

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-59-16>

УДК 004.056.5

Здолбіцька Ніна Василівна¹, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-1345-3581>

Здолбіцький Андрій Петрович², інженер-програміст

<https://orcid.org/0009-0008-5429-3829>

Гейко Богдан Вікторович¹, студент

¹Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

²ТОВ «Пластхім Україна», м. Луцьк, Україна

WPF КЛІЄНТ-СЕРВЕРНИЙ ДОДАТОК ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОЇ ВЗАЄМОДІЇ З БАЗАМИ ДАНИХ

Здолбіцька Н. В., Здолбіцький А. П., Гейко Б. В. WPF клієнт-серверний додаток для забезпечення оперативної взаємодії з базами даних. У статті описано реалізація інтерактивного WPF клієнт-серверного додатка для забезпечення планування виробничих процесів (машин як виробничих одиниць на лінії) промисловості. Розв'язано завдання оперативної взаємодії з базами даних. Серверна частина відповідає за зберігання, обробку та надання даних, тоді як клієнтська частина відповідає за відображення та взаємодію з користувачем. Клієнт-серверний додаток призначений для зберігання та представлення детальної інформації про записи плану виробничого замовлення у системі планування виробництва, агрегує велику кількість даних, що стосуються кожного конкретного завдання. Дані представлено у вигляді форматованої таблиці із заголовками категорій плану та статусів виконання. Реалізовано інтерактивність вибору окремих елементів рядків та оновлення візуальних даних у режимі реального часу. Подано діаграму класів UML структури клієнт-серверного додатка, а саме набір класів та їх атрибути, поля, властивості, методи та події. Об'єкти класу можуть сповіщати інші компоненти програми, зокрема елементи інтерфейсу користувача про зміну значень своїх властивостей, що є ключовим для механізмів прив'язки даних у WPF. Забезпечення швидкого доступу до актуальних даних дозволяє приймати обґрунтовані рішення та ефективно виконувати робочі завдання.

Ключові слова: клієнт-серверний додаток, аналіз даних, планування виробництва, Microsoft Visual Studio, C#, WPF, XAML, .Net Framework, Microsoft SQL Server.

Zdolbitska N., Zdolbitskyi A., Heiko B. WPF client-server application for ensuring operational interaction with databases. The article describes the implementation of an interactive WPF client-server application for ensuring the planning of production processes (machines as production units on the line) in industry. The task of operational interaction with databases is solved. The server part is responsible for storing, processing, and providing data, while the client part is responsible for displaying and interacting with the user. The client-server application is designed to store and present detailed information about production order plan records in the production planning system, aggregating a large amount of data related to each specific task. The data is presented in the form of a formatted table with headings of plan categories and execution statuses. The interactivity of selecting individual row elements and updating visual data in real time is implemented. A UML class diagram of the client-server application structure is presented, namely a set of classes and their attributes, fields, properties, methods, and events. Class objects can notify other application components, including user interface elements, about changes to their property values, which is key to WPF's data binding mechanisms. Providing quick access to up-to-date data allows you to make informed decisions and perform work tasks efficiently.

Keywords: client-server application, data analysis, production planning, Microsoft Visual Studio, C#, WPF, XAML, .Net Framework, Microsoft SQL Server.

Постановка проблеми.

Сучасні інформаційні системи усе частіше вимагають оперативного доступу до актуальних даних та їх відображення у режимі реального часу для забезпечення ефективної роботи користувачів. Особливо це є критичним у сферах, у яких швидкість прийняття рішень залежить від миттєвої обізнаності про реальні дані, наприклад, системи управління виробництвом чи системи моніторингу, торгіві платформ, тощо.

Існуючі підходи до розробки клієнт-серверних додатків часто передбачають періодичне оновлення даних на клієнтській стороні через запити до сервера. Це у свою чергу може призводити до затримок при відображенні актуальної інформації, неефективного використання мережевих ресурсів та погіршення користувацького досвіду, особливо при великій кількості клієнтів та інтенсивних змінах даних.

Технологія Windows Presentation Foundation (WPF) надає потужні інструменти для розробки графічних інтерфейсів користувача з можливістю прив'язки та візуалізації даних. Однак, ефективна реалізація оновлення даних у режимі реального часу клієнт-серверної архітектури на базі WPF потребує спеціальних підходів та технологій для забезпечення миттєвої синхронізації між сервером та клієнтами, мінімізуючи затримки, оптимізуючи використання обчислювальних ресурсів та забезпечуючи високу якість роботи користувачів.

Вирішення цієї проблеми вимагає дослідження та застосування відповідних технологій та архітектурних рішень, що дозволяють клієнтам бачити реальні зміни в базі даних, а клієнтським додаткам – ефективно візуалізувати ці зміни без повного перезавантаження інтерфейсу.

Розробка WPF клієнт-серверного додатка для роботи із базою даних у режимі реального часу покриває широкий спектр застосувань для ведення бізнесу та планування виробничих процесів, адже забезпечується:

- зростання вимог до сучасних інтерактивних інформаційних систем, їх функціональності, інтерактивності та високої продуктивності;
- клієнт-серверна архітектура додатка забезпечує гнучкість та можливість розподіленої обробки даних;
- WPF дозволяє створювати ефективний та адаптивний інтерфейс десктопних додатків для обробки та відображення великих обсягів;
- безпека та контроль доступу до певної інформації чи даних;
- моніторинг оновлених даних у режимі реального часу, наприклад завантаженістю виробничих машин на лінії, стану обладнання, тощо;
- підвищення ефективності роботи системи в цілому, масштабованість та розширюваність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Виробничі компанії стикаються з проблемами планування виробництва через непостійний попит на певні товари та індивідуальні замовлення. Дослідження [1, 2] підкреслює важливість перепланування для стійкості виробництва на замовлення в умовах ринкової нестабільності. Щоб зменшити витрати, підвищити якість і пришвидшити виробництво, необхідно оптимізувати процеси, зокрема точно прогнозувати потреби [3] та ефективно здійснювати планування послідовності виконання робіт. Для зростання потреб і підвищення ефективності різних підприємств необхідно враховувати попит, запаси сировини, логістику постачання, зменшення браку виробництва та відходів, тощо [4]. Автори [5] запропонували зручний алгоритм оптимізації фіксованого монтажного цеху при плануванні виробництва. Революція Industry 4.0 кардинально трансформує виробництво завдяки цифровим технологіям, інтегруючи програмне забезпечення та підключене обладнання [6], реалізуючи концепцію цифрового двійника для інтеграції систем планування виробництва з передовими технологіями [7]. Щоб забезпечити високу якість виробництва, на підприємствах створюються комплексні гібридні системи планування з інтегрованим формуванням графіків [8], або ж розподілене та децентралізоване керування машинами за допомогою машинного інтелекту [9]. Алгоритми [10, 11] враховує існуючу мережу виробничих потужностей, яка може гнучко адаптуватися до пріоритетів замовлень та зайнятості виробничих одиниць, що робить його придатним для використання на підприємствах.

Викладення основного матеріалу і обґрунтування отриманих результатів.

Для розробки клієнт-серверного додатку для забезпечення оперативної взаємодії з базами даних визначимо необхідні інструменти на базі технології WPF. При створенні клієнт-серверного додатку використано технології, що зображено на рисунку 1.

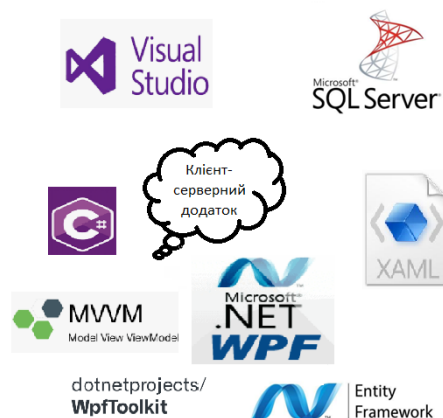


Рис. 1 – Засоби реалізації клієнт-серверного додатку

Основною IDE буде Microsoft Visual Studio 2022, середовище на платформі на .NET для написання та налагодження коду, проектування інтерфейсу WPF, інтеграції з системами контролю версій та інше.

Програмування клієнтської частини додатку на .NET та WPF будемо втілювати за допомогою:

- об'єктно-орієнтованої мови C#, що має величезну кількість підключених бібліотек;
- .NET Framework, що забезпечує необхідні класи та бібліотеки;
- декларативна мова розмітки XAML для оформлення інтерфейсу користувача WPF, що дозволяє відокремити дизайн від логіки додатку;
- Entity Framework Core для спрощення взаємодії із базою даних через об'єкти C#, щоб не створювати SQL-запити;
- архітектурний патерн Model-View-ViewModel (MVVM), що здійснює перерозподіл між компонентами, полегшуючи тестування та підтримку коду;
- Data Binding XAML для автоматичної синхронізації, відображення оновлених даних інтерфейсу користувача (Material Design in XAML Toolkit) та об'єктами C#;
- елементи інтерфейсу користувача UI та налаштування дизайну: кнопки, таблиці, поля, тощо.

Для реалізації серверної частини додатку використаємо платформу .NET Framework. Для створення API, через який клієнтська частина взаємодіятиме з сервером за протоколом HTTP, застосовуватиметься технологія ASP.NET Core Web API. Для керування даними використаємо Microsoft SQL Server 2019 та Microsoft SQL Server Management Studio 20.2.

Для забезпечення обміну даними між сервером та клієнтами у режимі реального часу використовується Toolkit Data Visualization WPF. Вибір конкретних інструментів та технологій залежить від розміру та складності проекту, вимог до продуктивності, безпеки та інших факторів. Перелічені вище засоби є основними для розробки клієнт-серверного WPF-додатку з функціоналом в режимі реального часу.

Windows Presentation Foundation надає розробникам потужні та гнучкі засоби для побудови функціональних десктопних програм для Windows з інтуїтивно зрозумілим візуальним інтерфейсом. Основні переваги Windows Presentation Foundation подано на рисунку 2.

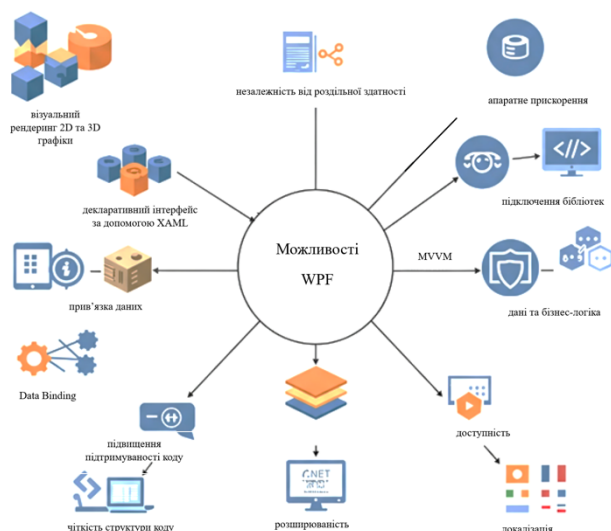


Рис. 2 – Основні можливості WPF

Проект «FlexPlanManuf» має наступну файлову та компонентну структуру (рис. 3):

Каталог «Properties» містить метадані збірки, а також ресурси, необхідні для локалізації (текстові рядки різними мовами), зображення логотипу програми та конфігураційний файл, що визначає налаштування програми та параметри підключення.

У вкладці «References» знаходиться перелік посилань на стандартні бібліотеки .NET Framework та зовнішні бібліотеки NuGet-пакети. Файл конфігурації програми «App.config» визначає загальні налаштування, параметри підключення до бази даних та налаштування логування.

© Здолбіцька Н. В., Здолбіцький А. П. Гейко Б. В.

Файл розмітки XAML «App.xaml» є основним класом інтерфейсу програми App. Тут також можуть бути визначені глобальні ресурси, такі як стилі та теми, що застосовуються до всього додатку. З ним пов'язаний файл коду «App.xaml.cs», що містить логіку класу програми, включаючи обробники подій життєвого циклу додатку. «BindingSQL.cs» – це файл з кодом для базового класу BindingSQL. Цей клас відповідає за встановлення з'єднання з базою даних SQL Server, виконання запитів до бази даних та забезпечення обміну даними у режимі реального часу. Файл «ClassDiagram1.cd» містить UML-діаграму класів проекту, візуально представляючи структуру класів та зв'язки між ними. Файл розмітки XAML «MainWindow.xaml» описує структуру та вигляд головного вікна додатка MainWindow, всі елементи інтерфейсу користувача.

Графічний файл tf_v01.png у форматі .png, містить зображення логотипу програми.

За представлення моделі даних бізнес-логіки відповідає клас «TicketInfo.cs».

Зовнішній вигляд інтерфейсу вікна авторизації користувача WindowLogon та елементи керування (поля для вводу логіна та пароля) описує файл розмітки XAML WindowLogon.xaml. З ним асоційований файл коду «WindowLogon.xaml.cs», що містить логіку роботи вікна авторизації, таку як обробка введених користувачем даних, тобто логіну та паролю, та реакція на натискання кнопок. За функціональність друку поточних результатів роботи програми у форматі PDF відповідає клас «WpfPrinting.cs».

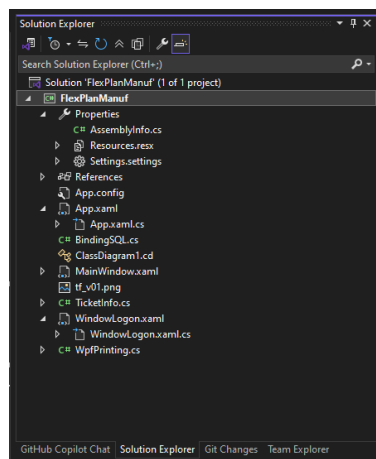


Рис. 3 – Загальна структура проекту FlexPlanManuf

На рисунку 4 подано діаграму класів UML структури клієнт-серверного додатка, а саме набір класів та їх атрибути, поля, властивості, методи та події.

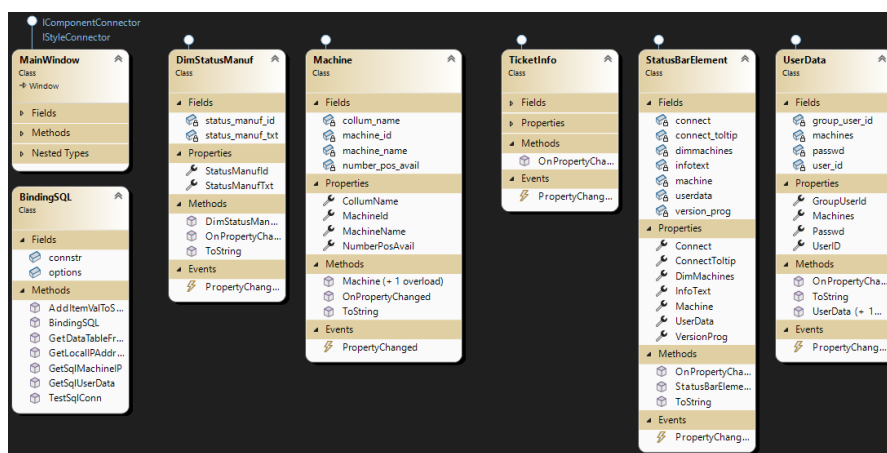


Рис. 4 – Узагальнена діаграма класів FlexPlanManuf

Головне вікно додатку «FlexPlanManuf» має наступні візуальні компоненти, що подано на рисунку 5.

Рядок заголовка Title Bar розташований у верхній частині вікна, відображає назву клієнт-серверного додатку «FlexPlanManuf» та стандартні системні кнопки для керування вікном

(розгорнути, згорнути, відновити, закрити). Безпосередньо під рядком заголовка знаходиться рядок меню «Menu Bar», на якому Містить текстові пункти меню, такі як «Файл» та «Опції». При виборі пункту меню розкривається список доступних команд (наприклад, у меню «Файл» – зміна користувача, у меню «Опції» – друк документа).

Пр.	Замовник	Мотив	Статус	Сир.Мат.	Зам. кг	Довж. План м	Тип плівки/ширина	Об'єм вала	Тип друку	Дата виг.	Відвантаж.	Наказ	Статус вироб.	Примітка вироб.	Накл. кліше	Примітка кліше	Примітка корист.	Примітка сировина	Примітка план.
1	ПРАТ Лисевський	ПЛОДОВО ЯГДНЕ СВОЯ ЛІНІЯ (9099)	3 - без змін	600018122	1095.9	79.150	TATRAAFAN KXPM 30*710/СВ/ПЛОДОВО ЯГДНЕ	460	БЕРК	09.05.2025 18:00	19.05.2025	7091971	в роботі		Так		270 2727 1787 254	РКСВР 30*710 (100044223) 1130 кг (зап. 1903 кг)	
2	ПРАТ Лисевський	МОРОЗИВО ПЛОДОВО ЯГДНЕ ВАФЕЛ СТАКАН 80Г 25020 24	3 - без змін	600013441	821.9	59.370	TATRAAFAN KXPM 30*710/С/Л/Мороз Плід кг 80	570	БЕРК	09.05.2025 23:00	19.05.2025	7092432	---		Ні		270 2727 1787 254	РКСВР 30*710 (100044223) 850 кг (зап. 773 кг) не замовляти (07.05.2025)	
3	ТОВ "КПД"	ПРЕМІЯ СЕРВЕТКИ ЦЕЛЮЛОЗНІ 18X15,7СМ. 3 ШТ 1976 НС225280	3 - змін	600020534	107	8.910	TFN KX 30*440/КПД/ЦЕЛЮЛ ПРЕМІЯ НС228280	480	БЕРК	10.05.2025 03:00	12.05.2025	7092169	---		Так		170 3262 2747	РКС 30*910 (100035941) 115 кг (зап. 2353 кг) Перепадка на 440 мм	
4	ДВ "Ванно-Фрамківський"	БАЛОН "КОКО" МОЛОЧНИЙ 3290 190X455 +40. ТИП 019	3 - без змін	600017150	633.2	28.790	TATRAAFOL PB 25*950/БАТ НОК-МОЛ. 3290 Ю	380	БЕРК	10.05.2025 05:00	18.05.2025	7092133	---		Так		COOL GRIN4 284 2935	PLCB 24 x 950 (100026507) 380 кг (зап. 1792 кг)	
5	СП "КІВБІ-ЗАХІД" у формі ТЗОВ	ХЛ УКРАЇНСЬКИЙ 0.5 (1661) НС 210X420+(25+25)+40. ТИП 004	3 - без змін	600015996	236.2	10.610	TATRAAFOL PB 25*950/ХЛБЗА/ХЛ/УКРАЇН 1661	420	БЕРК	10.05.2025 08:00	19.05.2025	7091636	---		Ні		2449 2727 012	PLCB 24*950 (100029647) 90 кг (зап. 90 кг)	
6	ТОВ "Бердичаський хлібовап"	ХЛ МОЛОЧНИЙ (0188) 160*480+(25+25)+40. ТИП 018	3 - без змін	600014569	100.5	4.040	TATRAAFOL PB 25*1050/ХЛМОЛОЧНИЙ 0188	480	БЕРК	10.05.2025 10:00	12.05.2025	7092385	---		Ні		012 485 2727	PLCB 24 x 950 (100026507) 160 кг (зап. 1412 кг) 3 перероби	
7	ПРАТ "Лукан Фузд"	РОЗЧИН СУПОВОЇ КУЛЮТИ 9% СТОЛОВОЇ (2423) З ДОДАТОК 750	3 - без змін	600019189	67.3	3.540	TATRAAFAN KXPM24 38*770/Р/Н/ОЦЕТ 9%Д03	680	БЕРК	10.05.2025 13:00	12.05.2025	7092077	---		Так		485 355	RXWD 38*680 (100046798) 65 кг (зап. 214 кг)	зрізати 2 доріжки
8	ПРАТ "Лукан Фузд"	РОЗЧИН СУПОВОЇ КУЛЮТИ СТОЛОВОЇ(2418) 9% 750ML ТМ РУНА	3 - без змін	600018775	52.5	2.260	TFN KXPMET 38*780/Р/Н/ОЦЕТ9% 2418 ТМРУНА	680	БЕРК	10.05.2025 15:00	12.05.2025	7092459	---		Ні	дослідити 3 кліше	2028(483) 355	RXWD 38*680 (100046798) 55 кг (зап. 149 кг)	зрізати 2 доріжки для заготовки 680 мм
9	ПРАТ "Кілевський картоно-паперовий"	РУШНИК ПАТЕРНОВИЙ "VEOLA SOFT" ECONOM	3 - без змін	600005143	267.5	17.000	POLYFEN PE 30*570/КРК/Neola Econ 4183	380	НИК	10.05.2025 17:00	11.05.2025	7092363	---		Ні			POLYFEN H2 30*650 (100036098) 275 кг (зап. 4462 кг)	
10	ВІП ПРАТ	"ЕСОЛО" СЕРВЕТКИ КОСМЕТИЧНІ 150ШТ 4070	3 - змін	600013006	400.6	20.930	POLYFEN PE 40*520/VGP/СК ЕСОЛО 4070	640	НИК	10.05.2025 19:00	13.05.2025	7091304	---		Ні		3425 354 2270	Polyfien H2 40*575 (100043330) 420 кг (зап. 1068 кг)	
11	ПРАТ "Кілевський картоно-паперовий"	"ЧИСТА ВИГОДА" ПАПІР ТУАЛЕТНИЙ 4 РУЛОНІ 008	3 - без змін	600009183	267.5	17.330	POLYFEN H2 30*635/ЧИСТА ВИГОДА 0008	660	НИК	10.05.2025 21:00	11.05.2025	7092369	---		Ні		285 375	Polyfien H2 30*635 (100049951) 280 кг (зап. 762 кг)	
12	ПРАТ "Кілевський картоно-паперовий"	"ЧИСТА ВИГОДА" ПАПІР ТУАЛЕТНИЙ 4 РУЛОНІ 008	3 - без змін	600011411	636.1	39.660	POLYFEN H2 30*635/ЧИСТА ВИГОДА 0008	760	НИК	10.05.2025 21:00	11.05.2025	7092369	---		Ні		764 1775 364	POLYFEN H2 30*635 (100036098)	

Рис. 5 – Головне вікно додатку «FlexPlanManuf»

Центральна та найбільша частина вікна є основною робочою областю, що призначена для відображення основних даних. Дані подані у вигляді таблиці з чітко визначеними заголовками стовпців відповідно категоріям плану та статусам виконання. Реалізовано інтерактивність: користувач може вибирати окремі рядки, а дані оновлюються у режимі реального часу. Заголовки стовпців («Замовник», «Мотив», «Статус», «Сировина», «Кількість», «Загальна Вага», «Довжина», «Тип плівки / ширина», «Обл. вала», «Тип друку», «Дата виготовлення», «Відвантаження», «Наказ», «Статус вироб.», «Примітка кліше», «Наявність кліше», «Примітка сировина», «Примітка план») розташовані у верхньому рядку таблиці. Подвійне клацання мишею по заголовку стовпця дозволяє сортувати дані за відповідною категорією. Кожен рядок таблиці визначає окреме планове замовлення на виробництво.

Смуги прокручування «Scroll Bars»: за допомогою вертикальної смуги розташованої праворуч таблиці можна переглядати рядки таблиці, які не вміщуються у видиму область по висоті, за допомогою горизонтальної смуги розташованої під таблицею можна переглядати стовпці таблиці, які не вміщуються у видиму область по ширині, особливо при використанні екранів з різним розширенням.

На панелі розташованій у нижній частині вікна знаходиться рядок стану «Status Bar», тут відображається додаткова службова інформація, таку як поточний режим роботи, назва активного обладнання (наприклад, «COMEXU»), вибрані опції, версія програми (наприклад, «Версія 2.11») та статус з'єднання (онлайн/офлайн).

Висновки та перспективи подальших досліджень

Створення інтерактивного WPF клієнт-серверного додатку для оперативної взаємодії з базами даних є практичним завданням, яке забезпечує ефективну роботу з даними та може покращити бізнес-процеси підприємства. Клієнт-серверна архітектура додатку забезпечує розподіл відповідальності та покращує масштабованість та керованість. Серверна частина відповідає за зберігання, обробку та надання даних, тоді як клієнтська частина відповідає за відображення та взаємодію з користувачем. Забезпечення швидкого доступу до актуальних даних дозволяє приймати обґрунтовані рішення та ефективно виконувати робочі завдання.

При розробці такого додатку важливо враховувати аспекти безпеки, продуктивності та надійності. Захист даних, оптимізація запитів до бази даних та обробка помилок є критично важливими для забезпечення стабільної та безпечної роботи додатку.

Список бібліографічного опису

1. Guzman E., Andres B., Poler R. Models and algorithms for production planning, scheduling and sequencing problems: A holistic framework and a systematic review. *Journal of Industrial Information Integration*. Vol. 27, 2022, pp. 100287.
2. Ninan Theradapuzha Mathew, Björn Johansson. Production Planning and Scheduling Challenges in the Engineer-to-Order Manufacturing Segment. A Literature Study. *International Journal of Innovation, Management and Technology*. Vol. 14. No. 3, 2023, pp. 80-87. doi: 10.18178/ijimt.2023.14.3.942
3. Nina Zdolbitska, Oleksandr Ostapchuk, Svitlana Lavrenchuk, Taras Terletsykyi, Oleh Kaideyk, Oksana Zhyharevych. Business Information System for Forecasting Raw Material Stocks for the Production of Flexible Packaging. 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). 2024.
4. Simulation Modeling and Analysis for Performance Measurement in the Production Line. URL: https://www.researchgate.net/publication/326622320_Simulation_Modeling_and_Analysis_for_Performance_Measurement_in_the_Production_Line (дата звернення: 10.05.2025).
5. Jiang N. Y., Yan H. S. Integrated optimization of production planning and scheduling in uncertain re-entrance environment for fixed-position assembly workshops. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. Vol. 42(3), 2022, pp. 1705-1722. doi:10.3233/JIFS-211159
6. Herrmann J.P., Tackenberg S., Padoano E. Gamber T. Approaches of production planning and control under industry 4.0: A literature review. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*. Vol. 15(1), 2022, pp. 4-30. doi:10.3926/jiem.3582
7. Luo D., Thevenin S., Dolgui A. A state-of-the-art on production planning in Industry 4.0. *International Journal of Production Research*. Vol. 61(19), 2023, pp. 6602-6632. doi.org/10.1080/00207543.2022.2122622
8. Chen C., Lee Kong T., Kan W. Identifying the promising production planning and scheduling method for manufacturing in Industry 4.0: a literature review. *Production & Manufacturing Research*. Vol. 11(1), 2023, pp. 1-24. doi: 10.1080/21693277.2023.2279329
9. Jeff Morgan, Mark Halton, Yuansong Qiao, John G. Breslin. Industry 4.0 smart reconfigurable manufacturing machines, *Journal of Manufacturing Systems*. Volume 59, 2021, pp. 481-506. doi: 10.1016/j.jmsy.2021.03.001
10. Zdolbitska N., Heiko B., Mitsura Yu. Client-server application for planning and production scheduling based on WPF. Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційна безпека та комп'ютерні технології»: тези доповідей, 24-25 квітня 2025. м. Кропивницький: ЦНТУ, 2025, с. 32.
11. Lü Z. M., Jiang T. R., Li Z. W. Multiproduct and multistage integrated production planning model and algorithm based on an available production capacity network. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. Vol. 28, 2021, pp. 1343-1352.

References

1. Guzman E., Andres B., Poler R. Models and algorithms for production planning, scheduling and sequencing problems: A holistic framework and a systematic review. *Journal of Industrial Information Integration*. Vol. 27, 2022, pp. 100287.
2. Ninan Theradapuzha Mathew, Björn Johansson. Production Planning and Scheduling Challenges in the Engineer-to-Order Manufacturing Segment. A Literature Study. *International Journal of Innovation, Management and Technology*. Vol. 14. No. 3, 2023, pp. 80-87. doi: 10.18178/ijimt.2023.14.3.942
3. Nina Zdolbitska, Oleksandr Ostapchuk, Svitlana Lavrenchuk, Taras Terletsykyi, Oleh Kaideyk, Oksana Zhyharevych. Business Information System for Forecasting Raw Material Stocks for the Production of Flexible Packaging. 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT). 2024.
4. Simulation Modeling and Analysis for Performance Measurement in the Production Line. URL: https://www.researchgate.net/publication/326622320_Simulation_Modeling_and_Analysis_for_Performance_Measurement_in_the_Production_Line
5. Jiang N. Y., Yan H. S. Integrated optimization of production planning and scheduling in uncertain re-entrance environment for fixed-position assembly workshops. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. Vol. 42(3), 2022, pp. 1705-1722. doi:10.3233/JIFS-211159
6. Herrmann J.P., Tackenberg S., Padoano E. Gamber T. Approaches of production planning and control under industry 4.0: A literature review. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*. Vol. 15(1), 2022, pp. 4-30. doi:10.3926/jiem.3582
7. Luo D., Thevenin S., Dolgui A. A state-of-the-art on production planning in Industry 4.0. *International Journal of Production Research*. Vol. 61(19), 2023, pp. 6602-6632. doi.org/10.1080/00207543.2022.2122622
8. Chen C., Lee Kong T., Kan W. Identifying the promising production planning and scheduling method for manufacturing in Industry 4.0: a literature review. *Production & Manufacturing Research*. Vol. 11(1), 2023, pp. 1-24. doi: 10.1080/21693277.2023.2279329
9. Jeff Morgan, Mark Halton, Yuansong Qiao, John G. Breslin. Industry 4.0 smart reconfigurable manufacturing machines, *Journal of Manufacturing Systems*. Volume 59, 2021, pp. 481-506. doi:10.1016/j.jmsy.2021.03.001
10. Zdolbitska N., Heiko B., Mitsura Yu. Client-server application for planning and production scheduling based on WPF. Materials of the 8th International Scientific and Practical Conference «Information Security and Computer Technologies»: abstracts of reports, April 24-25, 2025. Kropyvnytskyi: Central Technical University, 2025, c. 32.
11. Lü Z. M., Jiang T. R., Li Z. W. Multiproduct and multistage integrated production planning model and algorithm based on an available production capacity network. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. Vol. 28, 2021, pp. 1343-1352.