

УДК 004.9:655.3

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНКИ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ПОЛІГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ СТАТИСТИКИ ЗАМОВЛЕНЬ ПІДПРИЄМСТВА

В. М. Терновий¹, П. І. Шепіта²

¹ Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів 79013, Україна, <https://orcid.org/0009-0004-5581-3356>,
e-mail: volodymyr.m.ternovyi@lpnu.ua

² Національний університет «Львівська політехніка», вул. Степана Бандери, 12, Львів 79013, Україна, <https://orcid.org/0000-0001-8134-8014>,
e-mail: petro.i.shepita@lpnu.ua

У статті розглянуто розроблення інформаційної технології оцінки завантаженості поліграфічного обладнання на основі статистики замовлень підприємства. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності використання виробничих ресурсів у поліграфічному виробництві в умовах зростання обсягів замовлень, їх високої варіативності та обмеженості технічних потужностей. Запропоновано підхід, який передбачає інтеграцію даних з різних джерел, зокрема ERP-систем, виробничих журналів та датчиків обладнання, з подальшою їх обробкою, аналізом і візуалізацією.

У роботі сформовано формалізовану модель оцінювання завантаженості обладнання, яка базується на розрахунку коефіцієнтів використання з урахуванням фактичного часу роботи, простоїв та часу переналагодження. Розроблено алгоритм обробки статистики замовлень, що включає етапи збору, очищення, нормалізації та агрегації даних, а також аналітичну обробку з використанням методів статистичного аналізу. Запропонований підхід дозволяє визначати рівень завантаженості обладнання, виявляти пікові навантаження та прогнозувати зміни виробничих показників.

Особливу увагу приділено розробленню інтерфейсу системи візуалізації, який забезпечує наочне представлення результатів аналізу у вигляді графіків, діаграм та інформаційних панелей. Це дозволяє здійснювати моніторинг стану виробництва в режимі реального часу та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Результати дослідження підтверджують, що використання запропонованої інформаційної технології сприяє підвищенню точності оцінювання завантаженості обладнання, зменшенню простоїв та оптимізації виробничих процесів. Практичне впровадження системи забезпечує підвищення ефективності роботи поліграфічного підприємства та його конкурентоспроможності.

Ключові слова: поліграфічне виробництво, завантаженість обладнання, інформаційна технологія, статистика замовлень, аналіз даних, оптимізація виробництва, виробничі процеси, ERP-системи, прогнозування навантаження, ефективність обладнання.

Постановка проблеми. Ефективність функціонування сучасних поліграфічних підприємств значною мірою залежить від рівня використання виробничих ресурсів, зокрема друкарського та післядрукарського обладнання. В умовах зростання обсягів замовлень, їх високої варіативності та необхідності дотримання жорстких термінів виконання виникає проблема нерівномірного завантаження обладнання, що призводить до простоїв, перевантажень окремих виробничих ліній та зниження загальної продуктивності підприємства.

Традиційні підходи до оцінки завантаженості поліграфічного обладнання, як правило, базуються на емпіричних методах, ручному обліку або використанні обмежених функціональних можливостей існуючих інформаційних систем. Такі підходи не забезпечують достатньої точності та оперативності аналізу, не враховують динаміку змін у структурі замовлень, а також не дозволяють ефективно прогнозувати майбутні навантаження. У результаті виникають труднощі з плануванням виробництва, оптимальним розподілом ресурсів і прийняттям управлінських рішень.

Додатковою складністю є багатостадійність поліграфічного виробництва, де кожен технологічний етап характеризується різною тривалістю виконання, залежністю від типу продукції та специфікою використовуваного обладнання. Відсутність інтегрованого підходу до аналізу статистики замовлень і виробничих даних ускладнює формування об'єктивної оцінки завантаженості та виявлення вузьких місць у виробничому процесі.

Таким чином, актуальною є задача розроблення інформаційної технології, яка забезпечує автоматизований збір, обробку та аналіз статистики замовлень підприємства з метою визначення рівня завантаженості поліграфічного обладнання, виявлення неефективностей у використанні ресурсів та підтримки прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Реалізація такої технології дозволить підвищити ефективність виробництва, забезпечити рівномірне навантаження обладнання та покращити якість планування виробничих процесів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання оцінки завантаженості поліграфічного обладнання та оптимізації виробничих процесів активно досліджуються в сучасних наукових роботах, зокрема у контексті цифровізації виробництва, застосування аналітичних моделей і систем підтримки прийняття рішень.

У роботі [1] запропоновано програмний інструментарій для розрахунку параметрів поліграфічного обладнання, який дозволяє визначати продуктивність машин залежно від характеристик замовлення. Автори підкреслюють важливість автоматизації розрахунків для підвищення точності оцінки завантаження обладнання.

Дослідження [2] присвячене оптимізації виробничого планування у поліграфічних підприємствах із використанням імітаційного моделювання. Запропонований підхід дозволяє враховувати структуру замовлень та обмеження ресурсів, що забезпечує більш ефективне завантаження обладнання.

У роботі [3] розглянуто підхід до оцінювання ефективності виробничого обладнання (ОЕЕ) у друкарських системах. Запропоновані аналітичні моделі дозволяють враховувати випадкові відмови, простої та дефекти продукції, що є важливим для реалістичної оцінки завантаженості.

Дослідження [4] аналізує проблеми функціонування поліграфічних підприємств в умовах невизначеності та підкреслює необхідність впровадження сучасних інформаційних технологій для управління виробничими процесами та ресурсами.

У роботі [5] запропоновано використання технологій обробки поточкових даних (Apache Flink, Kafka) для аналізу журналів роботи поліграфічного обладнання в реальному часі. Це дозволяє оперативно оцінювати стан обладнання та його завантаженість.

Дослідження [6] присвячене аналізу сучасних тенденцій розвитку поліграфічного обладнання та впливу цифрових технологій на виробничі процеси. Визначено, що автоматизація та інтеграція інформаційних систем є ключовими чинниками підвищення ефективності виробництва.

У роботі [7] розглянуто задачу оптимізації розміщення виробничих ресурсів та планування технологічних процесів у поліграфії, що безпосередньо впливає на рівень завантаженості обладнання та ефективність логістики виробництва.

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання інтеграції статистики замовлень підприємства з аналітичними моделями оцінки завантаженості обладнання залишається недостатньо розкритим. Більшість робіт зосереджені на окремих аспектах – плануванні, моделюванні або оцінці ефективності – без комплексного підходу до побудови інформаційної технології, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Мета статті. Метою статті є розроблення та дослідження інформаційної технології оцінки завантаженості поліграфічного обладнання на основі статистики замовлень підприємства, яка забезпечує автоматизований збір, обробку та аналіз виробничих даних з метою підвищення ефективності використання ресурсів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблення інформаційної технології оцінки завантаженості поліграфічного обладнання базується на комплексному підході до збору, обробки та аналізу статистики замовлень підприємства. Запропонована технологія дозволяє інтегрувати дані з різних джерел, формувати аналітичні показники та забезпечувати підтримку прийняття управлінських рішень.

На першому етапі дослідження здійснюється аналіз структури виробничих даних, які формуються у процесі виконання замовлень. Основними джерелами інформації є ERP-системи підприємства, журнали виробничих операцій та дані моніторингу роботи обладнання. Дані включають параметри замовлень, час виконання операцій, тип продукції, характеристики обладнання та інформацію про простоті.

Інформаційна технологія передбачає побудову узагальненої структури обробки даних, що включає модулі збору, попередньої обробки, аналізу та візуалізації результатів.

На етапі попередньої обробки даних виконується їх очищення від аномальних значень, нормалізація та агрегація за визначеними часовими інтервалами. Це дозволяє забезпечити однорідність даних та підвищити точність подальшого аналізу. Особливу увагу приділено синхронізації даних з різних джерел, що є критично важливим для коректного визначення часу роботи обладнання.

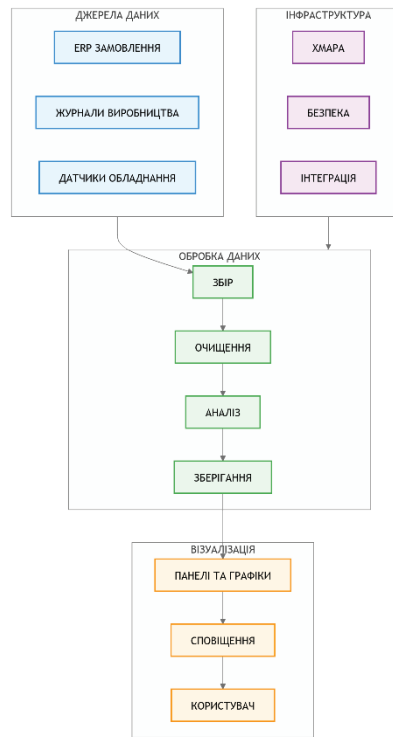


Рис. 1. Загальна структура інформаційної технології оцінки завантаженості поліграфічного обладнання

Наступним етапом є формалізація задачі оцінювання завантаженості обладнання. Для цього використовується коефіцієнт завантаженості, який визначається як відношення фактичного часу роботи обладнання до загального доступного часу:

$$K_{load} = \frac{T_{work}}{T_{total}},$$

де T_{work} – сумарний час виконання виробничих операцій, а T_{total} – календарний або плановий фонд часу роботи обладнання.

Для врахування специфіки поліграфічного виробництва запропоновано розширену модель, яка враховує додаткові фактори, такі як час переналагодження, простої та технічне обслуговування:

$$K_{eff} = \frac{T_{work}}{T_{work} + T_{idle} + T_{setup}}.$$

Запропонована модель дозволяє більш точно оцінювати ефективність використання обладнання в реальних умовах виробництва.

Аналітичний модуль системи реалізує методи статистичного аналізу та прогнозування, що дозволяє визначати закономірності зміни завантаженості обладнання у часі. Зокрема, використовується аналіз часових рядів для виявлення пікових навантажень та періодів простою. Це дає можливість оптимізувати розподіл виробничих ресурсів і планувати завантаження обладнання з урахуванням майбутніх замовлень.

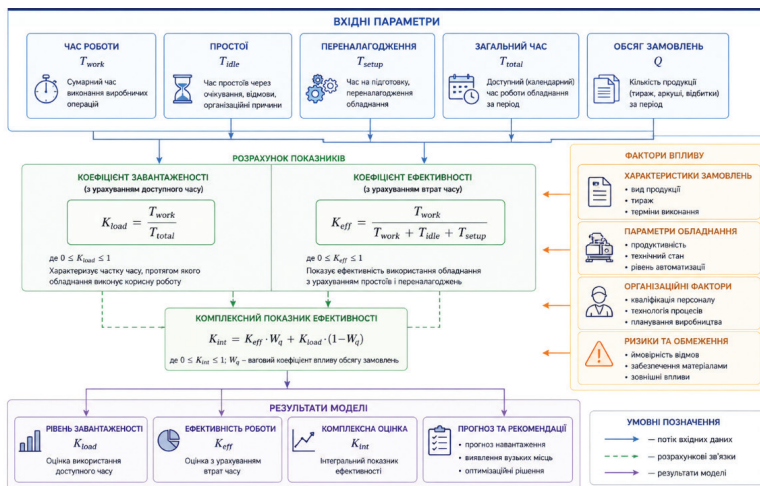


Рис. 2. Формалізована модель оцінювання навантаженості поліграфічного обладнання

Крім того, реалізовано механізм класифікації замовлень за рівнем їх впливу на навантаженість обладнання, що дозволяє виділяти критичні замовлення та пріоритетно планувати їх виконання.

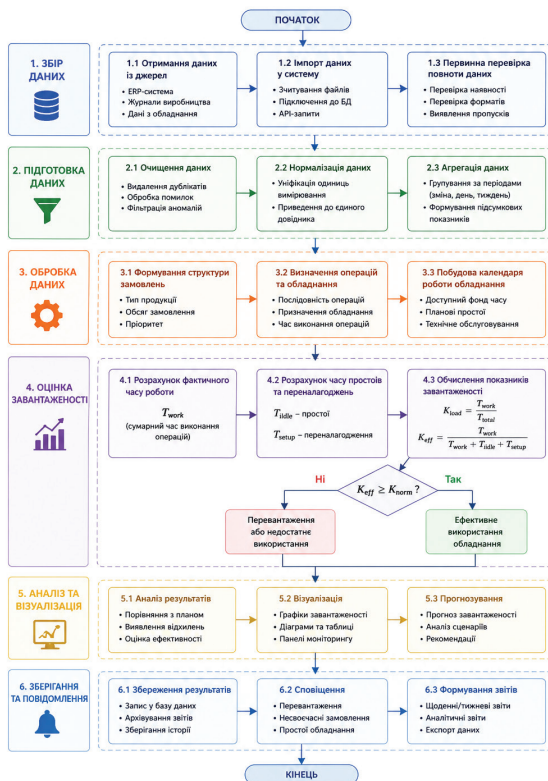


Рис. 3. Алгоритм обробки статистики замовлень та оцінки навантаженості обладнання

Важливою складовою інформаційної технології є модуль візуалізації, який забезпечує наочне представлення результатів аналізу. Візуалізація здійснюється у вигляді графіків, діаграм та інтерактивних панелей, що відображають рівень завантаженості обладнання, динаміку змін показників та прогнозні значення.

Інтерфейс користувача дозволяє здійснювати моніторинг стану виробництва в режимі реального часу, аналізувати ефективність роботи обладнання та приймати обґрунтовані управлінські рішення.



Рис. 4. Інтерфейс системи візуалізації результатів оцінювання завантаженості обладнання

Реалізація запропонованої інформаційної технології дозволяє забезпечити підвищення точності оцінювання завантаженості обладнання, зменшення часу простоїв та оптимізацію виробничих процесів. Отримані результати свідчать про доцільність використання даного підходу в умовах сучасного поліграфічного підприємства, що функціонує в умовах змінного попиту та високої конкуренції.

Висновки. У результаті проведеного дослідження розроблено інформаційну технологію оцінки завантаженості поліграфічного обладнання на основі статистики замовлень підприємства, яка забезпечує автоматизований збір, обробку та аналіз виробничих даних. Запропонований підхід дозволяє інтегрувати інформацію з різних джерел, формалізувати процес оцінювання та отримувати об'єктивні показники використання обладнання.

У роботі сформовано математичну модель оцінювання завантаженості, що враховує не лише фактичний час роботи, але й простой та час переналагодження, що дозволяє більш точно відображати реальний стан виробничих процесів. Розроблено алгоритм обробки статистики замовлень, який забезпечує визначення

ключових показників ефективності, виявлення пікових навантажень і вузьких місць виробництва.

Реалізація інформаційної технології передбачає використання сучасних програмних засобів та аналітичних методів, що дозволяє здійснювати моніторинг завантаженості обладнання в режимі реального часу, формувати аналітичні звіти та підтримувати процес прийняття управлінських рішень. Впровадження запропонованого підходу сприяє зменшенню простоїв обладнання, підвищенню рівня його завантаженості та оптимізації виробничих процесів поліграфічного підприємства.

Отримані результати підтверджують доцільність використання інформаційних технологій для аналізу статистики замовлень як основи для оцінювання завантаженості обладнання. Практичне застосування розробленої технології дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів, покращити планування виробництва та забезпечити конкурентоспроможність підприємства.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні функціональних можливостей системи шляхом інтеграції методів машинного навчання для прогнозування завантаженості, а також у впровадженні адаптивних алгоритмів оптимізації виробничих процесів у режимі реального часу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Turchinova H. I., Levykin I. V., Kovalenko O. K., Nikulina M. Yu. Toolkit of calculation of parameters of the printing equipment // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2010. Vol. 3, No. 4(45). P. 62–64. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2010.2820>.
2. Smagowicz J. Assortment–Quantity Optimization Problem in Printing Production // *Sustainability*. 2024. Vol. 16, No. 4. P. 1693. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16041693>.
3. Hajji A., Dhouib K., Gharbi A. Overall Equipment Effectiveness Modelling and Assessment of Additive Manufacturing Printing Machines // *International Journal of Simulation Modelling*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.2507/IJSIMM24-4-XXXX>.
4. Safonov Y. Problems of functioning of printing enterprises in conditions of uncertainty // *Baltic Journal of Economic Studies*. 2023. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2023-9-2-XX>.
5. Li X. Research on real-time log data processing and analysis of printing equipment // *Proceedings of the ACM*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1145/3573428.3573625>.
6. Balan E., Berculescu L., Răcheru R., Pițigoi D. Analysis of printing equipment manufacturing trends // *AD ALTA Journal of Interdisciplinary Research*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.33543/120228>.
7. Viswajit T., et al. A case study of printing industry plant layout for effective production // *AIP Conference Proceedings*. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4990219>.

REFERENCES

1. Turchinova H. I., Levykin I. V., Kovalenko O. K., Nikulina M. Yu. Toolkit of calculation of parameters of the printing equipment // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2010. Vol. 3, No. 4(45). P. 62–64. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2010.2820>.
2. Smagowicz J. Assortment–Quantity Optimization Problem in Printing Production // *Sustainability*. 2024. Vol. 16, No. 4. P. 1693. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16041693>.

3. Hajji A., Dhoub K., Gharbi A. Overall Equipment Effectiveness Modelling and Assessment of Additive Manufacturing Printing Machines // International Journal of Simulation Modelling. 2025. DOI: <https://doi.org/10.2507/IJSIMM24-4-XXXX>.
4. Safonov Y. Problems of functioning of printing enterprises in conditions of uncertainty // Baltic Journal of Economic Studies. 2023. DOI: <https://doi.org/10.30525/2256-0742/2023-9-2-XX>.
5. Li X. Research on real-time log data processing and analysis of printing equipment // Proceedings of the ACM. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1145/3573428.3573625>.
6. Balan E., Berculescu L., Răcheru R., Pițigoi D. Analysis of printing equipment manufacturing trends // AD ALTA Journal of Interdisciplinary Research. 2022. DOI: <https://doi.org/10.33543/120228>.
7. Viswajit T., et al. A case study of printing industry plant layout for effective production // AIP Conference Proceedings. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4990219>.

doi: 10.32403/1998-6912-2026-1-72-122-130

INFORMATION TECHNOLOGY FOR ASSESSING THE WORKLOAD OF PRINTING EQUIPMENT BASED ON ENTERPRISE ORDER STATISTICS

V. M. Ternovyi¹, P. I. Shepita²

¹ Lviv Polytechnic National University, Stepan Bandera Str., 12, Lviv 79013, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0004-5581-3356>,
e-mail: volodymyr.m.ternovyi@lpnu.ua

² Lviv Polytechnic National University, Stepan Bandera Str., 12, Lviv 79013, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0001-8134-8014>,
e-mail: petro.i.shepita@lpnu.ua

The article presents the development of an information technology for assessing the workload of printing equipment based on enterprise order statistics. The relevance of the study is determined by the need to improve the efficiency of resource utilization in modern printing production, which operates under conditions of increasing order volumes, high variability of products, and strict deadlines. Traditional approaches to evaluating equipment utilization are often based on simplified accounting methods and do not consider the dynamic nature of production processes, which limits their effectiveness in real industrial environments.

The proposed approach involves the integration of heterogeneous data sources, including ERP systems, production logs, and equipment monitoring data. A formalized model for evaluating equipment workload is developed, based on the calculation of utilization coefficients that take into account not only the actual operating time but also downtime and setup time. This allows for a more accurate representation of the real state of production processes. An algorithm for processing order statistics is proposed, which includes stages of data collection, cleaning, normalization, aggregation, and analytical processing using statistical methods.

Particular attention is paid to the implementation of a visualization module that provides an intuitive representation of analysis results in the form of charts, dashboards, and reports. This enables real-time monitoring of equipment utilization and supports informed managerial decision-making. The developed system also allows identifying peak loads, detecting bottlenecks in production, and forecasting future workload based on historical data.

The results of the study confirm that the use of the proposed information technology improves the accuracy of workload assessment, reduces equipment downtime, and increases overall production efficiency. The practical application of the developed approach contributes to better production planning, optimized resource allocation, and enhanced competitiveness of printing enterprises.

Keywords: *printing production, equipment utilization, information technology, order statistics, data analysis, production optimization, manufacturing processes, ERP systems, workload forecasting, equipment efficiency.*

Стаття надійшла до редакції 27.04.2026.

Submitted: 27.04.2026.

Прийнято до друку: 08.05.2026.

Accepted: 08.05.2026.

Опубліковано: 30.05.2026.

Published: 30.05.2026.



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© В. М. Терновий, П. І. Шепіта