішні логічні протиріччя. Така модель повинна забезпечувати стійкість управлінських рішень, також враховувати вплив інноваційних, цифрових і поведінкових факторів виробництва на процеси

формування і реалізації стратегічних пріоритетів діяльності підприємства.

Стратегічне планування є найважливішим елементом механізму планування фармацевтичного виробництва, що забезпечує довгострокову конкурентоспроможність і стійкість діяльності промислових компаній в умовах ринкового середовища, що характеризується нестабільною динамікою функціонування [25]. Для ефективного стратегічного планування на фармацевтичних підприємствах необхідною є опора на чітку методологію, що включає можливість інтеграції сучасних цифрових рішень і технологій.

Розробка ефективних стратегій на фармацевтичних підприємствах повинна спиратися на основні принципи стратегічного планування, що в залежності від спрямованості та функціонального призначення можуть бути об’єднані в наступні групи, що продемонстровано в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Групи принципів стратегічного планування процесу виробництва

Групи принципів стратегічного планування	Принципи стратегічного планування
Структурні	цілісність
	системність
	узгодженість діяльності рівнів
Адаптивні	адаптивність
	гнучкість щодо внесення коректівів
	сценарний підхід
Цільові	орієнтація на довгострокову перспективу
	конкретизація цілей
	ієрархічність цілей
Ефективності	ресурсна оптимізація
	підвищення продуктивності
	обгрунтованість інвестицій
Інноваційно-технологічні	інтеграція інформаційних технологій
	технологічна гнучкість
	прогностична аналітика
Контрольно-управлінські	моніторинг та зворотній зв'язок
	оцінка ефективності
	неперервність контролю

Джерело:[9]

Структурні принципи формують методологічний каркас стратегічного планування на підприємстві. Їх задача – забезпечити логічну цілісність і

узгодженість всіх управлінських рівнів і напрямків діяльності підприємства. Центральним серед них виступає принцип цілісності, що передбачає охоплення всіх елементів системи управління з урахуванням їх взаємозв'язків між собою.

Принцип цілісності доповнюється принципом системності, який орієнтований на строго упорядковане проходження етапів планування – від аналізу зовнішнього і внутрішнього середовища до контролю реалізації виробничих стратегій. Важливу роль відіграє принцип узгодженості рівнів планування, що забезпечує логічний взаємозв'язок стратегій на корпоративному, функціональному і операційному рівнях.

Спільне застосування цих принципів дозволяє подолати фрагментарність в управлінні і вибудувати єдиний стратегічний напрямок розвитку фармацевтичного підприємства.

Адаптивні принципи орієнтовані на формування гнучкої і чутливої до змін системи стратегічного планування процесу виробництва. Висока зовнішня і внутрішня нестабільність середовища обумовлюють необхідність здатності оперативно адаптуватися до змін, стає критичним фактором рівня конкурентоспроможності фармацевтичного підприємства.

В цій групі найважливішим є принцип адаптивності, що передбачає готовність підприємства своєчасно реагувати на зміни середовища, що доповнюється принципом гнучкості коригувань, що дозволяє переглядати стратегічний курс підприємства без втрати керованості і фокусування на головних цілях виробничого процесу.

Особливе значення набуває і принцип сценарного підходу, що забезпечує опрацювання альтернативних стратегій розвитку підприємства в залежності від динаміки факторів ризику.

Цільові принципи задають чітку направленість стратегічному плануванню на досягнення конкретних і довгострокових результатів та формують орієнтири розвитку підприємства, забезпечуючи узгодженість дій усіх підрозділів фірми в рамках єдиної стратегії розвитку та діяльності.

В їх основі лежить принцип довгострокової орієнтації, що передбачає фокус на сталому розвитку в коротко- та довгостроковій перспективі, виходячи за рамки поточного циклу ділової активності. Виконанню даного завдання сприяє принцип конкретизації цілей, в рамках якого стратегічні пріоритети повинні бути чітко сформульовані, вимірювані і зрозумілі всім учасникам процесу. Принцип ієрархії цілей забезпечує логічну структурованість завдань на різних рівнях управління – від корпоративного до операційного.

Спільна реалізація цих принципів дозволяє пов'язати стратегічне планування з реальними потребами підприємства і вибудувати послідовний рух до стійких конкурентних позицій.

Одним з ключових орієнтирів у цьому контексті виступає принцип ресурсної оптимізації (ресурсного планування), що передбачає ефективне розподілення фінансових, матеріальних і трудових ресурсів при досягненні мінімізації витрат і максимізації створюваної цінності.

Не менш важливим є принцип підвищення продуктивності, спрямований на вдосконалення виробничих процесів, поліпшення якості готової продукції та зростання результативності праці. Принцип обґрунтованості інвестицій передбачає пріоритизацію вкладень, що безпосередньо сприяє виконанню стратегічних цілей і забезпечує повернення вкладених ресурсів.

Інноваційно-технологічні принципи відображають ключову тенденцію сучасного стратегічного управління – необхідність інтеграції інформаційних рішень і технологічних інновацій у процес стратегічного планування. В умовах стрімких технологічних змін саме ці принципи дозволяють фармацевтичним підприємствам не тільки зберігати актуальність стратегій діяльності, проте й забезпечувати стійкість і точність їх реалізації.

В центрі уваги знаходиться принцип інтеграції цифрових технологій, який передбачає активне використання систем штучного інтелекту, цифрових двійників, ERP-систем і аналітичних платформ для підвищення точності аналізу, моделювання сценаріїв і прийняття рішень. Цьому сприяє принцип

технологічної гнучкості, орієнтований на швидку адаптацію до нових інструментів планування і технологічних можливостей їх реалізації.

Суттєву роль відіграє принцип прогностичної аналітики, згідно з яким прогнозування повинно спиратися на машинне навчання, інтелектуальну обробку даних і сценарне моделювання, що дозволяє врахувати широкий спектр факторів і мінімізувати рівень стратегічної невизначеності.

Контрольно-управлінські принципи спрямовані на побудову системи постійного моніторингу виробничого процесу, виявлення відхилень і своєчасного внесення коректив, що особливо важливо в умовах нестабільного зовнішнього середовища і високої конкуренції.

Найважливішим серед зазначених є принцип моніторингу виробничого процесу і зворотного зв'язку, що передбачає наявність механізмів безперервного контролю за виконанням стратегічних планів, аналізу відхилень і оперативної реакції у разі їх виникнення. Принцип моніторингу доповнюється принципом оцінки ефективності реалізації стратегії, який базується на використанні аналізу ключових показників ефективності, цифрової аналітики і візуальних панелей управління. До цієї групи входить принцип безперервності стратегічного контролю, що вимагає регулярної переоцінки стратегічних орієнтирів і адаптації планів з урахуванням нових даних і тенденцій. Спільно ці принципи забезпечують не тільки прозорість стратегічного управління, але й його динамічність, спрямованість на результат і стійкість до змін.

Методологія планування виробничого процесу задає рамки і напрямок стратегічного планування, а методи забезпечують практичну реалізацію поставлених завдань на кожному етапі стратегічного процесу.

В рамках кожної групи методів містяться певні їх підвиди, що забезпечують реалізацію принципів стратегічного планування (табл. 2.3).

Методологія стратегічного планування виробничого процесу формує концептуальний каркас, в рамках якого реалізуються аналітичні процедури, формуються цілі, розробляються сценарії розвитку і приймаються важливі для

підприємства управлінські рішення. Методами стратегічного планування є практичні інструменти і техніки, застосовувані в рамках обраної методології для аналізу, прогнозування, оцінки і вибору стратегічних рішень.

Таблиця 2.3 – Взаємозв'язок методології з принципами стратегічного планування

Групи методів	Види методів
Традиційні	SWOT-аналіз
	PEST-аналіз
	матриця BCG («зростання – частка ринку»)
	фінансове моделювання
Інформаційні	аналіз великих даних (BDA)
	моделювання цифрових двійників
	оптимізація за допомогою ШІ
Корпоративні	стратегічні карти цілей
	портфельний аналіз бізнесу
Функціональні	конкурентний аналіз
	побудова бізнес-моделей
Адаптивні	agile-менеджмент
	сценарне прогнозування (форсайт-прогнозування)
	сценарне планування
Юніт-підходи	функціональний
	процесне моделювання

Джерело: [14]

Традиційні методи планування процесу виробництва застосовуються в умовах стабільного середовища і передбачають побудову довгострокових прогнозів. Ключовими серед них є SWOT-аналіз, що дозволяє оцінити внутрішні та зовнішні фактори впливу на функціонування підприємства; PEST-аналіз для вивчення макрооточення підприємства; матриця BCG («зростання» – «частка ринку») для розподілу ресурсів між напрямками бізнесу; фінансове моделювання як інструмент оцінки доходності і ризиків стратегічних рішень.

Адаптивні методи будуються на гнучкості і постійній актуалізації виробничих планів. В цю групу входять сценарне планування, орієнтоване на підготовку до різних варіантів майбутнього; форсайт-аналіз, що дозволяє виявляти довгострокові тренди і слабкі сигнали ринкового середовища; agile-

менеджмент, використання якого засноване на коротких ітераційних циклах з наявним постійним зворотним зв'язком.

Інформаційні методи спираються на технології обробки даних і автоматизації процесу виробництва фармацевтичного підприємства. Вони включають аналіз великих обсягів даних (англ. big data analytics, BDA) для виявлення закономірностей і створення прогнозів; моделювання на основі цифрових двійників (англ. digital twins), що дозволяє тестувати стратегічні сценарії у віртуальному середовищі; використання штучного інтелекту для автоматизованого аналізу і оптимізації стратегій в умовах високого ступеня невизначеності.

На корпоративному рівні застосовуються методи, спрямовані на формування місії, глобальних цілей і розподіл ресурсів всієї організації. До них відносяться: аналіз макроекономічного середовища, побудова стратегічних карт і портфельний аналіз.

На рівні бізнес-одиниць використовується інструментарій юніт-економіки (англ. unit economics), що дозволяє конкретизувати стратегію для окремих напрямків діяльності. Найбільш актуальними є конкурентний аналіз, розробка бізнес-моделей і адаптований SWOT-аналіз підрозділів підприємства.

Функціональні методи орієнтовані на застосування стратегічних підходів всередині окремих сфер діяльності: маркетинг, виробництво або логістика. В цьому контексті застосовуються функціональний бенчмаркінг, процесне моделювання і аналіз ланцюгів створення цінності (виробничих ланцюгів), що дозволяють адаптувати загальну стратегію виробництва до особливостей виконуваних функцій кожного з підрозділів підприємства.

Формалізовані методи, що засновані на стандартизованих алгоритмах і чітко заданих процедурах, забезпечують високий рівень керованості виробничим процесом, його відтворюваності і дозволяють проводити об'єктивну оцінку досягнутих отриманих результатів.

2.2 Особливості застосування ERP-системи в процесі планування виробництва на фармацевтичному підприємстві

Фармацевтична галузь виробництва зазнає глибокої трансформації, зумовленої прогресом у інформаційних технологіях (IT). При цьому основі функціонування ERP-систем розробляються інтегровані рішення, що використовуються з метою спрощення процесів виробництва, управління запасами, оптимізації ланцюгів постачання, дотримання нормативних вимог та інтеграції даних, що суттєво сприяє операційній ефективності та організаційній гнучкості виробничого процесу фармацевтичного підприємства [57].

Системи ERP є інтегрованими програмними платформами, що дозволяють підприємствам керувати різними бізнес-функціями в уніфікованій системі, спрощуючи процеси планування виробництва та управління запасами. Об'єднуючи ці функції в єдину, узгоджену структуру, системи ERP дозволяють фармацевтичним компаніям оптимізувати використання ресурсів, зменшувати рівень операційної неефективності, покращувати якість прийняття рішень та підтримувати відповідність виробничого процесу регуляторним стандартам.

Впровадження систем ERP у фармацевтичній промисловості представляє собою перехід від традиційних, ізольованих операційних практик до більш цілісних підходів, орієнтованих на дані, доступні в реальному часі.

Основними функціями ERP-систем у фармацевтичних IT є [28]:

– інтеграція даних: ERP-системи консолідують дані з різних відділів, забезпечуючи, щоб усі зацікавлені сторони мали доступ до точних і актуальних даних, від графіків виробництва до показників рівнів запасів і фінансових показників;

– автоматизація рутинних процесів: автоматизуючи процес виконання ручних завдань (наприклад, відстеження запасів, обробка замовлень,

фінансове звітування), ERP-системи допомагають зменшити ризик виникнення людської помилки, покращити точність розрахунків та підвищити їх ефективність;

– забезпечення відповідності регуляторним вимогам: ERP-системи відіграють критичну роль у допомозі фармацевтичним компаніям підтримувати відповідність глобальним регуляторним стандартам якості продукції. Процес включає підтримку аудиторських записів, автоматизацію звітування та забезпечення відстежуваності руху сировини, процесів виробництва та розподілу;

– підвищення рівня ефективності процесу прийняття рішень: завдяки аналітиці даних в реальному часі та можливостям бізнес-інтелекту, ERP-системи дозволяють фармацевтичним компаніям приймати обґрунтовані рішення щодо контролю запасів, графіків виробництва та фінансового планування.

Системи ERP не є статичними, і пройшли значний еволюційний шлях впродовж останнього часу через необхідність задовольнити постійно зростаючі потреби фармацевтичної промисловості. Ці досягнення включають застосування хмарних ERP-рішень [88]. Хмарні ERP-системи дозволяють уповноваженим користувачам отримувати доступ до даних виробничих систем з будь-якої географічної точки, покращуючи співпрацю щодо прийняття рішень, особливо для компаній з глобальними операціями.

Сучасні ERP-системи все більше інтегруються з передовими технологіями, такими як штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН) та Інтернет речей (IoT), що відкривають нові можливості для фармацевтичних компаній покращити операційну ефективність, поліпшити прогнозування та оптимізувати виробничий процес на фармацевтичному підприємстві [31]:

– інтегруючи алгоритми ШІ та МН, ERP-системи можуть прогнозувати патерни (повторювані сценарії) попиту, оптимізувати запаси та виявляти потенційні проблеми у виробництві;

– IoT: ERP-системи набули здатності інтегрувати дані з IoT-пристроїв,

таких як датчики температури, що використовуються в фармацевтичному ланцюгу постачання, що забезпечує відстеження товарів у реальному часі, таких як фармацевтичні препарати, гарантуючи, що вони зберігаються та транспортуються в правильних умовах.

Однією з найкритичніших областей, де ERP-системи принесли трансформаційні зміни у фармацевтичній промисловості, є управління ланцюгом постачання. Використання технології ERP-систем в управлінні ланцюгом постачання призвів до:

– забезпечення кінцевої видимості ланцюга постачання, дозволяючи відстежувати товарні запаси, сировину та готову продукцію в реальному часі від постачальників до споживачів, що допомагає зменшити ризик нестачі товарів, мінімізувати надлишок запасів та покращити точність прогнозування.

– управління відносинами з постачальниками (англ. supplier relationship management, SRM): ERP-системи дозволяють краще керувати відносинами з постачальниками, автоматизуючи процеси закупівлі, забезпечуючи своєчасну доставку та відстежуючи продуктивність постачальників.

– управління холодним ланцюгом: фармацевтичні продукти, особливо біологічні препарати та вакцини, вимагають точного контролю температури під час транспортування. ERP-системи, які інтегруються з IoT-датчиками, надають дані в реальному часі про коливання температури, забезпечуючи цілісність чутливих продуктів протягом усього ланцюга постачання.

Незважаючи на досягнення, впровадження ERP-систем у фармацевтичній промисловості не обходиться без викликів, до яких відносяться [33]:

– складність налаштування: налаштування ERP систем для задоволення специфічних потреб фармацевтичних компаній може бути трудомістким і дорогим процесом;

– інтеграція даних: інтеграція даних із застарілих систем, носіїв та баз даних зовнішніх постачальників та регуляторних органів може бути складною;

– управління змінами: співробітники фармацевтичних підприємств

можуть стикатися з опором новим технологіям, що вимагає значних інвестицій у навчання та управління змінами.

Математичний алгоритм, що лежить в основі функціонального механізму ERP-систем базується на загальних принципах лінійного програмування та формальної логіки – мова йде про відсутність виникнення ситуацій внутрішніх системних суперечностей (логічних невідповідностей) при розробці проекту плану виробничого циклу.

Нехай X_i є вектором запланованого випуску продукції підприємства. Вектор b_i чисельно дорівнює наявним на складі ресурсам, комплектуючим чи напівфабрикатам. Індексна відповідність використовується для відображення виробничого процесу: продукція, позначенаX_i відповідає ресурсам b_i.

Модель планування виробничого процесу складається із цільової функції та сукупності обмежень двох видів, що відповідають матриці комплектації виробів та технологічним матрицям виробництва продукції. Відмінність у типах обмежень полягає у тому, що обмеження, пов'язані із матрицею комплектації, включають компонент $-X_i$, що означає можливість поповнення відповідного ресурсу b_i за рахунок його виробництва на підприємстві.

Обмеження технологічного характеру встановлюють неможливість поповнення ресурсу за рахунок власного виробництва підприємства. Додатковою умовою даної системи нерівностей, відповідно до вирішення завдання оптимізації використання ресурсів, є мінімізація використання ресурсу c_i при виготовленні продукції відповідного типу [8]:

$$\sum_{i=1}^{n} c_i X_i \rightarrow min \tag{2.7}$$

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} a_{ij} X_j - X_i + Z_i \leq b_i \tag{2.8}$$

$$\sum_{j=1, j\neq i}^{n} a_{ij} X_j \leq b_i \tag{2.9}$$

$$X_i \geq 0;\ i = 1, 2, \dots, n \tag{2.10}$$

$$a_{ij} \geq 0;\ i = 1, 2, \dots, n;\ j = 1, 2, \dots, n \tag{2.11}$$

де X_i – продукція;

b_i – ресурси;

$a_{ij,}$ – змінні, що відображають неможливість від'ємного виробництва.

Необхідною умовою є невід'ємність значень змінних X_i та a_{ij}, що відображають неможливість від'ємного виробництва (тобто знищення) продукції, що була виготовлена. Невід'ємність значень технологічних коефіцієнтів a_{ij} полягає у тому, що під час виробництва продукції певні ресурси або не використовуються зовсім, або лише споживаються.

Економічний зміст такої постановки задачі оптимізації виражається у мінімізації витрат на виробництво усіх видів продукції (як кінцевої, так і необхідних проміжних комплектуючих та напівфабрикатів) під час забезпечення виконання отриманого замовлення (вектор Z_i). Рівень ефективності використання ресурсів оцінюється відповідно до затрат на випуск продукції для забезпечення відповідного замовлення: чим меншими будуть затрати, тим ефективніше будуть використовуватись усі види ресурсів.

Ресурси, що не використані для забезпечення замовлення Z_i можуть бути використані для планування виробництва з метою отримання максимального прибутку, тобто перерозподіл доступної кількості додаткових ресурсів дозволить здійснити випуск максимальної кількості продукції X_i, на яку є попит, але вона не входить до наявних натепер замовлень на підприємстві.

Управління сучасним виробництвом включає у себе велику кількість алгоритмів вирішення загальних та часткових завдань на різних рівнях керування підприємством [25]. Враховуючи багатогранність процесу управління та прийняття рішень, не вважається за можливе заздалегідь описати усі можливі варіанти модернізації виробництва та інших заходів, спрямованих на забезпечення виконання замовлення Z_i. Вирішення цієї проблеми полягає в покроковій зміні обмежень, що існують в початковій

оптимізаційній задачі для виявлення найбільш вигідного варіанту її вирішення.

Модифікація початкової задачі полягає у покроковій зміні коефіцієнтів a_{ij} та b_i. До інформаційної системи вносяться лише допустимі з технологічного погляду межі зміни коефіцієнтів. Враховується вплив зміни параметра на кінцевий результат моделювання виробничого процесу, що безпосередньо випливає з вартості впровадження запропонованих заходів із покращення рівня ефективності відповідного коефіцієнта.

Загальний алгоритм роботи системи планування виробництва можна навести у такому вигляді [22]:

1) вирішення початкової задачі з метою отримання оптимального плану виробництва або виявлення умови несумісності обмежень;

2) у разі несумісних обмежень початкової задачі – визначення «вузьких» місць виробництва;

3) за всіма видами продукції розраховується необхідність їх обсягу випуску:

$$X_i^{Need} = \sum_{j=1, j\neq i}^{n} a_{ij} X_j + Z_i - b_i \qquad (2.12)$$

де X_i – продукція;

b_i – ресурси;

a_{ij}, - змінні, що відображають неможливість від'ємного виробництва.

Z_i – замовлення.

Алгоритм розрахунку починається із виробів, розташованих «найвище» по ієрархії процесу виробництва через необхідність визначити кількість виробів, на основі якої стає можливим визначення кількості комплектуючих, необхідних для виготовлення виробів даного типу. Цей процес виконується для всіх виробів підприємства;

4) для кожного виду продукції визначається максимально можливий обсяг випуску її одиниць, виходячи з наявних ресурсів. На відміну від попереднього етапу, цей процес починається з «нижніх» блоків ієрархічної системи, тобто з виробів, до складу яких входять лише ресурси чи комплектуючі, що не випускаються на цьому підприємстві.

Оскільки виробництво певного продукту пов'язане з використанням декількох видів ресурсів, то максимальний випуск розраховується за найдефіцитнішим вхідним ресурсом, тобто обирається мінімальне значення виробництва серед можливих за усіма вхідними ресурсами:

$$X_i^{MaxProd} = min \frac{b_i + X_i - Z_i}{a_{ij}} \quad (2.13)$$

де X_i та a_{ij}, b_i – змінні;

Z_i – замовлення;

$X_i^{MaxProd}$ – максимальний випуск.

5) на основі значень X_i^{Need} та $X_i^{MaxProd}$ визначається завдання на випуск відповідної продукції згідно формулі:

$$X_i^{Prod} = min\,(X_i^{Need}; X_i^{MaxProd}) \quad (2.14)$$

де $X_i^{MaxProd}$ – максимальний випуск;

X_i^{Need} – необхідний випуск.

Завдання на випуск продукту визначається обмеженнями, що накладаються:

– наявністю певного ресурсу;

– умовами можливості випуску продукту у необхідній кількості;

– фізичним обсягом його максимально можливого випуску за цих умов;

6) на основі попередніх показників коефіцієнтів a_{ij} та b_i розраховуються нові значення коефіцієнтів. Для обмежень із комплектації формули матимуть такий вигляд [12]:

$$a_{ij}^{opt} = \frac{b_i + X_i - Z_i - \sum_{j=1, j\neq i}^{n} a_{ij} X_{ij}}{X_{ij}}; \quad (2.15)$$

$$b_i^{opt} = \sum_{j=1, j\neq i}^{n} a_{ij} X_j - X_i + Z_i \quad (2.16)$$

де X_i – продукція;

b_i – ресурси;

a_{ij}, - змінні, що відображають неможливість від'ємного виробництва;

Z_i – замовлення.

У випадку наявності технологічних обмежень нові коефіцієнти розраховуються наступним чином:

$$a_{ij}^{opt} = \frac{b_i - \sum_{j=1, j\neq i}^{n} a_{ij} X_{ij}}{X_{ij}}; \quad (2.17)$$

$$b_i^{opt} = \sum_{i=1}^{n} a_i X_i \quad (2.18)$$

де X_i – продукція;

b_i – ресурси;

a_{ij}, - змінні, що відображають неможливість від'ємного виробництва;

Z_i – замовлення.

Значення коефіцієнтів відповідає випадку, коли є можливість повністю виконати необхідне замовлення Z_i та забезпечити необхідний випуск комплектуючих, пов'язаних із відповідним обмеженням для подальшого виготовлення продукції X_i, також повністю використати наявні ресурси. При цьому це досягається за зміни лише одного із коефіцієнтів моделі у межах

одного обмеження за ресурсами.

За умови, якщо $a_{ij}^{opt} \geq a_{ij}$, то поточне його значення не потребує покращення для забезпечення виконання замовлення Z_i. У разі, якщо $a_{ij}^{opt}<a_{ij}$, то має місце необхідність покращення відповідного коефіцієнта a_{ij}. У разі можливості зміни a_{ij} до значення a_{ij}^{opt}, проблему дефіциту конкретного ресурсу буде повністю вирішено.

Для коефіцієнтів b_i^{opt} має місце таке відношення: якщо значення $b_i^{opt} \leq b_i$, на підприємстві досить відповідних ресурсів для забезпечення виробництва замовлення Z_i, у іншому разі має місце необхідність залучення додаткових обсягів ресурсу b_i для забезпечення необхідного обсягу виробництва. У разі неможливості досягнення результату за рахунок одного коефіцієнта можливо одночасно змінити декілька коефіцієнтів у межах одного обмеження для досягнення необхідного сукупного ефекту.

Ітераційний процес зміни параметрів моделі планування виробництва продукції дає змогу розглянути декілька можливих його варіантів та одразу отримати оцінку можливих наслідків прийняття рішення. У разі неприйнятності рішення, отриманого на певній ітерації (кроці), завжди є можливість повернутися до його попереднього стану (до попередньої ітерації).

Для вирішення завдань такого типу широко використовуваним різновидом ERP-систем є IFS Applications (англ. Industrial and Financial Systems Applications – Система планування ресурсів підприємства: Промислові та фінансові системи) – система підтримки життєвого циклу активів та здійснення управління виробничими проектами (від створення проекту фабрики до технічного обслуговування обладнання). В системі існують плани контролю якості та статистичний контроль процесів, завдяки чому контролюється безпека товару при переміщенні та забезпечується належний рівень якості готової продукції [52].

До складу IFS Applications входять готові інструменти управління виробничим процесом, ремонтними роботами, фінансами, ланцюгами

поставок, персоналом, інжинірингом, взаємовідносинами із замовниками, якістю та загальною ефективністю функціонування підприємства. У ній реалізовано управлінську концепцію, яка дозволяє здійснити взаємоузгоджене управління життєвими циклами продукції (PLM), основними фондами (ALM/EAM) та роботою із замовниками.

IFS Applications використовується для процесного, дискретного, проектного та змішаного типів виробництв. Підтримується весь відомий діапазон моделей управління: «виготовлення на склад»; «складання на замовлення»; «виготовлення на замовлення»; «конструювання на замовлення».

Функціональні можливості моделі планування використання ресурсів та управління процесом виробництва дозволяють підтримувати «ощадливе» виробництво та відповідність світовим стандартам якості, серед яких галузеві стандарти виробництва та вимоги регулюючих органів.

IFS-система призначена для великих підприємств із сегментованою (компанія, виробництво, цех, виробнича ділянка, робоче місце) або територіально-розподіленою структурою та налаштовується на потреби промислового підприємства незалежно від широти спектру та повноти функцій управління виробництвом [19].

Система підтримує повний життєвий цикл продукції, тобто підсистеми, що включають процеси виробництва, розробки та дизайну, постачання, техобслуговування та ремонти. Дані підсистеми утворюють інтегровану структуру, що пов'язує між собою документи, факти та події, що стосуються продукції протягом життєвого циклу від розробки до зняття з експлуатації.

Концепція управління ланцюгами постачання (SCM) у цій системі ґрунтується на факті, що переважна більшість суб'єктів-організаторів матеріальних потоків є, з одного боку, постачальниками товарів/продукції, з іншого боку, її споживачами.

Матеріальний потік, проходячи «крізь» чергового учасника, змінюється якісно (номенклатура товарів) та кількісно. Початком ланцюга можуть бути

зовнішні постачальники/виробники, діяльність яких не є предметом автоматизації, кінцем – кінцеві замовники/споживачі продукції. Описуючи в системі кожен такий суб'єкт як постачальника і одночасно як клієнта, з'являється можливість планувати з урахуванням функцій модулів IFS «Постачання» та IFS «Збут» повний рух товаропотоків.

Реалізувати концепцію SCM дозволяє механізм налаштувань, що є в модулі IFS «Постачання», що дозволяє здійснювати автоматичну генерацію замовлень постачання з урахуванням замовлень збуту. І, навпаки, генерацію замовлень збуту з урахуванням інформації про потреби – створених замовленнях постачання, у яких постачальником виступає даний суб'єкт, виробничих замовленнях тощо. Кінцевим результатом є автоматизація ланцюга поставок, що залишає можливість ручного контролю на будь-якому етапі виробничого планування.

Рішення IFS «Управління ланцюгами постачання» (SCM) базується на процесно-орієнтованому підході до оптимізації ефективності ланцюга постачання. Для прийняття ефективних управлінських рішень часто потрібні детальні відомості про рух продукції по всьому ланцюгу поставок.

При використанні інтегрованого комплексу IFS Applications, в якому функціональність SCM доповнюється модулями ERP, CRM та підтримки Інтернет-взаємодії із зовнішніми організаціями, можна отримати додаткові вигоди за рахунок безшовної інтеграції та роботи в єдиному інформаційному просторі. У системі існує і така важлива функціональність, як підтримка повідомлення про події на різних етапах ланцюга поставок (модуль IFS «Сповіщення про події»).

Типове рішення з управління ланцюгом поставок (SCM-система) охоплює регіонально-розподілений бізнес групи компаній (включаючи їх виробничі потужності, розподільні центри та торговельні офіси, в тому числі за кордоном) та її партнерів з ланцюга поставок (дистриб'юторів, оптовиків, роздрібну мережу, підприємства-споживачів).

Реалізована в IFS концепція SCM включає три елементи: планування

ланцюга поставок (англ. supply chain planning, SCP); реалізація ланцюга поставок (англ. supply chain execution, SCE); відстеження ефективності ланцюга постачання.

Планування ланцюга поставок охоплює потік попиту і те, як компанії, організації та окремі підрозділи взаємодіють між собою під час процесу постачання готовою продукцією чи проміжними продуктами виробничого процесу.

Реалізація ланцюга поставок охоплює рух матеріалів, товарів та послуг, інформаційні та фінансові потоки як вгору, так і вниз по всьому ланцюгу. Можливість у режимі on-line бачити статус замовлення по всьому ланцюгу та обробляти повернення у різних підрозділах дозволяє підвищити гнучкість організації та швидкість реагування.

Відстеження ефективності ланцюга поставок (функціональність для керівників вищих ланок) здійснюється за допомогою інтегрованого в систему модуля IFS «Ефективність підприємства», що містить ключові показники ефективності (KPI), у тому числі пов'язаних з поставками.

Незважаючи на переваги, системи IFS мають деякі недоліки [63]:

– складність у впровадженні та експлуатації;
– висока вартість впровадження;
– системи IFS потребують регулярного обслуговування;
– висока ймовірність міграції («витоку») даних про виробничі процеси.

Незважаючи на недоліки IFS-системи, переваги, що отримує підприємство від її впровадження, мають більш суттєве значення, оскільки система дає можливість підвищити конкурентоспроможність та прибутковість, збільшити темпи розвитку підприємства та створити єдиний інформаційний простір виробництва, що в подальшому підвищить ефективність діяльності підприємства в цілому.

2.3 Розробка модифікованої моделі процесу планування виробництва фармацевтичної компанії з використанням ERP-системи

Одним із суттєвих елементів процесу виробничого планування є визначення точок проникнення замовлення (order penetration point, OPP) – етапів у виробничому ланцюзі, де продукція пов'язується з конкретним замовленням клієнта, переходячи від виробництва за прогнозами («push») до виробництва за реальним попитом («pull»).

Дані елементи системи планування виробництва є ключовими показниками, що визначають, наскільки гнучкою та адаптивною є виробнича стратегія компанії до потреб споживачів; його використання веде отримання переваг від використання як стратегій MTS, так і стратегій MTO, відповідно до різних параметрів вартості виробничих ліній.

Баланс попиту та пропозиції був одним із найважливіших питань у виробничих компаніях протягом останніх десятиліть. Виробничі компанії застосовують різноманітні підходи до управління запасами та постачанням, використання яких може принести максимальну вигоду від інвестицій у сировину, незавершене виробництво та запаси готової продукції [41].

Зберігання готової продукції, затримки замовлень, дефіцит та утилізація застарілої та простроченої продукції є найпоширенішими витратами на зберігання запасів у виробничій системі [90].

Багато з вищезгаданих витрат на запаси пов'язані з використанням стратегії MTS (виробництво на склад), де компанія виробляє готову продукцію на основі прогнозу ринкового попиту. Найважливішою особливістю стратегії MTS є отримання вищих показників задоволення замовлень порівняно з іншою стратегією – виробництво на замовлення (MTO).

Стратегія MTS пропонує меншу можливість виготовлення продукції, що відповідає конкретним вимогам клієнтів, проте забезпечує виготовлення менш дорогої продукції порівняно зі стратегією MTO. З іншого боку, такі проблеми,

як вища середня затримка замовлення, вищий середній час відгуку та встановлення термінів виконання, вважаються проблемами виробничих систем МТО. Такі системи пропонують дорожчу продукцію завдяки більшій різноманітності через підлаштовування під конкретні вимоги клієнтів (кастомізацію) [90].

Поточний процес планування виробництва у великій кількості компаній фармацевтичного профілю здійснюється переважно вручну і знаходиться у відомстві фахівців з планування виробництва. Додатковою специфічною рисою процесу планування фармацевтичного виробництва є невідповідність між кінцевою продукцією виробничого циклу підприємства та наявною структурою ринкового попиту, що може призводити до періодичних збоїв у процесі виробництва, надмірному рівні витрат на використання складських приміщень, накопиченні нереалізованого обсягу готової продукції.

Дієвою альтернативою традиційному процесу виробничого планування, що базується на одному з можливих підходів – орієнтації виключно на виробничий план чи орієнтації виключно на показники ринкового попиту – є модифікований підхід, що базується одночасно як на факторі попиту, так і на факторі виробничих можливостей фармацевтичного підприємства [18].

Для дуже низьких рівнів попиту, пріоритетним є планування виробництва за принципом «виробництво на склад» (англ. make-to-stock, MTS), що забезпечує альтернативу модифікованій політиці, оскільки тип планування виробництва, спрямований на накопичення запасів готової продукції, виграє від наявності запасу часу на виконання замовлення. Для вищого загального рівня попиту, пріоритетним є підхід «виробництво-на-замовлення» (англ. make-to-order, MTO), оскільки модифікована політика дублює механізм дії MTO-підходу для високих рівнів попиту.

На представленій схемі (рис. 2.2) зображено виробничий процес модифікованого типу MTO / MTS.

У момент часу t_0 виробник приймає рішення щодо початку процесу виробництва та рішення щодо торгівлі вже готовою продукцією на весь

плановий період. Припускається, що у момент часу t_0 запас готової продукції дорівнює 0, а t_1 – це момент, коли виробник отримує замовлення на D одиниць. У період $[t_0;\ t_1]$ виробник використовує режим MTS для виробництва у одиниць продукції, а запас продукції змінюється з 0 на у. У період $[t_1; t_2]$ виробник переходить у режим MTO для виробництва $[D\ -\ y] +$ одиниць продукції.

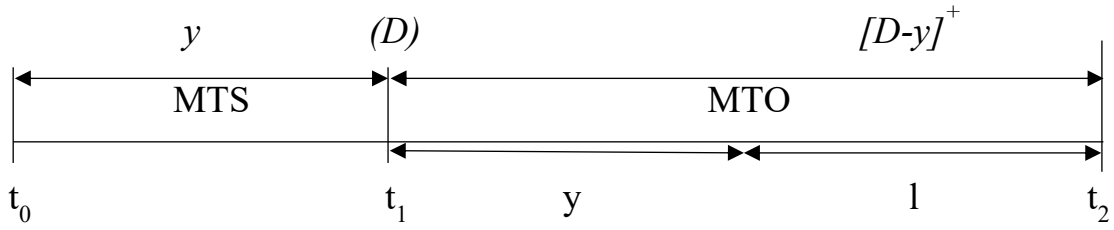


Рисунок 2.2 – Модифікована MTO/MTS виробнича модель

Джерело: [80]

Правильне поєднання підходів MTO та MTS дозволяє використовувати переваги як менших запасів, так і короткого часу доставки. Зокрема, коли виробник стикається з вимогою стандартизації та вимогою індивідуального часу виконання одночасно, змішаний режим виробництва стає більш привабливим [55; 93].

Компанія, що займається виробництвом фармацевтичної продукції, встановлює як довгострокові, так і короткострокові плани власного виробництва. Короткострокові виробничі плани базуються на загальних принципах довгострокових планів і постійно оновлюються в міру підтвердження нових замовлень. Найбільш розповсюдженою практикою є складання довгострокового плану на початку кожного звітного періоду (найчастіше, одного року).

Довгостроковий план базується на таких групах попиту [31]:

– замовлення на продаж: підтверджені замовлення, що є в наявності, або фактичний рівень попиту на поточний момент часу;

– ковзний прогноз: прогнозований попит на поточну продукцію, що виробляється підприємством;

– власний прогноз продажів: якщо для певного продукту немає можливості створення ковзного прогнозу, використовується власний прогноз продажів підприємства.

Попит, що використовується для планування обсягів виробництва продукції, можна розділити на дві групи:

– обсяг попиту, що формується за рахунок попереднього замовлення товару на продаж (підтверджений рівень попиту на продукцію);

– прогнозований обсяг попиту, що визначається на основі ретроспективного аналізу динаміки попиту у минулому (потенційний рівень попиту на продукцію).

Довгостроковий план виробництва визначає етапи виробництва підприємства та базується на прогностичних значеннях обсягу попиту на продукцію. При розробці довгострокового плану також оцінюється приблизна тривалість виробничого процесу, перевіряється наявність необхідного обладнання, устаткування та матеріалів.

Довгостроковий план виробництва має кілька цілей [68]:

– служить цілям планування, щоб підприємство було в змозі виконати замовлення відповідно до дати, погодженої з клієнтами;

– відповідно до довгострокового плану виробництва здійснюється забезпечення персоналом, планування технічного обслуговування та закупівля сировини.

Терміни та строки виконання робіт, пов’язаних із первинною обробкою сировини, часто можуть бути тривалими. Особливо це стосується активних інгредієнтів, що використовуються при виготовленні всіх типів продукції підприємства. З цієї причини важливим є формування плану виробництва заздалегідь, до того моменту, як всі підтверджені замовлення від клієнтів стануть доступними для виконання.

Алгоритм планування процесу виробництва фармацевтичної компанії

має чітку ієрархічну структура, що є необхідною для здійснення ефективного планування виробничого процесу [33]: виробничий процес; виробничий етап; виробничий крок.

Кроки 0-5 складають перший етап алгоритму. Перший етап встановлює порядок виконання необхідних виробничих процесів та призначає цим процесам відповідні лінії попиту (черги замовлень).

Крок 0: Ініціалізація. Визначення дати початку планування та тривалість періоду планування у встановлених одиницях часу.

Крок 1: Оцінка обсягів виробництва та пріоритету для кожного виду продукції, для чого використовується максимальне значення розрахункового обсягу виробництва всіх партій, що належать до цього виду продукції. Рівняння 2.19 та 2.20 використовуються для розрахунку обсягів виробництва (frequency) та черговості (пріоритетності, priority) виробництва для всіх видів продуктів:

$$frequency_p = max(frequency_{p,s}) \; \forall \, p \in P; \tag{2.19}$$

$$priority_p = max(priority_{p,s}) \; \forall \, p \in P \tag{2.20}$$

де p – вид продукції певного типу;

s – виробничі потужності підприємства, що використовуються для виробництва продукції певного типу.

Вид продукції, плановий обсяг виробництва яких дорівнює нулю, далі не виробляються.

Крок 2: Виконання процесів, неперервних на всіх етапах виробництва. Передбачається, що процеси є послідовними на всіх етапах виробництва, тому для процесу на кроці 1 існують відповідні виробничі процеси на кроках 2-5, з відповідною назвою та призначеними їм лініями попиту, що утворюють групу процесів. Планування процесів відбувається на всіх етапах виробництва на основі обсягу виробництва видів продукції, розрахованої за (2.19) та (2.20).

Подальша необхідна інформація додається для кожної підприємства протягом процесу планування [62]:

– назва виробничого процесу: назва процесу однакова на всіх необхідних етапах виробництва продукції;

– вид продукції: вказує вид продукції, що виробляється підприємством;

– етап: вказує, на якому етапі виробництва продукції перебуває підприємство;

– тип пакування готової продукції: значення типу пакування необхідно вказати для всіх виробничих процесів на кроці 5;

– тип виробництва: необхідний для розрахунку обсягу готової продукції на кожному етапі виробництва;

– часовий інтервал: розрахований часовий інтервал для всіх стадій виробництва на етапі 5. Часовий інтервал – ціле число, що представляє дні періоду планування;

– час завершення: орієнтовний час завершення кожної стадії виробництва на етапі 5 на основі останньої дати виконання замовлення. Час завершення на інших етапах розраховується на основі часу початку наступного етапу;

– час початку: розрахований час початку виробничого процесу на основі часу завершення попереднього виробничого процесу та його запланованої тривалості;

– тривалість: розрахована тривалість на основі строків використання необхідних ресурсів, виробленої кількості продукції певного типу та часу експлуатації виробничих потужностей в рамках виробничого процесу;

– ресурс: ідентифікатор ресурсу, призначеного для виробництва продукції підприємства;

– вироблена кількість продукції певного типу за вказаний проміжок часу;

– статус виробництва продукції: заплановане; незаплановане; бракує часу або ресурсів; виробництво не потрібне на етапі 4; перевиконання плану виробництва.

Крок 3: Розрахунок часових інтервалів етапів виробництва продукції. Кожній стадії процесу на кроці 5 відводиться часовий інтервал, що розраховується шляхом ділення тривалості періоду планування на обсяг виробництва (кількість одиниць продукції певного виду).

Результатом є ціле число, що представляє кількість днів часового інтервалу. За умови, якщо для виду продуктів існує більше одного виробничого процесу, до розрахунків додається розрахований часовий інтервал попереднього процесу для того самого виду продуктів:

$$timeslot_{c,j} = \frac{planning_period}{fequncy_p} + timeslot_{c,j} - 1 \; \forall \; c \in C; p \in P; \; j = j_{last} \quad (2.21)$$

де p – вид продукції певного типу;

c – виробнича стадія;

j – етап виробничого процесу.

Крок 4: Співставлення ліній попиту (черги замовлень) стадіям етапів виробництва продукції, що впорядковуються за датою виконання замовлення. Орієнтовний час завершення для даної стадії на етапі 5 встановлюється як найдавніша дата виконання ліній попиту.

Крок 5: Розподіл продукції за типом пакування готової продукції. До тривалості кроку 5 додається час, необхідний для обробки продукції, що відповідає певній лінії попиту та має більше одного типу пакування. Якщо процес має лінії попиту з різними типами пакування готової продукції, на кроці 5 буде відображатися два виробничих процеси, проте по одному процесу на всіх інших етапах виробництва.

Візуальне представлення першого етапу алгоритму планування виробництва відображено на рис. В.1 Додаток В.

Кроки 6-7 складають другий етап алгоритму (рис. Г.1 Додаток Г). Другий етап планує процеси на всіх етапах виробництва (є «наскрізним» для

виробничого процесу загалом).

Крок 6: Планування процесів на кроці 5. Рівняння 2.22 використовується для розрахунку тривалості в днях для кожного виробничого процесу:

$$duration_c = \frac{\sum_{s_p} pt_{r,s} + setup_r}{runtime_r} \; \forall \, r \in R; c \in C, \tag{2.22}$$

де c – виробничий процес;

r – ресурси, необхідні для виробництва продукції певного виду;

s_p – рівень виробничих потужностей підприємства, що використовуються для виробництва продуктів певного виду;

pt – час виробництва;

$setup$ – час налаштування виробничої лінії, необхідний для ресурсу r;

$runtime$ – час, протягом якого ресурс r може використовуватися протягом одного дня виробництва продукції.

Час початку виробництва (ST) розраховується на основі часу завершення (ET) та тривалості відповідного необхідного виробничого процесу (DPP):

$$ST_{c,j} = ET_{c,j} - DPP_{c,j} \; \forall \, c \in C; j \in J \tag{2.23}$$

Час початку та завершення складають бажаний часовий інтервал для даного виробничого процесу.

Крок 7: Планування виробничих процесів на кроках 1-4 вимагає використання таких самих алгоритмів, що й планування на кроці 5. Тривалість алгоритмічного кроку розраховується за (2.22), а час початку – за (2.23). Час завершення визначається:

$$ET_{c,j} = ST_{c,j+1} - 1 + overlap \; \forall \; c \in C; \; j \in J \setminus j_{last} \tag{2.24}$$

У рівнянні (2.24) $overlap$ – попередньо визначене дозволене часове

перекриття між виробничими кроками на етапах j та $j-1$.

Кроки 8-9 завершують третій етап алгоритму процесу виробництва. Третій етап планує виробничі процеси на всіх етапах виробництва, що неможливо запланувати протягом другого виробничого етапу.

Крок 8: Планування незапланованих процесів (рис. Д.1 Додаток Д). Оцінюються всі процеси, що неможливо запланувати на кроці 7. Якщо алгоритм не може запланувати процеси на кроці 7, оскільки бажаний часовий інтервал недоступний, він намагається запланувати їх раніше на цьому кроці. Часовий інтервал зміщується на один день у кожній повторній спробі. Час завершення виробничого процесу відповідає рівнянню (2.25), що вказує на те, що час завершення процесу не обов'язково має бути точно за день до початку наступного етапу. В іншому випадку кроки є аналогічними, як і для кроку 7, а час початку та тривалість розраховуються за (2.21) та (2.22), відповідно (умовні позначення аналогічні):

$$ET_{c,j} < ST_{c,j+1} - 1 + overlap \; \forall \; c \in C; j \in J \backslash j_{last} \tag{2.25}$$

$overlap$ – це попередньо визначене дозволене часове перекриття між процесом на виробничих етапах j та j-1.

Якщо алгоритм не може запланувати процес c на етапі j, негайно припиняється здійснення оцінки всіх дій, що входять до сценарію процесу c.

Крок 9: Скасування реалізації раніше запланованого виробничого процесу. На цьому кроці оцінюються всі виробничі процеси, заплановані принаймні на одному етапі, але не на всіх. Заплановані процеси, яких це стосується, видаляються із загального плану процесів (рис. В.3 Додатку В).

Під час планування процесу виробництва необхідно враховувати деякі практичні обмеження. Щоб отримати реалістичне рішення, дані про обсяги виробництва продукції для кожного типу виробничих потужностей, надаються фахівцями з планування виробництва відповідного

фармацевтичного підприємства, що потім оцінюються для кожного виду продукції.

Одним з основних обмежувальних чинників при використанні описаного алгоритму виробничого планування, є тривалість виробничих процесів. Час використання кожного ресурсу встановлюється як середній час його використання при виготовленні продукції певного типу. Використовуючи цей підхід, час зміни або робочі години на день приблизно підтримуються на однаковому рівні. Алгоритм не враховує вихідні або свята, проте припускається, що вони відсутні, оскільки підтримка необхідного часу роботи зміни на день є більш важливою, ніж врахування свят і вихідних при здійсненні неперервного виробничого процесу.

РОЗДІЛ 3
РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ МОДИФІКОВАНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ПЛАНУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА НА АТ «КИЇВМЕДПРЕПАРАТ»

3.1 Загальна характеристика економічної діяльності АТ «КИЇВМЕДПРЕПАРАТ»

Акціонерне товариство «Київмедпрепарат» (далі – АТ «Київмедпрепарат») є одним з найбільших та досвідчених підприємств української хіміко-фармацевтичної промисловості, що було засноване у середині XIX сторіччя. З 1847 року воно займається виробництвом лікарських засобів.

Завод має портфель приблизно 170 генеричних (відтворюваних аналогів оригінальних) та оригінальних лікарських засобів з різними формами дозування, включаючи 32 види антибіотиків, в тому числі традиційні та нові покоління антибіотиків. З початку 2006 року підприємство також виробляє ветеринарні препарати [17].

Організаційна структура АТ «Київмедпрепарат» включає відповідні служби та відділи, що виконують функції управління фінансами, комерційною діяльністю, виробництвом та контролем якості. Станом на 31 грудня 2024 року АТ «Київмедпрепарат» не має дочірніх підприємств, філій, представництв або інших відокремлених підрозділів.

Основні напрямки діяльності АТ «Київмедпрепарат»:

– виробництво антибіотиків: компанія є національним лідером у виробництві антибактеріальних препаратів, включаючи як традиційні, так і антибіотики нового покоління.

– виробництво ветеринарних препаратів: з 2006 року підприємство займається виробництвом ветеринарних препаратів.

– випуск лікарських засобів: «Київмедпрепарат» виготовляє близько 170

найменувань різних лікарських засобів, що призначені для лікування захворювань у таких сферах охорони здоров'я: кардіологія; неврологія; дерматологія [1].

Динаміка показників діяльності АТ «Київмедпрепарат» відображена в табл. 3.1. Досліджуваним періодом функціонування даного підприємства є проміжок часу з 2021-го по 2024-й роки включно.

Таблиця 3.1 – Фінансові показники АТ «Київмедпрепарат» в 2021-2024 рр.

Роки/ Показники	2021	2022		2023		2024	
	Абсолютне значення, тис. грн.	Абсолютне значення, тис. грн.	Зміна до попереднього року, %	Абсолютне значення, тис. грн.	Зміна до попереднього року, %	Абсолютне значення, тис. грн.	Зміна до попереднього року, %
Дохід, тис. грн.	2723620	2145278	-21,23	2634290	22,79	3568427	35,46
Витрати, тис. грн.	2693598	2359103	-12,42	2588099	9,71	3495262	35,05
Чистий прибуток, тис. грн.	30022	-213825	-812,2	46191	-121,6	73165	58,40
Активи, тис. грн.	2092886	1820279	-13,03	1901500	4,46	3374986	77,49
Зобов'язання, тис. грн.	1307074	1317002	0,76	1353345	2,76	2245221	65,90
Середня зарплата до оподаткування, грн.	32149	30793	-4,22	36428	18,30	44987	23,50
Кількість працівників, чол.	1151	1102	-4,26	1144	3,81	1197	4,63

Джерело: [1]

Кореляційний аналіз призначений для кількісної оцінки сили та напряму лінійного зв'язку між двома кількісними змінними. Найпоширеніший показник — коефіцієнт кореляції Пірсона r, який набуває значень від -1 до +1: значення, близькі до +1, вказують на сильну позитивну лінійну залежність;

значення, близькі до -1, — на сильну негативну лінійну залежність; значення, близькі до 0, — на відсутність лінійного зв’язку. Для даних, які можуть містити нелінійні зв’язки або викиди, використовують ранговий коефіцієнт Спірмена. Інтерпретація кореляції не встановлює причинно-наслідкових зв’язків, а лише показує ступінь співзміни двох показників. При інтерпретації також слід враховувати обсяг вибірки, наявність трендів у часових рядах та можливість мультиколінеарності між предикторами.

Таблиця 3.2 – Результати кореляційного аналізу показників економічної діяльності АТ «Київмедпрепарат»

	Дохід, тис. грн.	Витрати, тис. грн..	Чистий прибуток, тис. грн.	Активи, тис. грн.	Зобов'язання, тис. грн.	Середня зарплата до оподаткування, грн.	Кількість працівників, чол.
Дохід, тис. грн.	1						
Витрати, тис. грн..	0,986	1					
Чистий прибуток, тис. грн.	0,781	0,665	1				
Активи, тис. грн.	0,947	0,988	0,539	1			
Зобов'язання, тис. грн.	0,905	0,958	0,461	0,984	1		
Середня зарплата до оподаткування, грн.	0,93	0,935	0,658	0,916	0,941	1	
Кількість працівників, чол.	0,989	0,952	0,861	0,892	0,835	0,892	1

Джерело: розраховано автором на основі джерела [1]

За результатами кореляційного аналізу виявлено систему взаємозв'язків між ключовими показниками фінансово-господарської діяльності АТ «Київмедпрепарат», що дозволяє охарактеризувати особливості його економічного розвитку.

Дохід демонструє надзвичайно сильний позитивний кореляційний зв'язок із витратами (r=0,986), що свідчить про високу еластичність витрат за

доходом та підтверджує класичну економічну залежність між обсягами реалізації та операційними витратами. Такий тісний зв'язок є типовим для виробничих підприємств, де змінні витрати становлять значну частку в структурі загальних витрат. Дещо нижча, але все ж потужна кореляція доходу з активами (r=0,947) вказує на те, що зростання обсягів реалізації супроводжується адекватним нарощуванням ресурсної бази підприємства. Водночас помірна кореляція доходу з чистим прибутком (r=0,781) свідчить про певну нестабільність рентабельності операційної діяльності, коли зростання виручки не завжди пропорційно трансформується в прибуток через коливання маржинальності або впливу непрямих витрат.

Чистий прибуток характеризується помірною кореляцією з витратами (r=0,665) та слабкою з активами (r=0,539), що може свідчити про вплив факторів, які не пов'язані безпосередньо з масштабом операцій. Це може бути наслідком коливань цінової політики, зміни структури витрат, або впливу фінансових та інших результатів, які формують кінцевий фінансовий результат. Відносно слабкий зв'язок між чистим прибутком та зобов'язаннями (r=0,461) підтверджує, що прибутковість формується під впливом ширшого комплексу чинників, ніж структура фінансування.

Активи підприємства демонструють виключно високу кореляцію із зобов'язаннями (r=0,984), що характеризує стабільну структуру фінансування та свідчить про те, що нарощування активів відбувається переважно за рахунок залученого капіталу. Така залежність типова для підприємств з активною інвестиційною політикою, які використовують ефект фінансового левериджу. Сильний зв'язок активів із середньою заробітною платою (r=0,916) та кількістю працівників (r=0,892) підтверджує трудомісткий характер виробництва та важливість людського капіталу для функціонування фармацевтичного підприємства.

Зобов'язання виявляють дуже сильну кореляцію із середньою заробітною платою (r=0,941), що може свідчити про те, що зростання фінансових зобов'язань частково спрямовується на підвищення оплати праці в

контексті соціально орієнтованої політики підприємства. Високий кореляційний зв'язок між зобов'язаннями та кількістю працівників (r=0,835) підтверджує, що розширення персоналу супроводжується збільшенням кредиторської заборгованості та залученого капіталу, необхідного для забезпечення зростаючих потреб у фонді оплати праці та операційних витратах.

Середня заробітна плата демонструє помірну кореляцію з чистим прибутком (r=0,658), що може свідчити про певну залежність рівня винагороди працівників від фінансових результатів діяльності, проте наявність інших механізмів регулювання оплати праці зменшує жорсткість цього зв'язку. Водночас сильна кореляція із кількістю працівників (r=0,892) вказує на те, що динаміка середньої заробітної плати тісно пов'язана зі змінами в чисельності персоналу, що може відображати як ефект масштабу, так і структурні зміни в кадровому складі.

Загалом кореляційна матриця демонструє узгоджену систему взаємозв'язків, характерну для промислового фармацевтичного підприємства з помірною капіталомісткістю виробництва. Високі коефіцієнти кореляції між більшістю показників (переважно в діапазоні 0,8-0,98) свідчать про пропорційний та збалансований розвиток підприємства, де зростання доходів супроводжується адекватним збільшенням ресурсної бази, операційних витрат та соціальних виплат. Водночас відносно нижчі значення кореляції з чистим прибутком вказують на необхідність поглибленого аналізу факторів рентабельності та можливої оптимізації структури витрат для підвищення ефективності трансформації доходів у фінансовий результат.

3.2 Застосування модифікованої моделі процесу планування виробництва з використанням ERP-системи на АТ «Київмедпрепарат»

Для порівняння методик планування процесу виробництва на фармацевтичних підприємствах розглядаються два сценарії його реалізації:

– напівфабрикати виробляються та зберігаються на складі. Жоден напівфабрикат не буде завершено, доки до системи не надійде конкретне замовлення від клієнтів (електронна система функціонує відповідну принципу «виробництво на склад», що є основою IFS Applications, та використовуються на АТ «Київмедпрепарат»). Використання такої стратегії призводить до витрат на простої, проте забезпечує економію з точки зору усунення інвестицій у запаси готової продукції та витрат на їх зберігання.

– одночасно використовуються як MTS, так і MTO-підходи для завершення виготовлення напівфабрикатів. Коли в системі немає замовника на дану продукцію, напівфабрикати комплектуються на основі стратегії MTS, а готові вироби відправляються на склад.

Підхід, що пропонується для видозміни системи планування виробництва АТ «Київмедпрепарат», поєднує стратегії «виробництво на склад» (MTS) та «виробництво на замовлення» (MTO), з метою отримання переваг від використання обох виробничих систем та реалізується шляхом застосування точки перекриття замовлення (OPP) виробничих ліній.

Також використовуються терміни «точки розв'язання» [79] та «точки розв'язання замовлення клієнта» [49]. Згідно з результатами дослідження Херера [48] та ін., OPP відрізняє частину виробничої системи, пов'язану з реагуванням на потреби клієнтів, від частини перспективного стратегічного планування.

Ця точка визначається як проміжний елемент ланцюга виробництва, де кожен продукт призначений для конкретного замовлення відомого клієнта. Щоб підкреслити, що ця точка безпосередньо пов'язана із замовленням клієнта, деякі дослідники розглядали її як точку роз’єднання замовлення клієнта (англ. customer order decoupling point, CODP) [43]. Використання OPP у виробничих лініях зображено на рис. 3.1. Пунктирні лінії зображують виробничу діяльність, що керується прогнозами, тоді як прямі лінії зображують діяльність, керовану замовленнями клієнтів.

Виробничі компанії можуть застосовувати OPP для отримання переваг

від стратегій MTS та MTO відповідно до різних параметрів вартості виробничих ліній. Використання концепцій теорії масового обслуговування для моделювання досліджуваної проблеми допомагає враховувати зовнішні фактори, такі як специфіка поведінки замовників та невизначеність надходження попиту, що можуть впливати на показники продуктивності системи, поряд із дією внутрішніх факторів, таких як темпи виробництва та витрати, пов'язані із запасами напівфабрикатів та готової продукції.

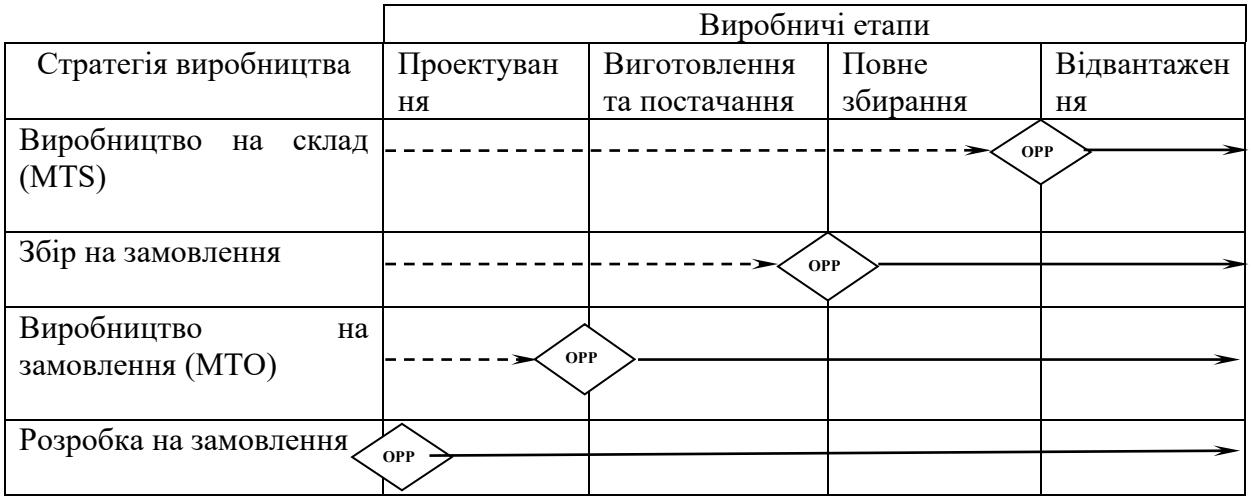


Рисунок 3.1 – Типи стратегій планування виробництва

Джерело: [67]

Протягом останніх двох десятиліть розробка нових виробничих стратегій, серед яких комбіноване (модифіковане) планування MTS/MTO, стало важливим питанням досліджень, з метою з'ясувати невідповідність між реальним ринковим попитом та прогнозами попиту.

Визначення розташування точки розмежування між стратегіями MTO та MTS (вище згадувана точка перекриття замовлень, OPP) стало важливим стратегічним рішенням у ланцюгах поставок та виробничих системах відповідно до можливостей її використання з метою зменшення витрат на управління запасами сировини, напівфабрикатів та готової продукції.

Зі стратегічної точки зору, існує два фактори, що сприяють розміщенню OPP у завершальних процесах виробничої лінії: скорочення часу виконання

замовлень та підвищення ефективності виробництва.

Основною причиною перенесення OPP на головні процеси виробничої лінії є отримання більшої кількості знань про специфікації замовлень клієнтів у період виробництва, що розширює можливості налаштування та зменшує обсяг незавершеного виробництва.

Концепцію використання модифікованого виробництва поруч із чистим MTO у задачі планування розробили Ву М., Джанг Дж. та ін. [92] для підтримки високого рівня використання машин. У дослідженні цих авторів запропоновано метод планування для модифікованої виробничої системи з характеристиками спеціалізації машин.

З їх точки зору, метою використання методики планування виробництва MTO/MTS є знаходження оптимального балансу між рівнем задоволеності клієнтів та витратами на зберігання готової продукції.

Розглядається виробнича лінія з m станціями, де замовлення клієнтів надходять на лінію за нормальним імовірнісним розподілом Пуассона зі швидкістю λ. Час виробництва лінії з однією машиною на кожній станції (m машин) вважається експоненціально розподіленим з параметром μ (позначення обрані відповідно до загальновживаних) [53].

У стратегії MTS відсутній час налаштування машин, оскільки вони працюють у звичайному режимі без жодних змін. Якщо функціонал механізму передбачає виробництво напівфабрикату, то для кожного продукту час налаштування буде однаковий зі швидкістю α на кожній машині. Передбачається, що немає обмежень на кількість доступної для виробництва напівфабрикатів сировини.

Виробник віддає перевагу виробництву напівфабрикатів, які виробляються на перших g станціях ($g < m$) відповідно до MTS-алгоритмів; решта процесів (m-g станції) виконується відповідно до певного порядку надходження клієнтів на лінію (MTO): на перших g машинах продукт буде завершено на θ%, і $(1-\theta)$% буде виконано на решті $(m-g)$ машин. Напівфабрикати зберігаються на складі точок OPP з достатньою місткістю,

проте склади відсутні на станціях до або після точок OPP.

Час, необхідний для завершення виготовлення напівфабрикату на основі значень конкретного попиту, має експоненціальний розподіл із середнім значенням $1/(\mu/(1-\theta)) + 1/(\alpha/(m-g))$, що не залежить від наявності клієнтів у системі; час, необхідний для завершення напівфабрикату на основі MTS, має експоненціальний розподіл із середнім значенням $1/(\mu/(1-\theta))$ [6].

Виробництво напівфабрикатів на перших g механізмах має експоненціальний розподіл із середнім значенням $1/(\mu/\theta)$. Примітно, що це стосується сукупного відсотка завершення продукції першими g машинами. Використовується також функція середнього значення готовності продукції на одиницю $V(\theta)$: вона характеризується прямою зростаючою залежністю від значення змінної θ, що використовується для отримання значень величини витрат на зберігання запасів.

Виготовлення напівфабрикатів виконується із використанням T виробничих ліній після завершення операційного виробництва (OPP). Для того, щоб збільшити швидкість обслуговування при виготовленні напівфабрикатів та зменшити час очікування, виробниче підприємство може відновити виробництво після OPP з більш ніж однією виробничою лінією.

Вартість будівництва нової лінії є спадною функцією, залежною від значення θ, оскільки зі збільшенням θ більший відсоток продукції виготовляється до початку OPP, а кількість решти обробних станцій зменшується.

Для порівняння ефективності процесів планування, доцільним є розглянути два сценарії виробництва продукції, що ним відповідають:

– сценарій I. Використання планування процесів виробництва, що базуються на принципі «виробництво на склад», та застосовується на АТ «Київмедпрепарат» (IFS Applications);

– сценарій II. Використання модифікованого MTO/MTS підходу до планування виробництва.

У першому сценарії, що представлено на рис. 3.2 напівфабрикати

виробляються першими g машинами ($g < m$) та зберігаються на складі. Відсоток виконання можна розглядати як θ, а швидкість виробництва системи становить μ (для цілої кількості машин m). Таким чином, швидкість виробництва до кінця роботи машини g буде становити μ/θ. Виготовлення напівфабрикату не буде завершено, доки до системи не надійде конкретне замовлення. Клієнти надходять до системи зі сталою швидкістю λ.

У другому сценарії виробничого планування використовуються як MTS, так і MTO-підходи.

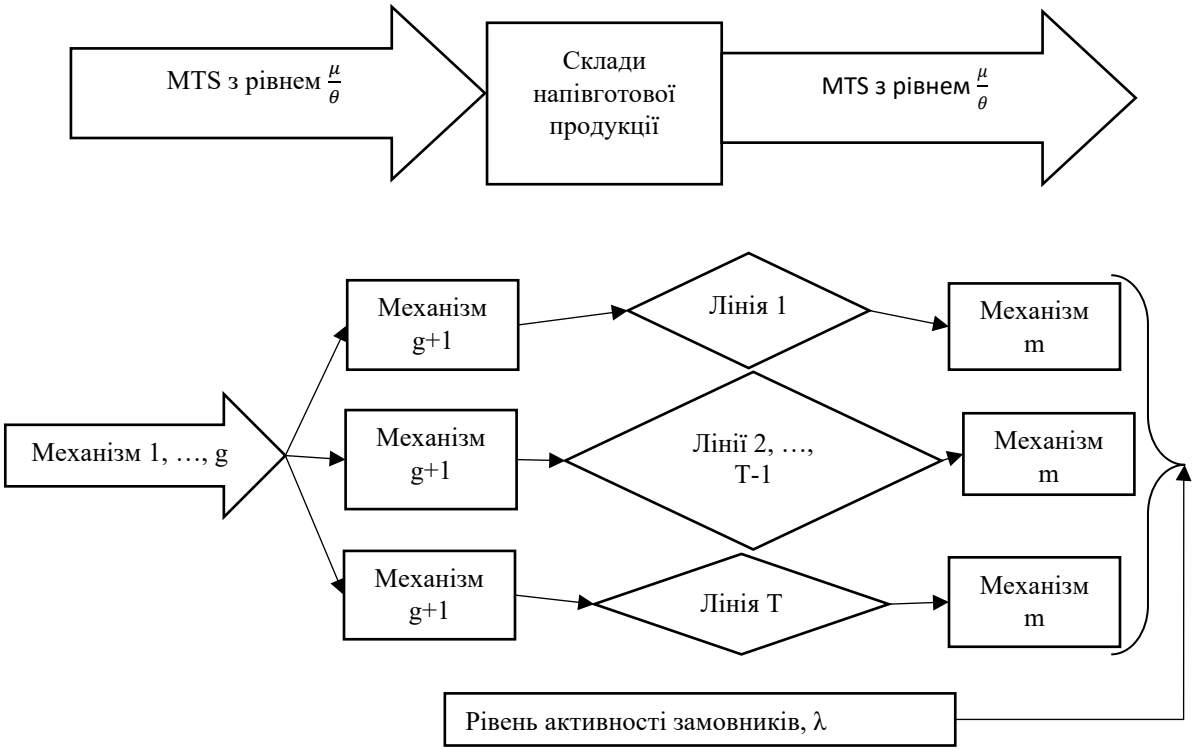


Рисунок 3.2 – Сценарій І. Використання планування процесів виробництва, що базуються на принципі «виробництво на склад»

Джерело: [49; 69; 79]

За умови надходження замовлення на виготовлення продукту, напівфабрикат призначається цьому замовленню, і після завершення поточного завдання, система в режимі MTS на кожному механізмі виробничої лінії дане завдання MTO, починає завершувати процес перетворення напівфабрикату на готову продукцію. Загальна схема використання

модифікованого підходу MTS/MTO представлена на рис 3.3.

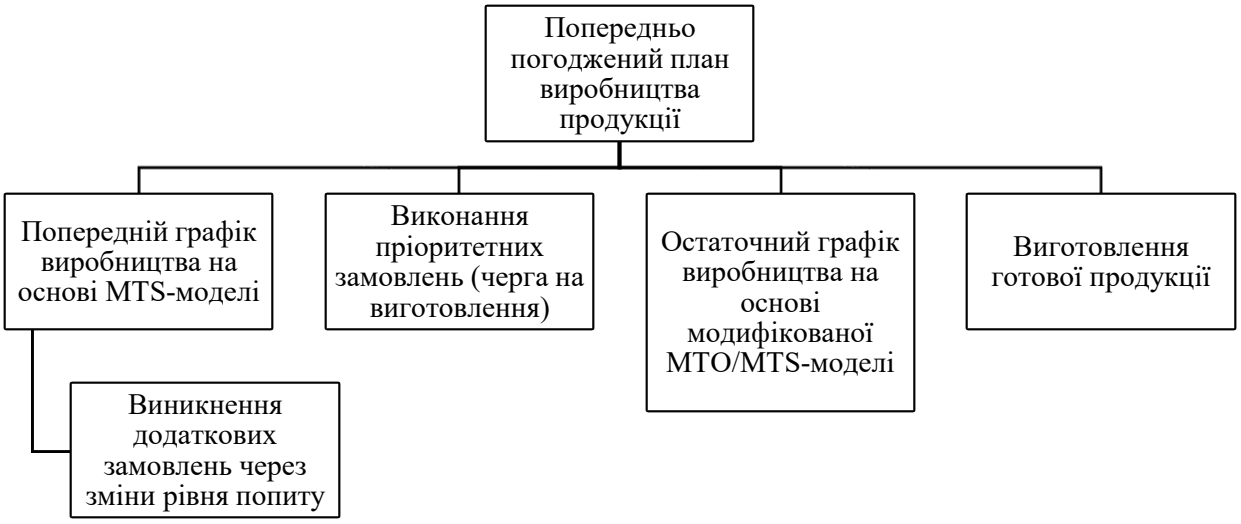


Рисунок 3.3 – Сценарій II. Загальна схема використання модифікованого MTO/MTS підходу до виробничого планування виробництва

Джерело: [6; 7; 10]

Реалізація сценарію II можлива за допомогою використання інструментарію IFS Applications. Детальне схема реалізації використання модифікованого підходу MTS/MTO представлена на рис 3.4.

Для отримання вартості виконання замовлень за кожним сценарієм необхідно знайти міри стаціонарного стану системи. Оскільки надходження замовлень та виробництво напівфабрикатів мають ймовірнісний характер, для моделювання системи використовується двовимірна черга.

За умови, коли в системі немає клієнта у другому сценарії, один із напівфабрикатів потрапляє на лінію для завершення виробничого процесу на основі MTS-підходу, і після виробництва цього продукту, якщо клієнт із певним замовленням надійшов у систему, лінія починає виробляти продукцію з використанням MTO-підходу.

Для побудови математичних моделей у цьому дослідженні застосовано підхід, при використанні якого цільова функція базується на значенні

загальних витрат виробничої системи. Загальна вартість роботи системи повинна бути мінімізована з урахуванням її експлуатаційних обмежень.

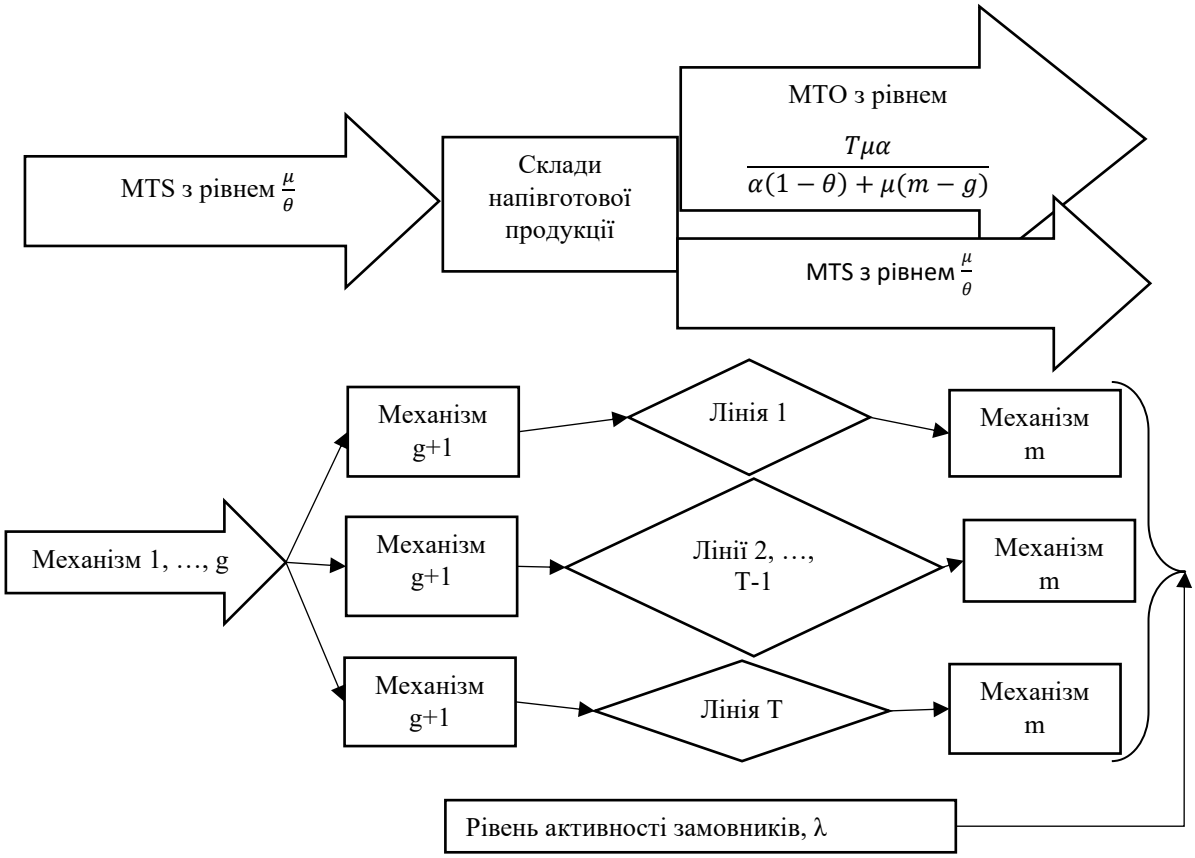


Рисунок 3.4 – Сценарій II. Детальна схема використання модифікованого MTO / MTS підходу до виробничого планування виробництва

Джерело: [49; 69; 79]

Основною метою моделі було забезпечення мінімально можливої собівартості виробництва.

Математичне формулювання сценарію I виглядає таким чином [42, 43]:

$$min(\theta;\ \mathrm{T}) = \mathrm{C}_K V(\theta)\mathrm{E}(\mathrm{K}) + C_{LO}E(LO) + C_D(E(W) - DD) + C_I T(m - g)E(I) + C_B E(B) + C_T T \quad (3.4)$$

за умови, що:

$$\frac{\alpha(1-\theta)+\mu(m-g)}{T\mu\alpha} \geq \tau E(W); \quad (3.5)$$

$$0 < \theta < 1; \quad (3.6)$$

$$T = 1, 2, 3 \ldots \quad (3.7)$$

Цільова функція 3.2 мінімізує загальні витрати на зберігання напівфабрикатів на складі (C_K), витрати на втрату клієнтів (C_{LO}), витрати на затримку виконання замовлень клієнтів (C_D), витрати на простій Т ліній (C_I), витрати на виконання відкладених замовлень (C_B) та витрати на встановлення Т виробничих ліній налаштування (C_T), середній термін виконання замовлення конкретного клієнта (DD).

Обмеження 3.3 позначає рівень обслуговування продукту, де очікуваний час налаштування $\frac{\alpha(1-\theta)+\mu(m-g)}{T\mu\alpha}$ має бути більшим або дорівнювати частці τ очікуваного замовлення.

Обмеження 3.4 та 3.5 позначають діапазон змінних моделі. Застосування методу перерахування для знаходження всіх можливих значень представленої моделі дозволяє дізнатися тенденцію вартості виробничої лінії та знайти найкраще місце для розміщення складів напівфабрикатів та точок перекриття.

Можливим є знаходження оптимальної кількість виробничих ліній налаштування, що будуть побудовані в системі. Зміна значення цільової функції у відповідь на різні значення змінних рішення використовуються для порівняння продуктивності першого та другого сценаріїв.

Математичне формулювання сценарію II виглядає таким чином [42, 58]:

$$min(\theta;\ \text{Т}) = \text{С}_K V(\theta)\text{Е(К)} + C_{LO}E(LO) + C_D\ (E(W) - DD) + C_H TE(H) + C_B E(B) + C_T T \quad (3.6)$$

за умови, що:

$$\frac{\alpha(1-\theta)+\mu(m-g)}{T\mu\alpha} \geq \tau E(W); \quad (3.7)$$

$$0 < \theta < 1; \quad (3.8)$$

$$T = 1, 2, 3 \ldots \quad (3.9)$$

Цільова функція 3.6 мінімізує загальні витрати на зберігання напівфабрикатів, що перебувають на складі (C_K), витрати на втрату клієнтів (C_{LO}), витрати на затримку виконання замовлень клієнтів (C_D), витрати на зберігання готової продукції компанією з використанням MTS-підходу (C_H), відкладені замовлення (C_D), вартість створення та налаштування T виробничих ліній налаштування (C_T).

Обмеження 3.7 позначає рівень обслуговування продукту, де очікуваний час налаштування $\frac{\alpha(1-\theta)+\mu(m-g)}{T\mu\alpha}$ має бути більшим або дорівнювати частці τ очікуваного часу виконання замовлення. Обмеження 3.8 та 3.9 позначають діапазон змінних моделі.

3.3 Оцінка ефективності модифікованої моделі та розробка рекомендацій

З метою демонстрації функціональних можливостей представленої моделі та методу її застосування, наведено симулятивний приклад із певними конкретними заданими параметричними показниками. Розглянуто виробничу лінію, що складається з $m = 5$ виробничих станцій, на кожній з яких обробляється 20% готової продукції.

Вся виробнича лінія з однією машиною на кожній станції виробляє свою продукцію на основі експоненціального розподілу з фіксованим параметром $\mu = 1$. Клієнти цієї виробничої лінії входять до системи відповідно до закону нормального розподілу Пуассона зі швидкістю $\lambda = 0{,}9$.

Керівник виробничої лінії має можливість обрати стратегію виробництва між повним MTS та модифікованим виробництвом MTS/MTO

відповідно до представлених сценаріїв.

Відповідно до параметрів вартості системи бажано знайти місце для буфера напівфабрикатів (визначення θ як OPP) та кількість виробничих ліній, що можна додати як лінії налаштування продукту для покращення рівня обслуговування системи (знаходження T). Система дозволяє обслуговувати щонайбільше $N = 10$ клієнтів, що стоять у черзі (включно з тим клієнтом, кого обслуговується); в їх розпорядження є $\mathrm{C} = 4$ місця для зберігання напівфабрикатів на складі.

Клієнт системи можуть бути нетерплячими і вимагати негайного обслуговування, та можуть увійти в систему з ймовірністю P_n, і після входу може відмовитися від обслуговування відповідно до експоненціального розподілу з параметром $\beta = 0{,}2$.

Для кожної машини існує час налаштування, за умови налаштування під виробництво конкретного продукту відповідно до певного замовлення, що відповідає експоненціальному розподілу з параметром $\alpha = 40$. Клієнти системи мають термін виконання замовлення $DD = 0{,}1$ умовних одиниць часу; за затримку з виготовленням продукту стягується штраф у розмірі $C_D = 5$, що одночасно є винагородою, якщо продукт завершено раніше встановленого терміну.

Клієнти дуже чутливі до відсутності напівфабрикату в черзі для виготовлення продукту, проте існує можливість попереднього замовлення з вартістю $C_B = 20$. Якщо клієнт віддає перевагу не отримувати послугу з лінії, коли на складі немає напівфабрикату, це призведе до втрати клієнта та втрат в розмірі $\mathrm{C}_{LO} = 6$. Зберігання напівфабрикатів на лінії має витрати $\mathrm{C}_K = 0{,}5$ за одиницю часу на одиницю продукції. Для кожного з наведених сценаріїв існують певні специфічні витрати. Вартість простою для кожної машини у сценарії I становить $\mathrm{C}_I = 0{,}5$; вартість зберігання готової продукції у сценарії II становить $\mathrm{C}_H = 0{,}5$. Існує постійна частка затримки завершення роботи системи. У даному конкретному прикладі $\tau = 0{,}04$; загалом її значення

варіюється відповідно до поведінки клієнтів та особливостей ринку.

Вартість зберігання напівфабрикатів пов'язана з відсотком завершеності продукту, тому вартість продукту відповідає залежності $V(\theta) = \theta\%$ для кожного напівфабрикату; ефект масштабу для MTS-режиму становить 0,85; для модифікованого режиму – 0,9. Вартість будівництва нової лінії після складу напівфабрикатів також є спадною функцією завершення виробництва продукції.

Можливим є використання формату функції $\mathrm{a} \times (1 - bV(\theta))$ як спадної; для поточної виробничої лінії вартість виробництва додаткової одиниці продукту в режимі MTS становитиме: $\mathrm{C}_T = 1 + 5 \times (1 - 0{,}85V(\theta))$. Для нової виробничої лінії модифікованого формату MTO / MTS, відповідно: $C_T = 5 \times (1 - 0{,}9V(\theta))$. Наявність одиничного члена в рівності для формату планування виробництва виключно MTS пояснюється введенням в експлуатацію нової виробничої лінії з постійними витратами без зміни режиму процесу виробництва.

Припущенням є те, що наявний простір лінії може бути застосований лише для побудови 5 ліній налаштування після місць OPP ($\mathrm{T}max = 5$).

Результати розв'язання цього числового прикладу представлені в табл. 3.3.

У випадку переходу від двох ліній налаштування до трьох ліній налаштування, пов'язані з цим витрати на створення нової виробничої лінії перевищують зменшення витрат на обслуговування клієнтів. Отже, загальна вартість системи починає зростати при встановленні більше двох ліній налаштування продукту.

Зі збільшенням швидкості налаштування стає швидшим і процес виробництва; система віддає перевагу виконанню більшого обсягу роботи в тій частині системи, що працює з більшою швидкістю. Отже, зі збільшенням значення T з одного до двох, виробнича лінія віддає перевагу виконанню меншого обсягу роботи перед OPP, де доступна лише одна лінія, та виконанню більшого обсягу завершення продукції після OPP, де доступні дві лінії.

Результати, наведені в табл. 3.3, свідчать про ефективність роботи модифікованого MTO / MTS моделі планування виробництва для розглянутої виробничої лінії та покращення рівня такого критерію ефективності виробництва як розмір витрат на одиницю продукції (собівартість).

Таблиця 3.3 – Здійснення планування виробничого процесу за сценаріями I (MTS) та II (MTO/ MTS)

		Витрати на виробництво 1 умовної одиниці продукції, у. о. / шт.		
T	g	MTS	MTO / MTS	Зменшення рівня розміру витрат на одиницю продукції, %
1	4	4	4	0,00
2	4	5,75	4,5	21,73
3	4	7,5	5,0	33,33
4	4	9,25	5,5	40,54
5	4	11	6,0	45,45

Джерело: розроблено автором

За умови, коли система має більше ліній виробництва продукції, виконання замовлень клієнтів виконується дуже швидко, і для машин на кількох виробничих лініях спостерігатиметься значний час простою. Через компроміс між перевагами швидшого завершення виробництва продукції та вартістю більшого часу простою, вибір на користь швидкості виконання замовлень клієнтів є раціональним рішенням.

Як і в багатьох реальних виробничих системах, виробничі процеси та надходження клієнтів мають стохастичний характер; клієнти можуть не увійти в систему через наявність довгої черги, або залишити систему через тривалий час очікування.

Основна відмінність між двома сценаріями виробничої поведінки полягає у використанні станцій налаштування, де система може налаштовувати напівфабрикати лише на основі конкретних замовлень клієнтів або налаштовувати виготовлення напівфабрикатів на основі існуючих

замовлень клієнтів та прогнозів рівня ринкового попиту.

Цільова функція базується на витратах і дозволяє керівнику виробничої лінії знайти оптимальне місце розташування проміжних точок (OPP), визначити оптимальну кількість ліній налаштування після OPP та найкращий сценарій для виготовлення напівфабрикатів.

Результати тестування представленої моделі планування процесу виробництва показали, що збільшення темпів виробництва призводить до більшої очікуваної кількості напівфабрикатів на складі, меншої очікуваної кількості відкладених замовлень, меншого очікуваного часу виконання замовлень та меншого рівня втрат клієнтів.

Спостереження за поведінкою системи шляхом збільшення кількості ліній налаштування після завершення процесу розробки показує зменшення очікуваної кількості напівфабрикатів на складі, збільшення очікуваної кількості відкладених замовлень, зменшення очікуваного часу виконання замовлень та рівня втрат клієнтів.

ВИСНОВКИ

Використання ERP-систем у процесі планування виробництва відкриває підприємству значні можливості для підвищення конкурентоспроможності та оптимізації внутрішніх процесів. Завдяки створенню єдиного інформаційного середовища така система забезпечує прозорість усіх етапів виробничого циклу, прискорює обмін даними між підрозділами та зменшує ризики помилок, пов’язаних із людським фактором. У результаті підприємство отримує змогу швидше реагувати на зміни попиту, точніше прогнозувати обсяги виробництва та ефективніше розподіляти ресурси.

Однак, успішність упровадження ERP-системи значною мірою залежить від організаційних факторів. Ключовим елементом є компетентне управління трансформацією: від ретельного планування та чіткого визначення потреб до контролю за змінами у структурі бізнес-процесів. Важливу роль відіграють не лише професійні знання й навички керівників та відповідальних фахівців, але й їхня здатність приймати рішення в умовах невизначеності, інколи спираючись на інтуїцію та практичний досвід. Існуючі процедури планування виробництва зазвичай акцентують увагу або на MTO, або на MTS-підходах. Якщо замовлень на виконання робіт (MTO) немає, виробничі потужності слід використовувати для виробництва значної кількості запасів для забезпечення майбутнього попиту; тоді як за наявності замовлень на виготовлення продукції виробництво на поповнення запасів є недоцільним. Отже, поєднання двох режимів виробництва MTS та MTO в процесі планування виробництва дозволяє підприємству гнучко визначати, яку продукцію варто виготовляти враховуючи ринковий попит, обмеження виробничих потужностей, часові обмеження, регуляторні зміни тощо. Такий підхід є актуальним для фармацевтичних компаній, де одночасно існує потреба у швидкому реагуванні на запити ринку та забезпеченні безперервного виробництва фармацевтичної продукції.

У кваліфікаційній роботі магістра досліджено переваги модифікованого

методу планування виробничого процесу на фармацевтичному підприємстві, що поєднує елементи виробництва на склад і під замовлення та забезпечує підвищення гнучкості, точності та адаптивності планування в умовах змінного попиту.

Розроблено сценарії планування виробництва, а саме:

- сценарій I. Використання планування процесів виробництва, що базуються на принципі «виробництво на склад» (MTS);
- сценарій II. Використання модифікованого MTO/MTS підходу до планування виробництва.

Здійснено порівняння сценарію II із «класичним» підходом (сценарій I), використання якого має свої переваги та недоліки. Доведено, що можна отримати значну економію виробничих витрат при поєднанні двох підходів виробництва.

Перспективою подальших досліджень є застосування евристичних методів та алгоритмів оптимізації, здатних моделювати складні багатофакторні сценарії виробничого процесу. Такі підходи можуть суттєво підвищити точність планування, особливо в умовах високої варіативності та невизначеності, які властиві фармацевтичній галузі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. АТ «Київмедпрепарат». *opendatabot.ua*. URL: https://opendatabot.ua/c/00480862 (дата звернення: 15.11.2025).

2. Бєляєва Н. С. Компанія, корпорація, організація, підприємство, установа, фірма: законодавче обґрунтування застосування понять. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2019. № 3(71). С. 164–172.

3. Варналій З. С., Васильців Т. Г., Лупак Р. Л., Білик Р. Р. Бізнес-планування підприємницької діяльності : навч. посіб. Чернівці : Технодрук, 2019. 264 с. URL: http://www.dut.edu.ua/uploads/l_2057_17817213.pdf (дата звернення: 15.11.2025).

4. Гафіяк А. М. ERP-системи: переваги та недоліки. *Тези 71-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету.* 2019. Т. 1. С. 377–378. URL: http://reposit.pntu.edu.ua/handle/PoltNTU/5888 (дата звернення: 16.11.2025).

5. Горбачук В. М., Дунаєвський М. С. Математичні моделі підвищення ефективності децентралізованих систем та їх застосування. *Проблеми вищої математичної освіти: виклики сучасності.* Вінниця : Вінницький нац. політехн. ун-т. 2022. С. 65–77.

6. Гринчуцький В. І., Карапетян Е. Т., Погріщук Б. В. Економіка підприємства : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури. 2010. 304 с.

7. Гусєва О. Ю., Легомінова С. В. Діджиталізація – як інструмент удосконалення бізнес-процесів, їх оптимізація. *Економіка. Менеджмент. Бізнес*. 2018. № 1. С. 33–39. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecmebi_2018_1_7 (дата звернення: 18.11.2025).

8. Деренська Я. М. Аналіз світових тенденцій в управлінні ризиками фармацевтичної галузі. *Механізм регулювання економіки.* 2022. №№ 3–4(97–98). С. 83–89. URL: https://doi.org/10.32782/mer.2022.97-98.15 (дата звернення: 19.11.2025).

9. Дискіна А. А., Акулюшина М. О., Драганов А. В. Складові

стратегічних планів розвитку виробничого сектору. *Економіка та суспільство*. 2023. № 55. URL: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-47 (дата звернення: 20.11.2025).

10. Довбня С. Б., Пономаренко Р. В. Розвиток стратегічного планування: історичні етапи та сучасні риси. *Бізнес Інформ*. 2023. № 10. С. 321–328.

11. Івахненков С. В. Впровадження програмного забезпечення обліку і контролю: потенційні переваги і реальні проблеми. *Бухгалтерський облік і аудит.* 2007. № 2. С. 56–62.

12. Кавецький В. В., Лавута С. В. Особливості сучасних систем планування виробничої діяльності. *Збірник тез доповідей*: матеріали XIV наук.-техн. конф. підрозділів Вінницького нац. техн. ун-ту (м. Вінниця, 02-11 берез. 2016 р.). Вінниця, 2016. С. 1759–1766.

13. Левкін Д. А. Чисельні методи і математичні моделі оптимізації параметрів біотехнологічних процесів. *Вчені записки Таврійського Національного Університету імені В. І. Вернадського. Серія: «Технічні науки».* Київ, 2022. № 1. Т. 33(72). С. 128–132. DOI: 10.32838/2663-5941/2022.1/21.

14. Олійник В. П. Роль стратегічного планування для підприємств споживчої кооперації. *Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. Серія : Економічні науки.* 2019. № 1. С. 93–96.

15. Олійник Т. І., Копильченко К. І. Оптимізація виробничих систем – перехід до бережливого виробництва: теоретичний аспект становлення та розвитку вітчизняних підприємств. *Інвестиції: практика та досвід.* 2017. № 23. С. 65–68.

16. Осос П. А. Стратегічне значення маркетингу на підприємствах фармацевтичної галузі. *Актуальні проблеми маркетингового менеджменту в умовах інноваційного розвитку економіки :* зб. допов. VIII міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів та молодих вчених. Луцьк : Луцький нац. техн. ун-т, 2021. С. 135–136.

17. Офіційний сайт АТ «Київмедпрепарат». URL:

https://kyivmedpreparat.com/about (дата звернення: 20.11.2025).

18. Пєтухов В. Р. Планування виробництва з використанням технології групового прийняття рішень. *Економіка і суспільство.* 2018. Вип. № 19. С. 1449–1453.

19. Піксайкіна О. В., Ходенева Е. А. Економіко-математична модель оптимізації управління бізнес-процесами виробничого підприємства. *Вісник Гуманітарного університету*. 2017. № 1 (16). С. 14–19.

20. Семенюк А. Я. Бізнес-перспектива використання інформаційних технологій при реалізації ERP-проекту на підприємстві. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2014. № 24.7. С. 344–350.

21. Сергієнко О. А., Голофаєва І. П., Швець А. Д. Розроблення оптимізованої моделі логістичних ланцюгів постачання-розподілу підприємств. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія : Міжнародні економічні відносини та світове господарство.* 2019. № 28. С. 98–105.

22. Степашко В. С., Булгакова О. С., Зосімов В. В. Ітераційні алгоритми індуктивного моделювання : монографія. Київ : Наукова думка, 2018. 191 с.

23. Стукан Т. М. Економічне управління підприємством: сутність та напрями підвищення ефективності. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: економіка і менеджмент.* 2017. № 27. С. 61–65.

24. Стучинська Н. В., Андрійчук М. Д., Микитенко П. В. Оптимізація виробничих та логістичних задач у фармації засобами математичного та комп'ютерного моделювання. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях*. Харків : Стильна типографія, 2025. № 1 (8). С. 120–126.

25. Тарасюк Г. М., Шваб Л. І. Планування діяльності підприємства : навч. посіб. 4-те вид. Київ : Каравела, 2011. 352 с.

26. Тігарєва В. А., Станкевич І. В. Аналіз існуючих підходів та методів

оцінювання бізнес-процесів підприємств та організацій. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 3 (98). Ч. 1. С. 113–122.

27. Чумак Г. Л. Управління витратами підприємства: функціональний аспект. *Modeling the development of the economic systems*. 2022. Випуск № 4. С. 160–165.

28. Al-Mashari M. A., Al-Mudimigh A., Zairi M. Enterprise resource planning: taxonomy of critical factors. *European Journal of Operational Research*. 2003. № 146. Pp. 352–364.

29. Altarazi, S., Shqair, M. Hierarchical hybrid simulation optimization of the pharmaceutical supply chain. *Adv. Prod. Eng. Manag.* 2023. № 18. Pp. 66–78.

30. Amin, S. H., Razmi, J. and Zhang, G. Supplier Selection and Order Allocation Based on Fuzzy SWOT Analysis and Fuzzy Linear Programming. *Expert Systems with Applications*. 2011. № 38. Pp. 334–342. URL: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.06.071 (дата звернення: 20.11.2025).

31. Ásgeirsson E., Axelsdottir G., Stefansson H. Automating a manual production scheduling process at a pharmaceutical company. *Computational Intelligence In Production And Logistics Systems*. 2011. Pp. 1–8. URL: https://www.researchgate.net/publication/224247408_Automating_a_manual_production_scheduling_process_at_a_pharmaceutical_company (дата звернення: 20.11.2025).

32. Astnti, D. R., Ai, T. J. Clustering based heuristics for aligning master production schedule and delivery. *Schedule. Manag. Syst. Prod. Eng*. 2024. № 32. Pp. 401–408.

33. Astnti, D. R., Ai, T. J. Supplying chains in pharmacy. *Schedule. Manag. Syst. Prod. Eng.* 2023. № 2. Pp. 301–311.

34. Babarinde A. O., Ayo-Farai O., Maduka C. P., Okongwu C. C., Sodamade O. Data analytics in public health, A USA perspective: a review. *World J Adv Res Rev.* 2023. № 20(3). Pp. 211–224.

35. Bandalos, D. L. Measurement Theory and Applications for the Social Sciences. The Guilford Press, 2018. 661 p.

36. Bo E., Hovi I. B., Pinchasik D. R. COVID-19 disruptions and Norwegian food and pharmaceutical supply chains: Insights into supply chain risk management, resilience, and reliability. *Sustain Futures*. 2023. № 5. URL: https://doi.org/10.1016/j.sftr.2022.100102 (дата звернення: 22.11.2025).

37. Boltić Z., Jovanović M., Petrović S., Božanić V., Mihajlović M. Continuous improvement concepts as a link between quality assurance and implementation of cleaner production-case study in the generic pharmaceutical industry. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 2016. № 22(1). Pp. 55–64.

38. Chen F, Luo C, Gong W, Lu C. Two-stage adaptive memetic algorithm with surprisingly popular mechanism for energy-aware distributed hybrid flow shop scheduling problem with sequence-dependent setup time. *Complex Syst Model Simul*. 2024. № 4. Pp. 82–108. URL: https://doi.org/10.23919/CSMS.2024.0003 (дата звернення: 22.11.2025).

39. Diering M., Dyczkowski K., Hamrol A. New method for assessment of raters agreement based on fuzzy similarity. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2015. № 368. Pp. 415–425.

40. Ding B. Pharma Industry 4.0: Literature review and research opportunities in sustainable pharmaceutical supply chains. *Process Saf Environ Prot*. 2018. № 119. Pp. 115–130.

41. Donath, B. The IOMA handbook of Logistics and Inventory Management. USA: John Wiley & Sons, 2002.

42. Ghalehkhondabi I., Suer, G. Production line performance analysis within a MTS/MTO manufacturing framework: a queueing theory approach. *Production.* 2018. № 28. URL: https://doi.org/10.1590/0103-6513.20180024 (дата звернення: 23.11.2025).

43. Ghalehkhondabi, I., Sormaz, D., Weckman, G. Multiple customer order decoupling points within a hybrid MTS/MTO manufacturing supply chain with uncertain demands in two consecutive echelons. *OPSEARCH*. 2016. № 53(4). Pp. 976–997. URL: http://dx.doi.org/10.1007/s12597-016-0265-6 (дата звернення: 24.11.2025).

44. Haji M., Kerbache L., Sheriff K. M., Al-Ansari T. Critical success factors and traceability technologies for establishing a safe pharmaceutical supply chain. *Methods Protocols*. 2021. № 4(4). DOI: 10.3390/mps4040085 (дата звернення: 24.11.2025).

45. Haleem R. M., Salem M. Y., Fatahallah F. A., Abdelfattah L. E. Quality in the pharmaceutical industry: a literature review. *Saudi Pharm J.* 2015. № 23(5). Pp. 463–469.

46. Hasan, M. F.; Mohammed, S. R. Time and finance optimization model for multiple construction projects using genetic algorithm. *J. Mech. Behav. Mater.* 2022. № 31. Pp. 267–281. URL: https://doi.org/10.1515/jmbm-2022-0032 (дата звернення: 25.11.2025).

47. Heo, K. Segment Reporting Level And Analyst Forecast Accuracy. *The Journal of Applied Business Research.* 2018. № 3. Pp. 471–485.

48. Herer Y. T., Tzur M., Yucesan E. Transshipments: an emerging inventory recourse to achieve supply chain leagility. *International Journal of Production Economics.* 2002. № 80(3). Pp. 201–212. URL: http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00254-2 (дата звернення: 24.11.2025).

49. Hoekstra S., Romme J. Integral logistics structures: developing customer oriented goods flow. London : McGraw-Hill. 1992.

50. Huynh-Ba K. Good Manufacturing Practices (GMPs) and the Quality Systems. *Analitical Testing for the Pharm GMP Lab*. 2022. Pp. 26–56.

51. Ishak, A., Tarigan, U., Dwinitha, A. Planning of Master Production Schedule. PT Semend Padang. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/1003/1/012111.

52. Jawad Z. N., Balázs V. Machine learning-driven optimization of enterprise resource planning (ERP) systems: a comprehensive review. *Beni-Suef Univ. J. Basic Appl. Sci.* 2024. № 13. URL: https://doi.org/10.1186/s43088-023-00460-y (дата звернення: 20.11.2025).

53. Jewkes, E. M., Alfa, A. S. A queuing model of delayed product differentiation. *European Journal of Operational Research*. 2009. № 199(3).

Pp. 734–743. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2008.08.001 (дата звернення: 21.11.2025).

54. Kachalia A., Mello M. M., Nallamothu B. K., Studdert D. M. Legal and policy interventions to improve patient safety. *Circulation*. 2016. № 133(7). Pp. 661–671.

55. Kalantari, M., Rabbani, M., Ebadian, M. A decision support system for order acceptance/rejection in hybrid MTS/MTO production systems. *Appl. Math. Model.* 2011. № 35. Pp. 1363–1377.

56. Kalinowski, K., Krenczyk, D., Paprocka, I., Kempa, W., Grabowik, C. Multi-criteria evaluation methods in the production scheduling. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2016. № 145. Pp. 1–6. DOI:10.1088/1757-899X/145/2/022019.

57. Kumar G. Advancements in Pharmaceutical IT: Transforming the Industry with ERP Systems. *Universal Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2025. № 4(1). Pp. 13–19. DOI: 10.31586/ujpp.2025.6071.

58. Liu F, Gao K, Li D, Sadollah A. Ensemble evolutionary algorithms equipped with Qlearning strategy for solving distributed heterogeneous permutation flowshop scheduling problems considering sequence-dependent setup time. *IET Collab. Intell. Manuf.* 2024. № 6. URL: https://doi.org/10.1049/cim2.12099 (дата звернення: 22.11.2025).

59. Mandava, H. Improving the Integrity of Pharmaceutical Serialization with Enterprise Technologies. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. 2024. № 10(3). Pp. 514–520.

60. Mauergauz, Y. Objectives and constraints in advanced planning problems with regard to scale of production output and plan hierarchical level. *Int. J. Ind. Syst. Eng.* 2012. № 12. Pp. 369–393.

61. Mauergauz, Y. Objectives and constraints in advanced planning problems with regard to scale of production output and plan hierarchical level. *Int. J. Ind. Syst. Eng.* 2012. № 12. Pp. 369–393.

62. Naderi, B., Zandieh, M., Roshanaei, V. Scheduling hybrid flowshops with sequence dependent setup times to minimize makespan and maximum tardiness. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2009. № 11. Pp. 1186–1198. DOI: 10.1007/s00170-008-1569-3.

63. Ngai, E. W., Law, C. C., and Wat, F. K. Examining the critical success factors in the adoption of enterprise resource planning. *Computers in Industry.* 2008. № 59(6). Pp. 548–564.

64. Nguyen, Hoang Anh; van Iperen, Zane; Raghunath, Sreekanth; Abramson, David; Kipouros, Timoleon; Somasekharan, Sandeep Multi-objective optimisation in scientific workflow. *Procedia Computer Science*. 2017. № 108. Pp. 1443–1452.

65. Ninduwezuor-Ehiobu N., Tula O. A., Daraojimba C., Ofonagoro K. A., Ogunjobi O. A., Gidiagba J. O., et al. Exploring innovative material integration in modern manufacturing for advancing US competitiveness in sustainable global economy. *Eng Sci Technol J.* 2023. № 4(3). Pp. 140–168.

66. O'Hagan A., Garlington A. Counterfeit drugs and the online pharmaceutical trade, a threat to public safety. *Forensic Res Criminol Int J.* 2018. № 6(3). Pp. 151–158.

67. Olhager, J. Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*. 2003. № 85(3). Pp. 319–329. URL: http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00119-1 (дата звернення: 22.11.2025).

68. Osman C.-C. Robotic process automation: lessons learned from case studies. *Informatica Economica*. 2019. № 4. Pp. 66–71. DOI: 10.12948/issn14531305/23.4.2019.06.

69. Papert M., Rimpler P., Pflaum A. Enhancing supply chain visibility in a pharmaceutical supply chain: solutions based on automatic identification technology. *Int. J. Phys. Distrib. Logist. Manag*. 2016. № 46(9). Pp. 859–884.

70. Parmenter, D. Key Performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs. *Hoboken, New Jersey: Wiley*, 2019. Pp. 48–50.

71. Patel K. R. Enhancing global supply chain resilience: Effective

strategies for mitigating disruptions in an interconnected world. *BULLET: J Multidiscip Ilmu*. 2023. № 2(1). Pp. 257–264.

72. Pazhayattil A. B. Machine Learning and Artificial Intelligence Strategies for the Pharmaceutical Industry. California Southern University, 2022. URL: https://www.researchgate.net/publication/365627692_Machine_Learning_and_Artificial_Intelligence_Strategies_for_the_Pharmaceutical_Industry (дата звернення: 24.11.2025).

73. Perera, Sandun; Janakiraman, Ganesh; Niu, Shun-Chen Optimality of (s,S) policies in EOQ models with general cost structures. *International Journal of Production Economics*. 2017. № 187. Pp. 216–228.

74. Pinedo, M. L., Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems. 5th ed. *Cham: Springer International Publishing.* 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-26580-3.

75. Pourhejazy P. Production management and supply chain integration. the palgrave handbook of supply chain management. *Cham: Springer International Publishing*. 2024. Pp. 315–40. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-19884-7_86 (дата звернення: 23.11.2025).

76. Ranebennur R., Thirumaleshwar S.K., Somareddy H.K., Desai R., Sandeep D. Development of automated quality assurance systems for pharmaceutical manufacturing: a review. *J Coast Life Med*. 2023 № 11. Pp. 1855–1864.

77. Saderova, J., Rosova, A., Behunova, A., Behun, M., Sofranko, M., Khouri, S. Case study: The simulation modelling of selected activity in a warehouse operation. *Wirel. Netw*. 2022. № 28. Pp. 431–440.

78. Schellekens R, Smith J. Pharmaceutical Quality System. In: Practical Pharmaceutics: An International Guideline for the Preparation. Care and Use of Medicinal Products. *Springer.* 2023. Pp. 839–858.

79. Sharman, G. The rediscovery of logistics. *Harvard Business Review*. 1984. № 62(5). Pp. 71–80.

80. Shouyao Xiong, Yuanyuan Feng and Kai Huang Optimal MTS and

MTO Hybrid Production System for a Single Product Under the Cap-And-Trade Environment. *Sustainability.* 2020. № 12. Pp. 24–26. DOI:10.3390/su12062426.

81. Singh R. K., Kumar R., Kumar P. Strategic issues in pharmaceutical supply chains: a review. *Int. J. Pharm. Healthc Mark*. 2016. № 10(3). Pp. 234–257.

82. Soman, C. A., van Donk, D. P., & Gaalman, G. Combined make-to-order and make-to-stock in food production system. *International Journal of Production Economics*. 2004. № 90(2). Pp. 223–235. URL: http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(02)00376-6 (дата звернення: 25.11.2025).

83. Stefansson, H., Shah, N., Jensson, P. Multiscale planning and scheduling in the secondary pharmaceutical industry. *AIChE Journal*. Dec. 2006. № 52(12). Pp. 4133–4149.

84. Stefansson, H., Sigmarsdottir, S., Jensson, P., Shah, N. Discrete and continuous time representations and mathematical models for large production scheduling problems: A case study from the pharmaceutical industry. *European Journal of Operational Research.* 2011. № 215(2). Pp. 383–392. DOI: 10.1016/j.ejor.2011.06.021.

85. Subzwari M, Nasir SZ. Preserving Efficacy of Temperature Sensitive Medicines–Logistics Management in Pharmaceutical Supply Chain. *South Asian J Manag.* 2015. № 9(1). Pp. 1–9.

86. Şuhubi, E. S., Chapter V. Metric Spaces. Functional Analysis. *Springer Netherlands*. 2003. Pp. 261–356.

87. Tshehla-Nkuna M., Mulongo N.Y. Artificial Intelligence Tools for Early Detection of Product Defects in the Pharmaceutical Industry. *2023 18th Int. Conf. on Intelligent Systems and Knowledge Engineering (ISKE).* 2023. URL: https://doi.org/10.1109/ISKE60036.2023.10481016 (дата звернення: 27.11.2025).

88. Virrey, L. Cloud in pharma: Q&A with GlobalData thematic analyst. 2023. URL: https://www.pharmaceuticaltechnology.com/comment/cloud-in-pharma-qawith-globaldata-thematic-analyst (дата звернення: 23.11.2025).

89. Voykelatos G. Good Manufacturing Practices (GMPs) and process validation in the pharmaceutical industry: an in-depth analysis. *Πανεπιστήμιο*

Πειραιώς. 2022. URL: https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/15020/VOUKELATOS_1906.pdf?sequence=3&isAllowed=y (дата звернення: 23.11.2025).

90. Wang, J. L. A supply chain application of fuzzy set theory to inventory control models – DRP system analysis. *Expert Systems with Applications*. 2009. № 36(5). Pp. 9229–9239. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2008.12.047 (дата звернення: 22.11.2025).

91. Wu, L. General Equilibrium and Structural Dynamics: Perspectives of New Structural Economics. *Beijing: Economic Science Press*. 2019. Pp. 122–125.

92. Wu, M. C., Jiang, J. H., & Chang, W. J. Scheduling a hybrid MTO/MTS semiconductor fab with machine-dedication features. *International Journal of Production Economics.* 2008. № 112(1). Pp. 416-426. URL: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.04.008 (дата звернення: 22.11.2025).

93. Zhang, Z. G., Kim, I., Springer, M., Cai, G.G., Yu, Y. Dynamic pooling of make-to-stock and make-to-order operations. *Int. J. Prod. Econ*. 2013. № 144. Pp. 44-56.

ДОДАТОК А

Підходи до процесу планування фармацевтичного виробництва та аналізу його окремих складових

Таблиця А.1 – Підходи та методи до аналізу планування виробництва фармацевтичних підприємств

Автор(и)	Назва дослідження (публікації)	Тема, якій присвячена наукова робота автора
А. О'Хаган, А. Харлінгтон [66]	Counterfeit drugs and the online pharmaceutical trade, a threat to public safety	Забезпечення протидії онлайн-торгівлі підробленими лікарськими засобами.
К. Р. Петел [71]	Enhancing global supply chain resilience: Effective strategies for mitigating disruptions in an interconnected world	Забезпечення ефективності роботи ланцюгів постачання в фармацевтичному виробництві.
К Хуюнг-Ба [50]	Huynh-Ba K. Good Manufacturing Practices (GMPs) and the Quality Systems	Належна виробнича практика (НВП).
Г. Войкелатос [89]	Good Manufacturing Practices (GMPs) and process validation in the pharmaceutical industry: an in-depth analysis	Валідація та документування виробничого процесу фармакологічної продукції.
А. О. Бабарінде [34]	Data analytics in public health, A USA perspective: A review	Варіабельність регуляторних вимог щодо якості фармацевтичної продукції.
Левкін Д. А. [13]	Чисельні методи і математичні моделі оптимізації параметрів біотехнологічних процесів	Оптимізаційне моделювання провесу фармацевтичного виробництва.
Деренська Я. М. [8]	Аналіз світових тенденцій в управлінні ризиками фармацевтичної галузі	Управління виробничими ризиками.
Е. Бо; І. Б. [36]	COVID-19 disruptions and Norwegian food and pharmaceutical supply chains: Insights into supply chain risk management, resilience, and reliability	Ланцюги постачання лікарських засобів в умовах пандемії COVID-19.
Халім Р.; Салем М. [45]	Quality in the pharmaceutical industry: A literature review	«Цифрові двійники» у фармацевтичній галузі.
Б. Дінг [40]	Pharma Industry 4.0: Literature review and research opportunities in sustainable pharmaceutical supply chains	Стабільність функціонування ланцюгів постачання в фармацевтичній промисловості.
М. Субзварі та С. З. Насіра [85]	Preserving Efficacy of Temperature Sensitive Medicines-Logistics Management in Pharmaceutical Supply Chain	Логістика «холодного ланцюга».

Продовження таблиці А.1

Автор(и)	Назва дослідження (публікації)	Тема, якій присвячена наукова робота автора
Хаї М. та ін. [44]	Critical success factors and traceability technologies for establishing a safe pharmaceutical supply chain	Системи поставок сировини та напівфабрикатів.
Сергієнко О. А., Голофаєва І. П., Швець А. Д. [21]	Розроблення оптимізованої моделі логістичних ланцюгів постачання-розподілу підприємств	Математичні моделі в плануванні фармацевтичного виробництва.
Тшехле-Нкун М. та ін. [87]	Artificial Intelligence Tools for Early Detection of Product Defects in the Pharmaceutical Industry	Використання ШІ та автоматизованих систем в плануванні та організації фармацевтичного виробництва.
О. Ю. Гусєва; С. В. Легомінова [7]	Діджиталізація – як інструмент удосконалення бізнес-процесів, їх оптимізація	Використання цифрових технологій у фармацевтичному виробництві.
Стучинська Н. В. та ін. [24]	Оптимізація виробничих та логістичних задач у фармації засобами математичного та комп'ютерного моделювання	Математичне та комп’ютерне моделюванняу фармацевтичній галузі.
Горбачук В. М.; Дунаєвський В. М . [5]	Математичні моделі підвищення ефективності децентралізованих систем та їх застосування	Аналітичний контроль виробничого процесу фармацевтичного підприємства.

ДОДАТОК Б

Критерії ефективності планування виробництва

Таблиця Б.1 – Критерії ефективності планування виробництва

Критерій ефективності планування виробництва	Сутність критерію
Своєчасна доставка	відсоток замовлень, доставлених клієнтам вчасно; показник ефективності процесу планування виробництва у дотриманні термінів та очікувань клієнтів
Ефективність виробництва	показник, що вимірює, наскільки добре планування виробництва успішно використовує наявні виробничі ресурси. Його можна виразити як відношення фактичного обсягу виробництва до максимального теоретичного обсягу виробництва
Рівні запасів	показники, пов'язані з рівнями запасів, такі як коефіцієнт оборотності запасів, середня висота запасів, максимальна висота запасів та точність управління запасами. Вони вимірюють ефективність планування виробництва в управлінні рівнями запасів та мінімізації надлишкових запасів
Собівартість продукції	показники, що відстежують виробничі витрати, такі як загальні витрати на виробництво одиниці продукції, витрати на оплату праці одиниці продукції та витрати на сировину та матеріали. Це допомагає оцінити ефективність планування виробництва з точки зору контролю витрат
Простоювання	показник відстежує відсоток часу, протягом якого не відбувається виробництво протягом робочих годин, запланованих для виробництва. Причини включають простої машин, налаштування інструментів та аварії. Деякий простій може бути необхідним для таких функцій, як робота з машинами, але загалом, чим менше простоїв, тим краще. І чим краще планування виробництва, тим менший час простою
Час перемикання	час, необхідний для перемикання між завданнями. Час перемикання впливає на загальну продуктивність, оскільки виробництво зупиняється протягом цих періодів. Виробничі графіки повинні враховувати кількість часу та зусиль, необхідних для переналаштування виробництва для кожного завдання, включаючи зміни обладнання, сировини та робочої сили. Розробка виробничих графіків для мінімізації часу переналаштування може підвищити ефективність
Загальна ефективність обладнання	показник загальної продуктивності виробництва, який враховує якість, продуктивність та доступність. Формула для OEE: OEE = Якість х продуктивність х доступність. Якість зазвичай вимірюється як відсоток деталей, що відповідають стандартам якості. Продуктивність – це швидкість виконання процесу порівняно з його максимальною швидкістю, виражена у відсотках. Доступність – це відсоток безвідмовної роботи протягом запланованих годин роботи компанії. Збільшення OEE можна досягти шляхом скорочення простоїв, підвищення якості та підтримки високого рівня виробництва

Продовження таблиці Б.1

Критерій ефективності планування виробництва	Сутність критерію
Своєчасна доставка замовлень	затримки у виробництві можуть дорого коштувати як з точки зору грошей, так і репутації. Своєчасне виробництво продукції означає, що вам з меншою ймовірністю знадобляться дорогі термінові поставки або інші непередбачені заходи для дотримання термінів. Своєчасна доставка замовлень допомагає підтримувати задоволення клієнтів, що означає, що вони з більшою ймовірністю продовжуватимуть співпрацю з вашою компанією
Час виконання замовлення	середній час, необхідний для виконання замовлення від початку до кінця, включаючи всі етапи виробничого процесу. Коротший час виконання замовлення свідчить про ефективніше планування виробництва та вищу швидкість роботи
Використання потужностей	ступінь використання наявних виробничих потужностей. Це можна виміряти як відсоток від загальної фактично використаної доступної потужності або як відношення фактичного обсягу виробництва до максимальної потужності
Продуктивність праці та машин	показники, що вимірюють продуктивність праці та машин, такі як обсяг виробництва на одного працівника або машину за годину або зміну
Рівні якості	показники, що вимірюють якість виробленої продукції, такі як відсоток дефектів, скарг клієнтів та відповідність специфікаціям. Це оцінює ефективність планування виробництва у підтримці стандартів якості

Джерело: складено автором на основі [70]

ДОДАТОК В

Схема алгоритму планування процесу виробництва (кроки 0–5)

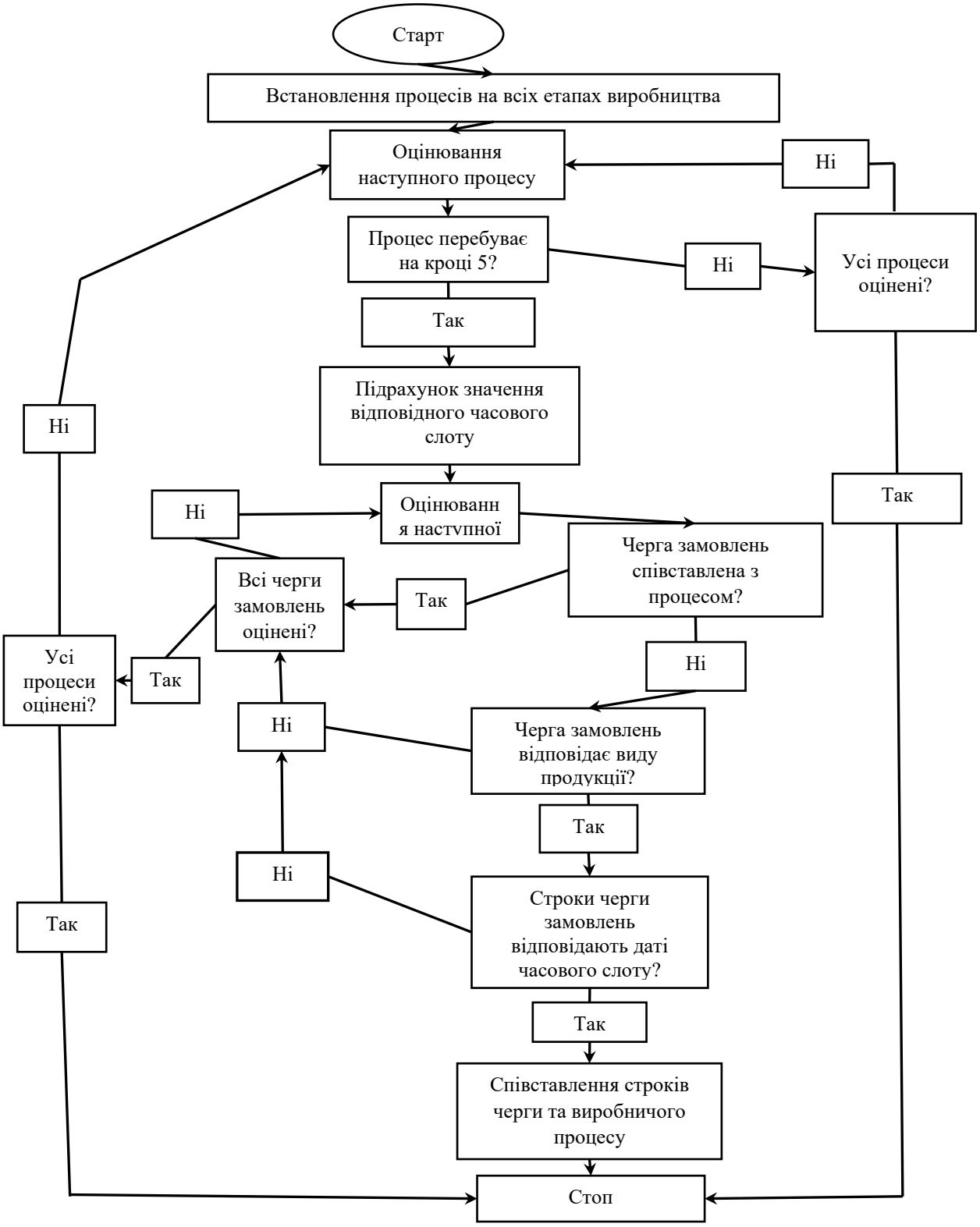


Рисунок В.1 – Схема алгоритму (кроки 0-5). Встановлення відповідності між виробничими процесами та чергами замовлень

Джерело: [70; 83]

ДОДАТОК Г

Схема алгоритму планування процесу виробництва (кроки 6–7)

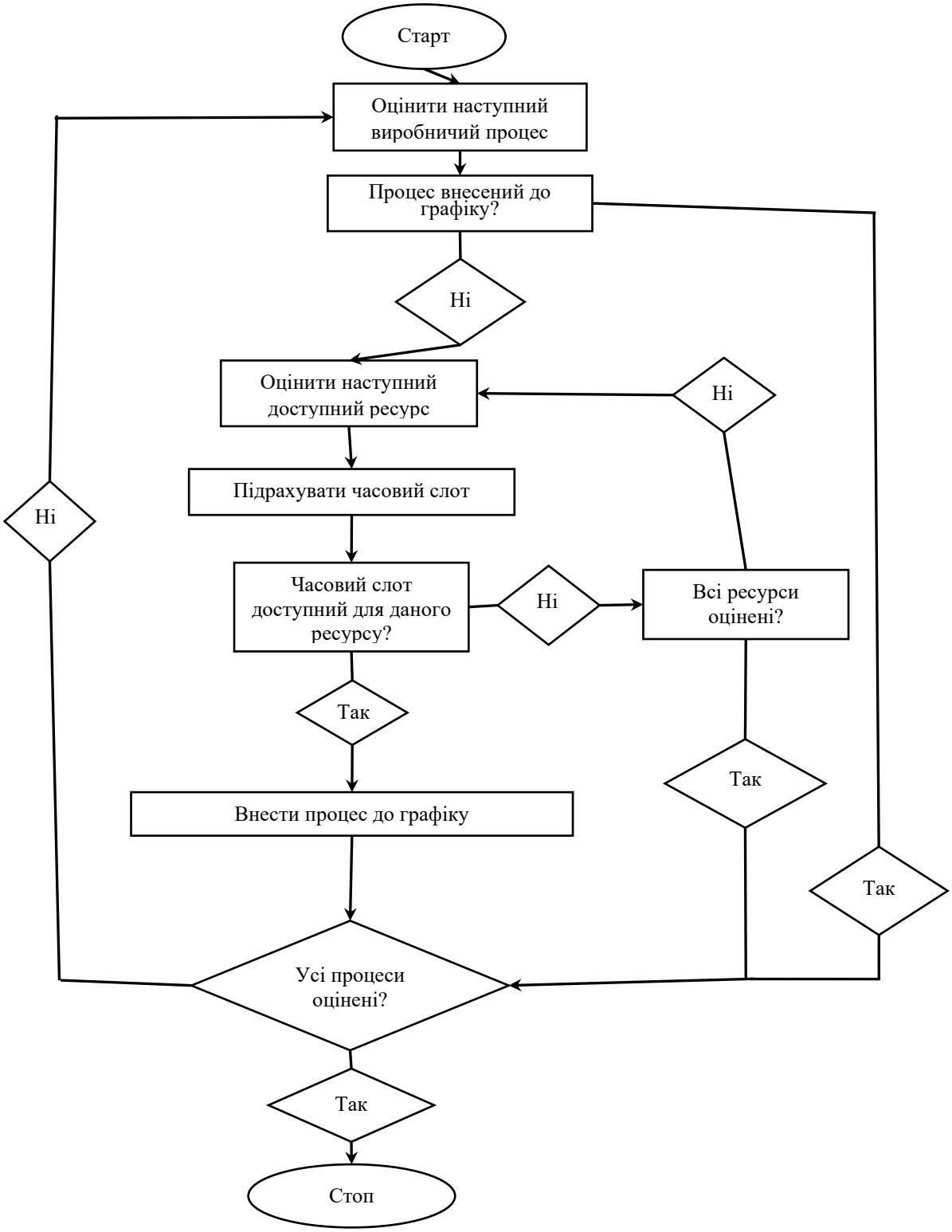


Рисунок Г.1 – Схема алгоритму (кроки 6-7). Встановлення відповідності між виробничими процесами та виробничими етапами

Джерело:[70; 83]

ДОДАТОК Д

Схема алгоритму планування процесу виробництва (кроки 8–9)

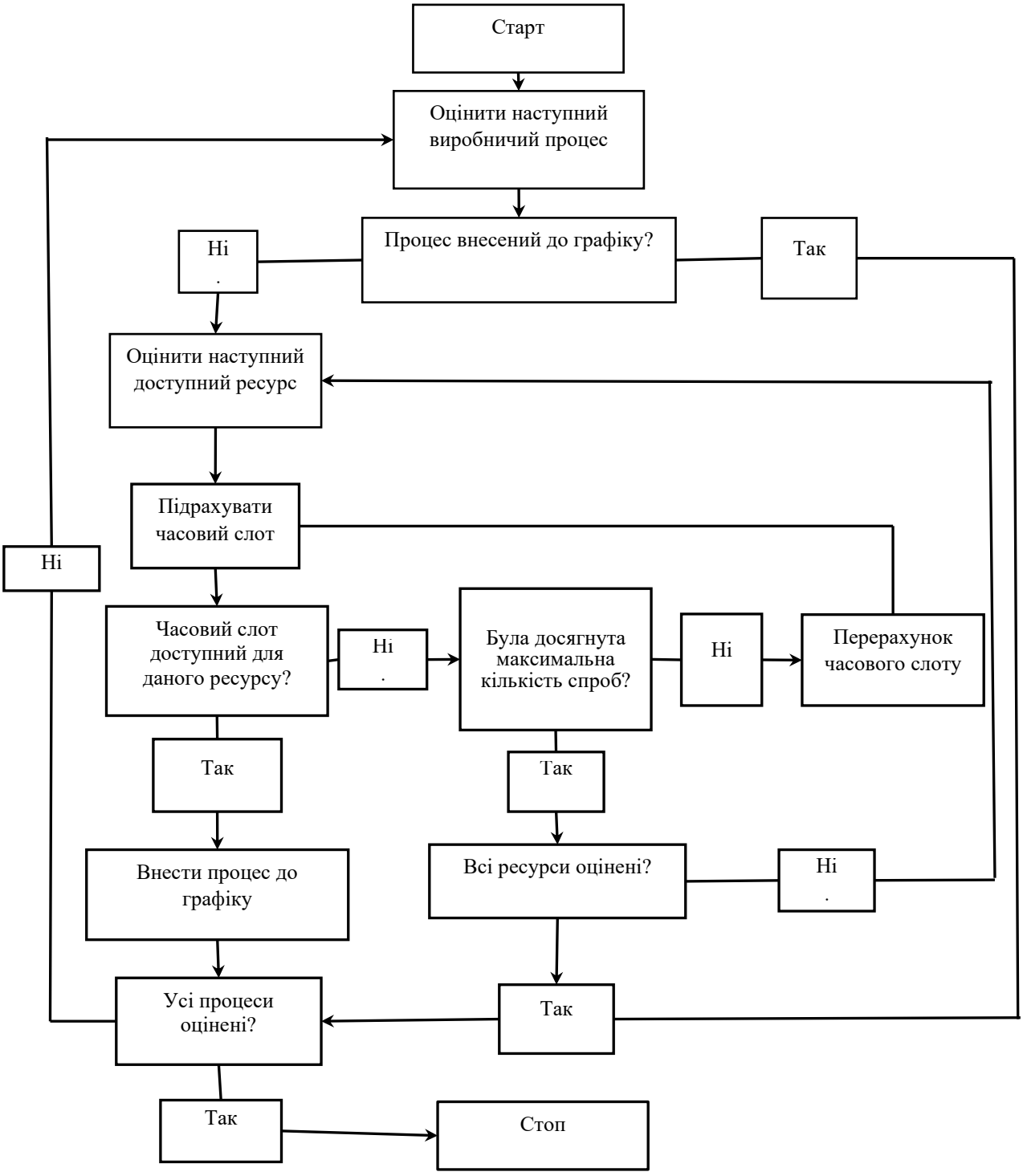


Рисунок Д.1 – Схема алгоритму (кроки 8-9). Встановлення відповідності між виробничими процесами та виробничими етапами, що не могли бути розподілені раніше

Джерело: [70; 83]

Декларація академічної доброчесності
здобувача вищої освіти ЗНУ

Я Брусенцев Владислав Володимирович, студент(ка) 2 курсу, форми навчання очна, факультету економічний, спеціальності «Економіка», адреса електронної пошти ddhutrok@gmail.com,

- підтверджую, що написана мною кваліфікаційна робота на тему «Моделювання процесу планування виробництва фармацевтичної компанії з використанням ERP-системи» відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений/ознайомлена;
- заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;
- згоден/згодна на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям *академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою* Інтернет-системи, а також на архівування роботи в базі даних цієї системи.

Дата_____ Підпис_____ ПІБ (студент) _____

Дата_____ Підпис_____ ПІБ (науковий керівник) _____