

УДК 004.8:005.93

Д.В. ШПАЧЕНКО*, О.В. ХАРКЯНЕН*, О.С. КОМІСАРЕНКО**, Г.Л. БАРАНОВ**

ВПРОВАДЖЕННЯ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА КОНЦЕПЦІЇ JUST-IN-TIME В ІНФОРМАЦІЙНУ СИСТЕМУ ХАРЧОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

*Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна

** Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Анотація. У статті розглянуто сучасні аспекти застосування концепції Just-in-Time (JIT) для харчового підприємства. Проаналізовано історичні етапи становлення концепції, її основні принципи, методологію впровадження та особливості адаптації до галузі з коротким циклом виробництва. Визначено ключові переваги JIT — скорочення запасів, підвищення якості продукції, зменшення витрат на зберігання й транспортування. Описано ризики, що виникають унаслідок перебоїв поставок, сезонності, коливань попиту та вимог до санітарної безпеки. Запропоновано способи вдосконалення бізнес-процесів харчового підприємства за рахунок доповнення логістичної системи JIT сучасними інформаційними технологіями: системами управління підприємством ERP, MES, WMS, технологіями інтернету речей, обробки й аналізу великих даних Big Data, штучного інтелекту. На прикладі підприємств харчової промисловості запропоновано способи використання методів регресійного аналізу, кластеризації, асоціативних правил, прогнозування, штучних нейронних мереж у межах системи JIT. Адаптація концепції JIT до умов діяльності українських харчових підприємств та її консолідація з сучасними інформаційними технологіями здатна підвищити їх конкурентоспроможність на внутрішньому та міжнародному ринках. Успішність застосування даного підходу у діяльності харчового підприємства значною мірою залежить від наявності державної підтримки, модернізації виробничих потужностей, залученості персоналу і створення відповідного інформаційного середовища. Впровадження консолідованої з методами штучного інтелекту концепції Just-in-Time в інформаційну систему харчового підприємства сприятиме зниженню собівартості продукції, зменшенню загальних витрат і, відповідно, підвищенню прибутковості підприємства.

Ключові слова: інформаційні технології, методи штучного інтелекту, концепція Just-in-Time, харчова промисловість, логістичні бізнес-процеси.

Abstract. The article examines modern aspects of applying the Just-in-Time (JIT) concept to food industry enterprises. The historical development of the concept, its core principles, implementation methods, and the specific challenges of adapting it to an industry with short production cycles have been analyzed. The key advantages of JIT, including inventory reduction, improved product quality, and lower storage and transportation costs, have been identified. The study describes the risks arising from supply disruptions, seasonality, demand fluctuations, and food safety requirements. The paper proposes a set of methods for improving food enterprise business processes by augmenting the JIT logistics system with modern information technologies: enterprise management systems (ERP, MES, and WMS), Internet of Things (IoT) technologies, Big Data analytics, and artificial intelligence (AI). Using examples from food industry enterprises, the article suggests ways to apply regression analysis, clustering, association rules, forecasting, and artificial neural networks within the JIT framework. Adapting the JIT concept to the operational environment of Ukrainian food enterprises and integrating it with modern IT solutions can enhance their competitiveness in both domestic and international markets. The success of this approach largely depends on the availability of state support, modernization of production facilities, employee engagement, and the creation of an appropriate information environment. The implementation of the JIT concept, integrated with AI methods into an enterprise information system, will contribute to reducing production costs and overall expenses, and, consequently, increasing profitability.

© Шпаченко Д.В., Харкянен О.В., Комісаренко О.С., Баранов Г.Л., 2026

ISSN 1028-9763. Математичні машини і системи. 2026. № 2

Стаття знаходиться у відкритому доступі та розповсюджується відповідно до умов ліцензії

Creative Commons Attribution License (CC BY)

1. Вступ

Харчові підприємства працюють в умовах конкурентного середовища під впливом змін попиту на продукцію та дією нормативів, що регламентують якість і безпечність продукції. Ефективна робота підприємства визначається швидкою реалізацією продукції з коротким терміном придатності, безперервністю логістичних ланцюгів та жорстким дотриманням якості харчової продукції. Традиційні підходи до управління виробництвом і запасами вимагають створення резервів готової продукції, що може призводити до втрати ефективності управління, додаткових витрат на збереження та псування продукції, зростання складності у контролюванні бізнес-процесів.

Отже, виникає потреба у впровадженні концепції Just-in-Time (JIT), яка орієнтована на синхронізацію виробництва з фактичним попитом, мінімізацію запасів і зниження витрат [1–3]. Система JIT функціонує на основі комплексного підходу, що включає принципи «витягування» (Pull System), безперервного вдосконалення (Kaizen), вирівнювання навантаження (Heijunka), візуального управління (Kanban) та стандартизації операційної діяльності [1, 4]. Її застосування дозволяє забезпечити точне планування виробничих процесів і скорочення часу виконання замовлень.

Однак у сучасних умовах ефективно впровадження JIT без використання інформаційних технологій є складним процесом [5, 6], оскільки реалізація принципу «точно в строк» вимагає обробки великих масивів неструктурованих даних у режимі реального часу, оперативного прийняття рішень та злагодженої роботи різних підрозділів підприємства.

Отже, інтеграція концепції JIT із сучасними IT-рішеннями є актуальною задачею. Серед основних рішень доцільно виділити такі сучасні інформаційні технології:

- ERP-системи (Enterprise Resource Planning) — для планування ресурсів підприємства;
- MES-системи (Manufacturing Execution System) — для управління та моніторингу виробничих процесів у реальному часі;
- WMS-системи (Warehouse Management System) — для оптимізації складських операцій;
- системи обробки великих даних (Big Data) — для аналізу виробничої та логістичної інформації [7–9];
- технології штучного інтелекту (ШІ) — для прогнозування попиту, оптимізації запасів і підтримки прийняття рішень;
- IoT (Internet of Things) — для моніторингу стану обладнання, температурних режимів і переміщення продукції.

Використовуючи дані технології, можна автоматизувати головні управлінські процеси, зменшити вплив людського фактора, збільшити точність планування та гарантувати відкритість виробничо-логістичних операцій [10, 11].

Отже, для забезпечення конкурентоздатності харчовим підприємствам варто не лише запроваджувати сучасні підходи до управління (зокрема Just-in-Time), а й об'єднати їх з IT-рішеннями для аналізу наявних даних.

В останні роки проводяться наукові дослідження щодо впровадження JIT у виробничо-логістичні системи, інтегровані з новітніми інформаційними технологіями аналізу даних. Окремо можна виділити дослідження з прогнозування та об'єднання даних у режимі реального часу та автоматизації управління. Закордонний досвід впровадження концепції JIT та її поєднання з основами ощадливого виробництва та інформаційними технологіями розглянуто у працях науковців, як-от С. Елліса, М. Імаї, Б. Конлона, Джеффри К. Лайкера, Р. Конті, А. Гунасекарана, К. Лея, Т. Оно, Т. Ченга, І. Хея та ін. Українські вчені, серед яких

П. Атамас, А. Гаджинський, О. Сумець, С. Голов, В. Пономаренко, В. Шевчук, С. Подольський та ін., теж працюють над дослідженнями щодо застосування логістичних теорій та впровадження інформаційних систем управління на базі українських підприємств. У наукових працях аналізуються процеси автоматизації операцій із ресурсами, застосування ІТ для забезпечення логістичних бізнес-процесів та інформатизація бізнес-процесів. Не зважаючи на те, що наукова спільнота приділяє значну увагу цій темі, питання інтеграції концепції Just-in-Time у сучасне ІТ-середовище досліджено не повністю. Окремої уваги потребує проблема впровадження інструментів Just-in-Time у систему управління харчовими підприємствами за допомогою сучасних інформаційних технологій.

Метою дослідження є розробка підходів до автоматизації виробничо-логістичних процесів у харчовій промисловості на основі інтеграції концепції Just-in-Time з сучасними інформаційними технологіями, зокрема системами управління підприємством (ERP, MES, WMS), технологіями інтернету речей та методами штучного інтелекту для підвищення точності планування, забезпечення синхронізації процесів у реальному часі та зниження втрат харчового підприємства.

Дослідження базується на актуальних наукових публікаціях, статистичних відомостях від міжнародних організацій (FAO, UNIDO) та аналітичних звітах харчових підприємств, що інтегрують принципи системи Just-in-Time у свою діяльність [6, 12]. Окрім того, у роботі використані узагальнені результати досліджень, присвячених інформатизації етапів виробництва і логістики, а також використанню методів штучного інтелекту в управлінні постачанням. Застосовано комплексний підхід, що поєднує низку наукових методів. Зокрема, аналітичний метод застосовано для опрацювання теоретичного підґрунтя та уточнення ключових принципів системи JIT. Використання порівняльного аналізу виявило галузеві та регіональні особливості впровадження цієї концепції. Обґрунтування економічної ефективності та оцінка її впливу на структуру витрат і запасів здійснені з використанням економіко-статистичних методів. Для розв'язання завдань, пов'язаних із прогнозуванням попиту та раціональним використанням ресурсних потоків, залучено методи кластеризації та регресійного аналізу.

2. Викладення основного змісту дослідження

Концепція Just-in-Time («точно в строк») є ключовим елементом філософії дбайливого виробництва (Lean Manufacturing) [1–3]. Її головною метою є усунення всіх типів втрат (Muda) та підвищення ефективності процесів завдяки синхронізації виробництва з реальним попитом, що дозволяє зменшити надлишкові запаси, скоротити час виконання замовлень і підвищити загальну продуктивність діяльності підприємства.

Практична реалізація системи JIT ґрунтується на таких принципах:

- модель «витягування» (Pull System): рух ресурсів ініціюється тільки при наявності фактичного підтвердженого замовлення, що виключає ризики перевиробництва;
- мінімізація запасів на складах підприємства: складські залишки обмежуються лише тим обсягом, який критично необхідний для поточного виготовлення продукції;
- принцип безперервного вдосконалення (Kaizen) полягає в залученні всього персоналу до пошуку прихованих резервів та покращення процесів на кожній ділянці;
- вирівнювання навантаження за методом Heijunka: створення рівномірного ритму роботи для уникнення виробничих стресів та простоїв;
- візуальне управління (Kanban): використання системи інформаційних сигналів для прозорого управління постачанням;
- стандартизація та регламентація: виконання операцій за чіткими протоколами.

У харчовій промисловості застосування наведених принципів має особливе значення, оскільки харчова продукція може мати невеликі терміни придатності, вимагає дотримання

жорстких санітарних вимог та температурного режиму. Завдяки системі JIT, можна мінімізувати запаси сировини, скоротити час зберігання готової продукції та своєчасно постачати її у торговельні мережі. Така організація процесів сприяє зниженню технологічних втрат, підвищенню якості та стабільності органолептичних властивостей продуктів, що особливо важливо для підтримання конкурентоспроможності на ринку харчових товарів.

Успішне впровадження концепції JIT передбачає інтеграцію сучасних інформаційних систем, як-то ERP, WMS і MES, у діяльність харчового підприємства. Вони забезпечать оперативний обмін даними між усіма етапами виробничо-логістичного ланцюга, що підвищує оперативність і точність планування. Крім того, інтеграція даних позитивно вплине на собівартість витрат за рахунок ефективного використання сировини і матеріалів для виготовлення продукції та контролю складських залишків. Поєднання JIT з інформаційними технологіями аналізу даних дозволяє керівництву формувати обґрунтовані управлінські рішення, швидко реагувати на зміни попиту, прогнозувати ризики, коригувати виробничі завдання та логістичні процеси з урахуванням оперативно отриманої інформації.

Основні принципи концепції JIT були сформовані у рамках соціально-технічної системи Toyota Production System (TPS) корпорації Toyota, а з часом були адаптовані й отримали розповсюдження на західних підприємствах інших галузей промисловості. Наразі продовжується її розвиток через інтеграцію сучасних інформаційних технологій, Lean-підходів, стандартів якості ISO та екологічних стандартів.

Розглянемо специфіку впровадження системи Just-in-Time на прикладі особливостей підприємств харчової промисловості [13, 14]:

- сировина та харчова продукція мають короткий термін зберігання, що вимагає дотримання чіткості у постачанні сировини та матеріалів і проходженні виробничих процесів [11];

- існує залежність від сезонного надходження деяких видів сировини, що потребує планування контрактів із постачальниками та пошуку альтернативних каналів постачання;

- існує необхідність дотримання високих стандартів безпеки харчової продукції. Логіка JIT повинна бути сумісна з принципами HACCP та нормами ISO 22000. Це передбачає моніторинг критичних точок контролю Critical Control Point (CCP), температурних режимів та контроль за збутом продукції (traceability). Таке поєднання гарантує оперативну ідентифікацію ризиків без порушення безперервності постачання;

- специфіка «холодної логістики» (Cold Chain). Затримки під час рефрижераторного транспортування здатні призвести до втрати якості готової продукції. Відповідно, необхідно забезпечувати оптимізацію маршрутів доставки, враховувати її час та кліматичні умови;

- реалізація харчової продукції залежить від сезонних та регіональних особливостей і потребує планування з врахуванням актуальних показників ринку;

- високі ціни на електроенергію та інші витрати, які необхідні для зберігання сировини, стимулюють мінімізацію складських залишків, що відповідає принципам JIT.

Дослідження досвіду діяльності українських та зарубіжних підприємств харчової промисловості підтверджує економічний ефект від переходу до моделі Just-in-Time. Відмічається зменшення витрат на зберігання сировини і готової продукції, скорочується виробничий цикл, зменшується брак, спостерігається підвищення продуктивності праці й покращення фінансових показників діяльності підприємства загалом.

Розглянемо наведені показники детальніше.

1. Оптимізація запасів і витрат на зберігання.

Застосування підходу JIT дозволяє підприємствам зменшити середній рівень запасів сировини на 25–40 %, що, зі свого боку, сприяє скороченню витрат, пов'язаних зі зберіганням, складським устаткуванням [14, 15]. Враховуючи специфіку харчового виробництва (наприклад, м'ясомолочних підприємств), де терміни придатності жорстко обмежені, така економія є важливою для отримання прибутків.

2. Скорочення виробничого циклу.

Синхронізація управління потоками сировини, виробничих процесів і відвантаження готової продукції забезпечує зменшення середньої тривалості виконання замовлення на 15–25 %. Підприємство швидше реагує на зміни попиту без накопичення надлишків готової продукції на складах.

3. Зменшення втрат ресурсів і браку.

Забезпечення контролю якості на всіх етапах виробничого процесу сприяє зниженню технологічних втрат на 8–12 %. Додатково покращуються органолептичні характеристики продукції (смак, запах, зовнішній вигляд), що сприяє її збуту та підтримці бренду.

4. Підвищення продуктивності праці.

Впровадження інструментів Kaizen або Heijunka дозволяє збалансувати навантаження на працівників на протязі виробничої зміни. В результаті продуктивність праці зростає в середньому на 10–15 %, а час простоїв скорочується приблизно на 20 %.

5. Фінансова ефективність.

Перелічені фактори конвертуються у фінансові показники харчового підприємства. Зниження витрат на зберігання та перевезення продукції впливає на збільшення коефіцієнта оборотності запасів у 1,5–2 рази, що засвідчує більш ефективне використання ресурсів підприємства. Виключення зайвих витрат та оптимізація логістичних бізнес-процесів підвищують загальну рентабельність діяльності підприємства на 5–8 %.

Отже, можна зазначити, що впровадження технології Just-in-Time у діяльність харчових підприємств є доцільним для загального покращення бізнес-процесів та ключових показників. Інтеграція ж даної концепції з сучасними методами штучного інтелекту забезпечить підвищення точності прогнозування, оптимізацію управління запасами та адаптацію виробничих процесів до змін попиту.

Саме сучасні підприємства харчової промисловості, які використовують концепцію JIT та інформаційні системи класу ERP, MES та WMS, можуть ефективно організувати всі бізнес-процеси — від закупівлі сировини до відвантаження продукції замовнику. Безперервний обмін даними між підсистемами робить на практиці JIT життєздатною логістичною моделлю.

Інформаційні системи харчових підприємств, окрім ведення поточної діяльності, потребують подальшого розвитку за рахунок впровадження нових інформаційних технологій аналізу даних: обробки великих даних (Big Data), інтернету речей (IoT), штучного інтелекту тощо. Технологія Big Data здатна забезпечити накопичення та аналіз інформації про бізнес-процеси харчового підприємства з метою детальнішого вивчення патернів і закономірностей у даних. Використання моніторингових даних про стан виробничого обладнання, температурні режими виготовлення продукції з IoT-пристроїв є важливим фактором для підтримання безперебійної роботи харчового підприємства. Технології штучного інтелекту забезпечують інтелектуальну підтримку при формуванні і прийнятті управлінських рішень.

Адаптація й інтеграція методів штучного інтелекту в інформаційну систему харчового підприємства забезпечує розширення можливостей прогнозування обсягів виробництва кожного виду продукції, їх собівартості, прибутків від реалізації, а також прогнозування та аналіз інших ключових показників виробництва і збуту. Управлінська система підприємства, доповнена ШІ, на відміну від традиційних підходів, буде більш орієнтована на прогнозування подій та запобігання ризикам.

Існує багато визначень штучного інтелекту. В інтеграції з інформаційною системою підприємства його можна визначити як сукупність методів і алгоритмів обробки даних, що забезпечують здатність інформаційних систем виконувати функції, притаманні людському інтелекту, як-то навчання, прогнозування, розпізнавання закономірностей і підтримку прийняття рішень. Розглядаючи синергію концепції Just-in-Time з методами штучного інтелекту та інформаційними системами харчового підприємства, найбільш важливими задачами є

прогнозування попиту на продукцію, оптимізація запасів сировини та продукції, аналіз уподобань і купівельної поведінки покупців, адаптація існуючих бізнес-процесів до змін у ринковому середовищі. До основних методів штучного інтелекту, що використовуються у JIT, належать регресійний аналіз, кластеризація, методи асоціативних правил, методи прогнозування, штучні нейронні мережі. Розглянемо на прикладі підприємств харчової промисловості задачі, які можуть бути вирішені із застосуванням наведених методів ШІ.

Регресійний аналіз є одним із популярних методів, що підтримує реалізацію концепції JIT. У харчовій промисловості моделі регресійного аналізу будуються для прогнозування цін і потреб у сировині для виготовлення продукції, обсягів продажів, визначення взаємозалежності між попитом на продукцію і показниками сезонних коливань попиту, святковими періодами, погодними умовами, проведенням рекламних акцій. Практичним результатом застосування регресійного аналізу є раціонально сформовані замовлення обсягів сировини і продукції, підвищення ефективності управління запасами та залишками сировини.

Кластерний аналіз призначений для виділення з масиву даних і об'єднання у групи зі схожими характеристиками (кластери) об'єктів або подій. Система JIT на основі проведення кластеризації може визначати сегменти покупців, торговельних точок і мереж, продукцію зі спільними характеристиками споживчого попиту. Наприклад, визначити торгові точки, де буде краще продаватись свіжа випічка або хлібобулочні вироби більш тривалого зберігання тощо. Аналіз уподобань покупців та різноманітних показників харчового підприємства дозволяє підвищувати ефективність планування виробничої програми і виробничих завдань, зменшити обсяги браку та залишків продукції, усунути ризики виникнення надлишків або дефіциту продукції в періоди святкових днів та інших пікових навантажень. Застосування кластерного аналізу дозволяє також формувати персоналізовані пропозиції для різних груп попередньо визначених покупців. Даний підхід сприяє збільшенню обсягів продажів продукції, підвищенню лояльності торгових точок та окремих покупців.

Методи асоціативних правил розроблені на основі ідеї аналізу ринкової кошика покупця і дозволяють виявляти у масивах даних приховані взаємозв'язки між товарами або процесами. Доповнення системи JIT прогнозами на основі асоціативних правил дозволить виявляти продукцію, яка найкраще збувається разом, та оптимізувати складські запаси сировини. Асоціативні правила, на основі принципу «Якщо — То», можна застосовувати для виявлення нових тенденцій у попиті на харчову продукцію, реорганізувати бізнес-процеси виробництва продукції, орієнтуючись на зменшення запасів сировини та матеріалів.

Штучні нейронні мережі (ШНМ) — один із методів, що особливо динамічно розвивається. ШНМ орієнтовані на роботу з великими масивами структурованих і неструктурованих даних і моделюють складні нелінійні залежності, що забезпечує отримання точних прогнозів. Застосування ШНМ для задач прогнозування харчового підприємства дозволяє враховувати багато факторів, які впливають на збут продукції — перепади температури та інші погодні чинники, зміни попиту у святкові та вихідні дні, появу нових споживчих тенденцій і уподобань покупців, рекламні акції і маркетингові заходи.

Методи прогнозування, що включають статистичні моделі (ARIMA, експоненційне згладжування) та сучасні алгоритми машинного навчання, активно використовуються для оцінювання коротко- і середньострокового попиту [15]. Підприємства харчової промисловості для впровадження принципів JIT можуть, наприклад, прогнозувати продажі м'ясо-молочної продукції.

Враховуючи викладене, можна зазначити, що інтеграція методів штучного інтелекту з концепцією Just-in-Time та інформаційною системою харчового підприємства надає такі переваги:

– підвищення ефективності складання планів закупки сировини та матеріалів згідно з обсягами реалізації продукції;

- підтримка належної якості харчової продукції за рахунок виявлення потенційних проблем у виробничому процесі та збуті;
- оперативне коригування виробничих завдань для забезпечення попиту на продукцію;
- зменшення обсягів псування продукції, що має короткий термін реалізації.

Отже, враховуючи наведене вище, можна сказати, що сумісне використання ІІІ та концепції Just-in-Time є перспективним для оновлення й удосконалення бізнес-процесів харчових підприємств. Поєднавши сучасну концепцію управління часом і аналітичні методи, управлінська ланка підприємства отримує дієві інструменти інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень.

Зміна існуючих бізнес-процесів підприємства завжди пов'язана з можливістю виникнення різноманітних ризиків.

1. Логістичні ризики.

Один із найбільших ризиків, що може виникнути, це відсутність вчасного постачання сировини. Оскільки концепція ІІТ передбачає наявність мінімальних запасів сировини, їх відсутність є критичною при виникненні затримок або форс-мажорних обставин у постачанні сировини. Затримки сировини або готової продукції у дорозі можуть призводити до їх псування і втрати якості.

2. Ризики від нестабільного попиту на продукцію.

Впровадження концепції ІІТ потребує попереднього детального вивчення ринку збуту, оскільки найкраще функціонує в умовах стабільного попиту і чутливо реагує на його коливання. Можливі втрати при появі неочікуваних великих замовлень, які харчове підприємство не зможе оперативно забезпечити через відсутність запасів сировини та матеріалів.

3. Ризики від змін цін на сировину та матеріали.

Якщо харчове підприємство організує постачання сировини і матеріалів невеликими партіями, може виникнути ситуація, коли різка зміна цін перевищить витрати на їх доставку над складськими витратами. Також можливі потенційні втрати від неможливості закупити деякі види сировини і матеріалів за низькою ціною для довготривалого зберігання.

3. Ризики від виникнення технологічних поломок.

Виникнення поломок обладнання або виробничої лінії може призвести до проблем збереження і непередбаченого накопичення непереробленої сировини та матеріалів.

4. Ризики від впливу людського фактора.

Впровадження інтегрованої з методами ІІІ концепції ІІТ потребує застосування нового програмного забезпечення для вирішення логістичних задач. Такий підхід потребує підвищення кваліфікації персоналу або його пошук, що може бути ускладненим в умовах дефіциту спеціалістів з аналітики даних. У системах ІІТ також зростає значимість помилок окремої людини, що виснажує працівників.

5. Екологічні ризики.

Сучасна концепція ІІТ включає екологічні принципи «Green ІІТ», що викликає додаткові витрати, які підвищують собівартість продукції.

6. Відсутність підтримки зі сторони держави.

Впровадження системи ІІТ потребує активної підтримки зі сторони держави, оскільки відсутність оборотних коштів може затримувати розвиток підприємства. Державна підтримка може полягати у модернізації виробничих ліній, грантах на фінансову допомогу для впровадження інформаційних технологій тощо.

3. Висновки

Концепція Just-in-Time є одним з ефективних методів управління виробничими та логістичними процесами, що демонструє високу результативність у багатьох галузях промисловості. У харчовій промисловості JIT дозволяє значно зменшити обсяги запасів, покращити якість продукції, мінімізувати втрати та сприяти підвищенню оборотності капіталу, що зменшить собівартість харчової продукції і, відповідно, дозволить отримувати додатковий прибуток.

Звичайно даний підхід супроводжується низкою ризиків, як-то нестабільність поставчань сировини, сезонні коливання цін, короткий термін придатності харчової продукції та необхідність дотримання нормативів якості, температурних режимів під час виготовлення, зберігання та транспортування продукції.

Ефективне функціонування системи JIT значною мірою залежить від рівня автоматизації, впроваджених харчовим підприємством інформаційних систем і технологій та професійної підготовки персоналу.

Загалом запровадження у діяльність харчового підприємства концепції JIT, інтегрованої з методами штучного інтелекту, сприяє оновленню бізнес-процесів підприємства, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, отриманню додаткового прибутку. Українські підприємства харчової промисловості для успішної реалізації даного підходу потребують державної підтримки для модернізації виробничих потужностей, навчання персоналу і створення сучасної інформаційної інфраструктури.

Отже, впровадження концепції Just-in-Time, інтегрованої з методами штучного інтелекту у діяльність промислових підприємств, зокрема харчової промисловості, є не лише економічно обґрунтованим, але й стратегічно важливим для подальшого просування українських виробників на європейський і світовий ринки.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Demir S., Paksoy T. Just-in-Time and lean management. *Smart and Sustainable Operations and Supply Chain Management in Industry 4.0*. CRC Press, 2023. P. 223–234. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003180302-11>.
2. Ohno T. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, 1988. 143 p. ISBN 978-091529914.
3. Womack J.P., Jones D.T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. 2-nd ed. Free Press, 2003. 396 p. ISBN 978-0743249270.
4. Monden Y. *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time*. Institute of Industrial Engineers, 1993. 564 p. ISBN 978-0898065036.
5. Скіцько В.І. Цифрові технології сучасної логістики та управління ланцюгами поставок. *Маркетинг і цифрові технології*. 2018. Т. 2, № 3. С. 48–63. URL: <https://mdt-opu.com.ua/index.php/mdt/article/view/44>.
6. Попело О., Свириденко О. Роль цифрових технологій у розвитку логістичної системи торговельного підприємства. *Проблеми і перспективи економіки та управління*. 2025. № 1 (41). С. 146–158. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2025-1\(41\)-146-158](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2025-1(41)-146-158).
7. Hong Ning Dai G., Wang H., Xu G., Wan J., Imran M. Big data analytics for manufacturing Internet of Things: Opportunities, challenges and enabling technologies. arXiv, 2019. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.00413>.
8. Russell S., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th ed. Pearson, 2021. 1232 p. ISBN 978-0134610993.
9. Han J., Kamber M., Pei J. *Data Mining: Concepts and Techniques*. 3-rd ed. Morgan Kaufmann, 2011. 703 p. ISBN 978-0123814791.
10. O'Neill M., Morgan J., Burke K. Process visualization of manufacturing execution system (MES) data. arXiv, 2022. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.06465>.
11. Пономаренко В.С. Інформаційні системи і технології в економіці. Харків: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2018. URL: <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/19712>.

12. United Nations Industrial Development Organization. Industrial Development Report 2022. UNIDO, 2022. URL: <https://www.unido.org/idr2022>.
13. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 5-th ed. Pearson, 2016. 328 p. ISBN 978-1292083794.
14. Chopra S., Meindl P. Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. 7-th ed. Pearson, 2019. 528 p. ISBN 978-0134731886.
15. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: Principles and Practice. 3rd ed. OTexts, 2021. URL: <https://otexts.com/fpp3/>.
16. Ivanov D., Dolgui A., Sokolov B. The impact of digital technology and Industry 4.0 on supply chain resilience. *International Journal of Production Research*. 2019. Vol. 57, N 3. P. 829–846. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>.
17. Gunasekaran A., Patel C., McGaughey R.E. A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*. 2004. Vol. 87, N 3. P. 333–347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.003>.
18. Sharma R., Mithas S., Kankanhalli A. Transforming decision making processes: A research agenda for business analytics. *European Journal of Information Systems*. 2014. Vol. 23, N 4. P. 433–441. DOI: <https://doi.org/10.1057/ejis.2014.17>.
19. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food and Agriculture 2023. FAO, 2023. URL: <https://www.fao.org/3/cc7352en/cc7352en.pdf>.

Стаття надійшла до редакції 05.03.2026 / прийнята до друку 28.04.2026