

О. В. ЛОБАЧ, А. І. САРЖЕВСЬКИЙ

РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ В ЛОКОМОТИВНОМУ ДЕПО ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ

Автоматизація діяльності підприємств є одним із ключових напрямів розвитку інформаційних технологій у сучасних умовах. Проте низка галузей, зокрема технічне обслуговування електропоїздів, досі використовує застарілі методи управління виробничими процесами. Це створює суттєві проблеми, оскільки дана галузь пов'язана з високим рівнем відповідальності та потенційними ризиками. Навіть незначна помилка може призвести до серйозних фінансових збитків або травмування персоналу. Одним з найбільших проблем залишається документообіг. У багатьох випадках передача важливої інформації здійснюється через телефонний зв'язок, а контроль зон відповідальності ведеться за допомогою паперових журналів, які часто ігноруються. Такий підхід значно знижує ефективність роботи та підвищує ризик помилок. Впровадження інформаційної системи електронного документообігу має значний потенціал для вирішення цих проблем. Така система дозволяє автоматизувати процес передачі даних, скоротити витрати на паперову документацію, оптимізувати функціонування цехів і покращити розподіл робочого часу персоналу. Крім того, вона забезпечує точний контроль за виконанням робіт і зменшує ризик людського фактору, підвищуючи загальну ефективність підприємства. Метою даної роботи є розробка інформаційної системи електронного документообігу для локомотивного депо. За програмну реалізацію відповідають наступні інструментальні засоби: мова програмування JavaScript, бібліотека React.js, платформа Node.js, Prisma ORM, система управління базами даних PostgreSQL. Очікується, що запропонована система дозволить не лише знизити матеріальні витрати, а й створити сучасну технологічну основу для підвищення безпеки та надійності роботи підприємства. Вона також сприятиме більш точному плануванню, моніторингу й аналізу робочих процесів, забезпечуючи адаптацію до зростаючих вимог ринку.

Ключові слова: інформаційна система, документообіг, бізнес-процеси, процеси управління проєктом.

О. LOBACH, A. SARZHEVSKYI

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN ELECTRONIC DOCUMENT MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM IN A LOCOMOTIVE DEPOT AND APPLICATION OF PROJECT MANAGEMENT PROCESSES

Automation of enterprise activities is one of the key directions in the development of information technologies under modern conditions. However, several industries, including the maintenance of electric trains, still rely on outdated methods for managing production processes. This creates significant challenges, as this sector is associated with a high level of responsibility and potential risks. Even minor errors can lead to severe financial losses or employee injuries. One of the most pressing issues remains document management. In many cases, the transmission of critical information is carried out via phone calls, and responsibility zones are monitored using paper logs, which are often neglected. Such an approach significantly reduces operational efficiency and increases the risk of errors. The implementation of an electronic document management system has significant potential to address these issues. Such a system allows for the automation of data transfer processes, reduces the costs associated with paper documentation, optimizes workshop operations, and improves the allocation of employees' working time. Moreover, it ensures accurate control over task execution and reduces the risk of human error, thereby enhancing the overall efficiency of the enterprise. The goal of this work is to develop and implement an electronic document management system for a locomotive depot. The program implementation is supported by the following tools: the JavaScript programming language, the React.js library, the Node.js platform, Prisma ORM, and the PostgreSQL database management system. The proposed system is expected not only to lower material costs but also to establish a modern technological foundation for improving the safety and reliability of the enterprise's operations. Additionally, it will facilitate more accurate planning, monitoring, and analysis of workflows, ensuring adaptation to the growing demands of the market.

Keywords: information system, document management, business processes, project management processes.

Вступ. Автоматизація процесів управління документами є не лише засобом зменшення операційної неефективності, але й критичним кроком до забезпечення безпеки даних, безперервності роботи та спрощеного зв'язку. У сучасному світі, де інформація є одним із ключових активів підприємств, ефективне управління документами стає основою стабільного функціонування та розвитку будь-якої організації.

Впровадження інформаційної системи електронного документообігу відкриває нові можливості для оптимізації бізнес-процесів, зменшення витрат часу та ресурсів, а також покращення якості прийняття управлінських рішень. Зокрема, у сфері технічного обслуговування локомотивних депо такі системи допомагають підвищити точність даних, покращити контроль за виконанням завдань та забезпечити прозорість і доступність інформації для всіх учасників процесу.

Такі технологічні рішення є життєво важливими для підтримки операційної стабільності та адаптації до сучасних викликів, які ставить перед підприємствами цифрова епоха. Вони не лише забезпечують злагоджену роботу системи, але й сприяють підвищенню конкурентоспроможності підприємств, даючи змогу ефективно вирішувати як поточні, так і майбутні завдання. У результаті автоматизація процесів управління документами стає одним із ключових факторів стійкого розвитку та інноваційного зростання.

Актуальність роботи. На сьогоднішній день простежується чіткий напрям розвитку людства в напрямку автоматизації всіх можливих процесів, шляхом впровадження інформаційних систем та технологій. Дослідники вважають, що цей процес призведе до скорочення 47% робочих місць строком до 2033 року [1-2]. Проте звісно не кожен вид

©, О. В. Лобач, А. І. Саржевський, 2024

діяльності можна автоматизувати. Недивлячись на важливість промислового виробництва та його технічний потенціал, за рівнем інтеграції інформаційних систем ця галузь значно поступається сфері послуг. Це пов'язано з тим, що набагато легше автоматизувати передбачувану фізичну працю, а ніж не передбачувану. Проте це не означає, що в галузі промислових виробництв немає видів діяльності, які можна автоматизувати або полегшити за допомогою імплементації інформаційних систем.

В контексті Укрзалізниці на даний момент не існує повноцінного аналогу такої розробки. В той же час один і той самий електропоїзд може за місяць проходити огляд на ремонтних станціях в різних частинах країни. Існуюче рішення поєднує заповнення та передачу документів в паперовому вигляді з подальшим внесенням їх окремих частин в базу даних зовсім іншим персоналом. Таким чином витрачається значна кількість зайвого часу на комунікацію між працівниками та перевиконання одних і тих самих дій різними підрозділами. При чому, в умовах війни, така система контролю призвела до фактичної втрати частки даних та обладнання, ускладнення передачі інформації між окремими підприємствами.

Постановка задачі. Метою даної роботи є розробка інформаційної системи електронного документообігу в локомотивному депо.

Вирішення задачі. Для визначення вимог до інформаційної системи було проведено аналіз існуючих наукових робіт. Актуальність та специфіка використання інформаційних систем у галузі технічного обслуговування транспортних засобів досліджується як іноземними, так і вітчизняними авторами [3]. Основними перевагами впровадження електронних систем документообігу є збереження часу, оптимізація ресурсів та підвищення прозорості роботи підприємств. Дослідники Абдалла та Фан [4] акцентують увагу на важливості сертифікації документів та пропонують використання цифрового підпису як ключового механізму для забезпечення безпеки документів у технічному обслуговуванні літаків.

У дослідженні [5] розглянули вплив автоматизації в транспортній галузі на працівників. Аналіз показав, що адаптація інформаційних систем залежить від специфіки вікових груп працівників та їхньої зайнятості. Наприклад, 32,1% працівників віком від 52 років стикаються з труднощами адаптації до складних цифрових систем, що свідчить про необхідність врахування демографічних особливостей під час розробки таких рішень.

Досвід впровадження інформаційних систем у залізничній галузі демонструє, що ключовими аспектами є оптимізація управління даними та інтеграція на всіх рівнях. Дослідники з Китаю [6] підтверджують ефективність клієнт-серверної архітектури для управління станом залізничних колій, зокрема використання реляційних баз даних Oracle та інструментів прогнозування стану об'єктів за

допомогою цифрових двійників [7-9]. В межах цеху з технічного обслуговування електропоїздів використання цієї технології може запобігти виникненню затримок та підвищенню витрат, за рахунок більш чіткого розуміння завантаженості платформ та стану електропоїздів [10].

Тему використання інформаційних систем в сфері технічного обслуговування літаків було розглянуто в рамках конференції «Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2021». Дослідники Шмюкер, та Майер [11] вважали, що будь-який процес діагностики та проведення робіт повинен закінчуватися формуванням відповідної документації. Для її зберігання вони пропонують використовувати реляційні бази даних. Цікавою стороною дослідження є пропозиція авторів по використанню децентралізованої модульної системи зі стандартизованими параметрами. Таким чином можна досягти більшої гнучкості в умовах віддаленості підприємств один від одного.

Електронне управління документами – це процес захоплення, зберігання, пошуку, доступу, модифікації та видалення електронних документів, які містять інформацію, необхідну для підтримки бізнес-процесів організації [12]. Основними вимогами до систем документообігу є: збереження часу, ефективне використання простору і технологій, збільшення прозорості внутрішньої роботи підприємства, більша гнучкість фізичного розташування працівників, підвищення безпеки інформації [13-15]. Проте для реалізації цих переваг слід проводити попередній аналіз інформації, з якою доведеться працювати [16].

Цікавим є дослідження використання чотирьох різних систем електронного документообігу чотирма різними компаніями [17]. Дві з яких використовували готові програмні рішення, одна адаптоване, четверта ж замовляла розробку системи під свої потреби. Останнє рішення було дорожчим за попередні приклади, але ефективність його застосування показала найкращі результати.

Було проведено аналіз існуючих програмних рішень, їх переваг та недоліків [18-23]. На його основі напрямом реалізації було обрано web-застосунок з клієнт-серверною архітектурою.

Процес технічного обслуговування поїзду складається з багатьох етапів. На першому етапі, машиніст передає журнал черговому в депо. Цей журнал містить дані про номер поїзду, його пробіг, та внесені машиністами зауваження. Черговий зобов'язаний вести документацію про час прибуття поїзду, відповідальних за його передачу. Також до звіту переноситься інформація з журналу.

На другому етапі, черговий повинен продивитися історію обслуговування поїзду та виконати розрахунки для визначення типу обслуговування. Існують наступні види обслуговування:

- ТО2 – технічний огляд, який виконується кожні дві доби та триває півтори години;
- ПР1 – технічний огляд, який виконується через кожні 10000 кілометрів пробігу та триває 24 години.

В залежності від типу обслуговування, формується обхідний лист. Для ТО2 він не містить заздалегідь визначених робіт, в той час як для ПР1 існує сформований список завдань для виконання бригадою.

На третьому етапі черговий формує чергу з поїздів на обслуговування. Після цього машиніст повинен доставити обраний поїзд на обрану колію в цеху для подальшого обслуговування. Черговий зобов'язаний передати обхідний лист керівнику бригади.

На наступному етапі бригада проводить обслуговування поїзду згідно з обхідним листом, якщо виконується ПР1. Якщо ж поїзд проходить ТО2, працівники повинні усунути усі дефекти, зазначені машиністами при передачі в обслуговування.

Далі йде розгалуження. Якщо проводилося ТО2, то керівнику бригади необхідно заповнити обхідний лист, зазначивши виконані бригадою роботи. У випадку проведення ПР1, обхідний лист вже заповнений від початку і потребує лише проставлення марок працівників навпроти виконаної ними роботи зі списку. Марка працівника представляє собою його унікальний номер, зазначений в посвідченні.

В кінці керівник бригади повинен поставити свою марку у звіті, тим самим закрити його. Після цього він відносить звіт до інформаційного відділу депо, в якому секретар вносить усі данні зі звіту до бази даних інформаційної системи залізниці. На основі аналізу процесу формування звітів в локомотивному депо сформовано схему бізнес-процесів підприємства, що наведено на рисунку 1.

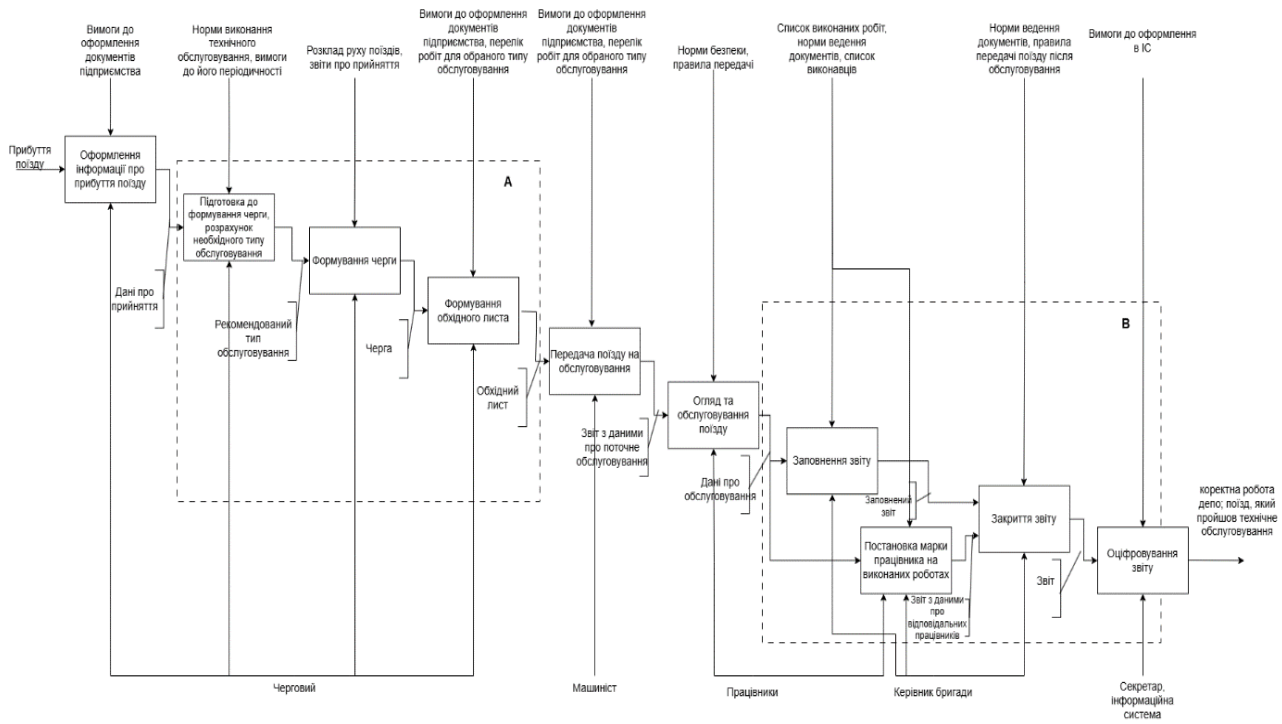


Рис. 1. Схема існуючих бізнес-процесів локомотивного депо

На рисунку квадратами «А» та «В» позначено процеси, які будуть автоматизовані. Так в першому з них, інформаційна система буде автоматично прораховувати рекомендований тип обслуговування на основі наявних в БД даних, формувати обхідний лист та чергу. В квадраті «В» застосунок дозволить усунути передачі документу та його заповнення в паперовому вигляді. Схему автоматизованих бізнес-процесів підприємства наведено на рисунку 2.

На рисунку 2 блакитним кольором позначено процеси, які зазнали змін в наслідок їх автоматизації. Так наприклад, за підготовчі етапи тепер відповідає інформаційна система, а не черговий. Процеси заповнення та закриття звіту все ще потребують участі працівників та керівника бригади, проте скорочено кількість часу на виконання цих дій. Оцифрування документу взагалі видалено зі схеми, так як вся інформація вже зберігається в електронному вигляді від початкових етапів.

Для автоматизації процесів документообігу в локомотивному депо було спроектовано та розроблено web-застосунок, що реалізує концепцію цифрового двійника та враховує сформовані в результаті проведеного аналізу вимоги до сучасної системи електронного документообігу. Клієнтська частина реалізована засобами бібліотеки мови програмування JavaScript – React.js. Її вибір обґрунтовується використанням віртуального DOM, що значно покращує продуктивність, мінімізуючи зміни у реальному DOM. Для реалізації серверної частини обрано платформу Node.js, яка надає доступ до великої кількості додаткових пакетів, що здатні полегшити процеси розробки. Як систему управління базами даних обрано PostgreSQL. Ця об'єктно-реляційна СУБД підтримує більшу частину стандарту SQL і пропонує безліч сучасних функцій, таких як тригери, збережені процедури та транзакційна цілісність. Для забезпечення обмеження доступу до

даних інформаційної системи випадкового рахунок інструменту Jsonwebtoken користувача, реалізовано процес автентифікації за

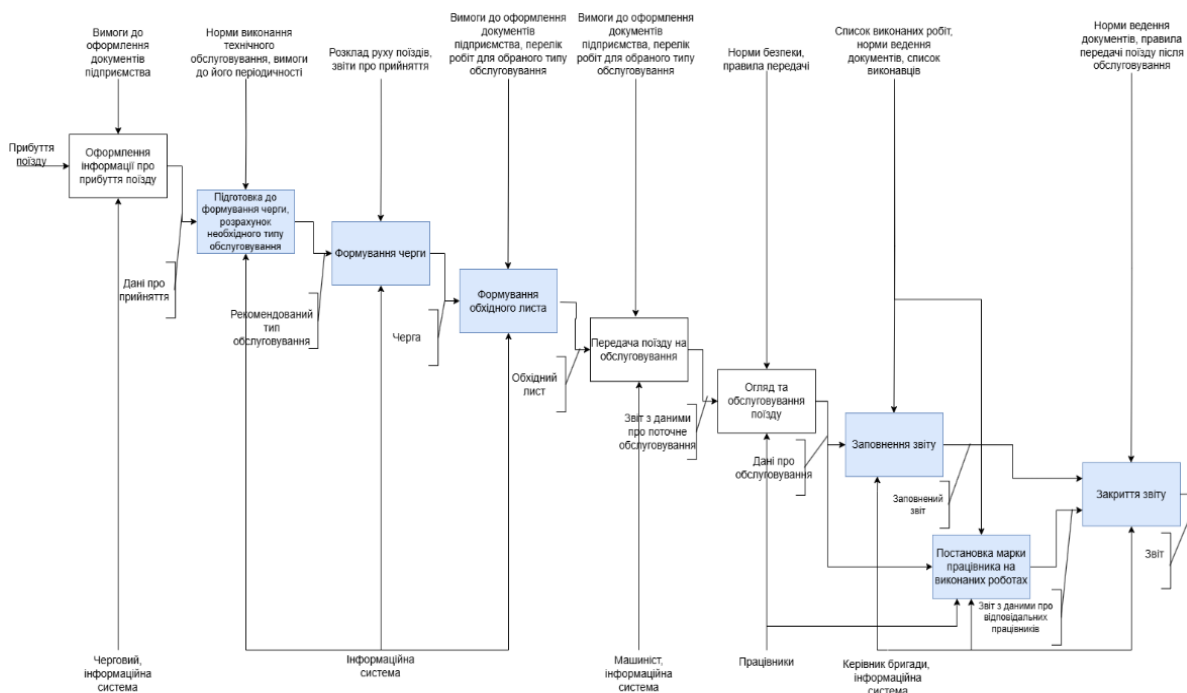


Рис. 2. Схема автоматизованих бізнес-процесів локомотивного депо

Інформаційна система передбачає дві групи користувачів: користувач – працівник локомотивного депо, адміністратор.

Ключовими можливостями адміністратора є внесення даних про поїзди та створення облікових записів. Реєстрація нового користувача передбачає наявність його контактної інформації, у вигляді

номеру телефону та електронної пошти, даних про стаж роботи та зображення посвідчення працівника. Адміністратор повинен заповнити всі поля форми, зображеної на рисунку 3, та натиснути на кнопку «Створити». Після цього працівник отримає логін та пароль для авторизації в системі у вигляді листа на зазначену електронну пошту.

Рис. 3. Форма створення користувача в застосунку «Е-Депо помічник»

Користувач зі спеціальністю черговий депо є відповідальним за внесення даних про отриманні поїзду в обслуговування. На основі заданої ним

інформації про пробіг та наявні проблеми розраховується рекомендований тип обслуговування та формується черга, зображена на рисунку 4.

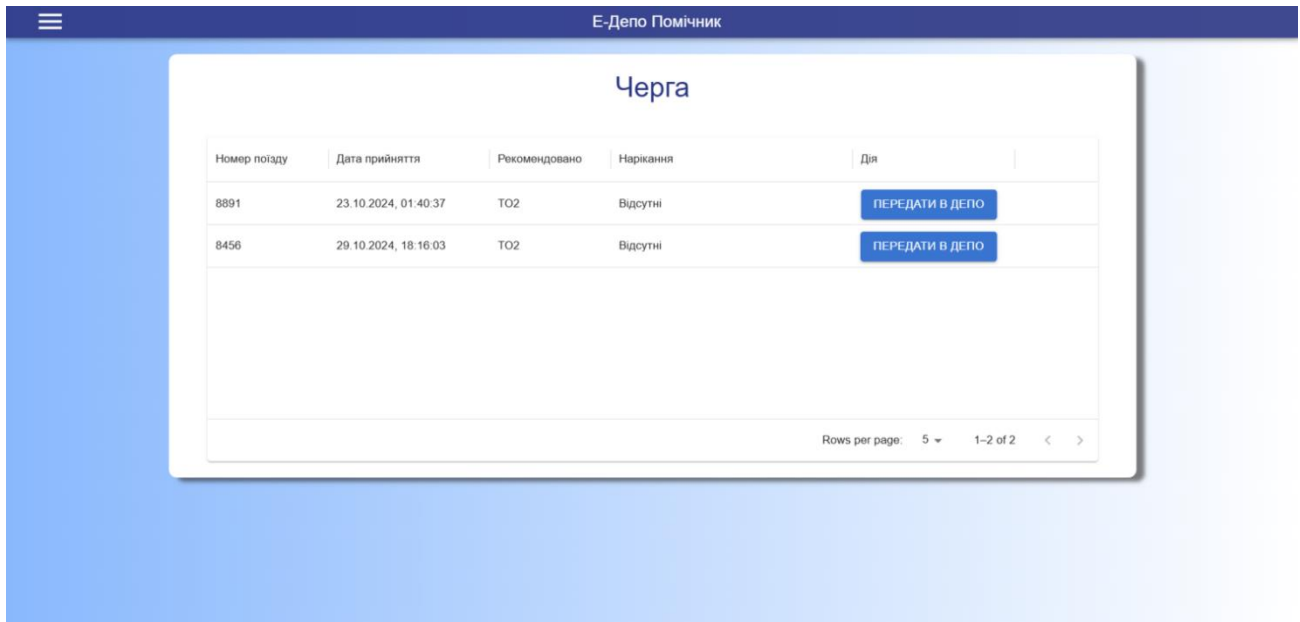


Рис. 4. Черга поїздів на обслуговування в застосунку «Е-Депо помічник»

Ключовою можливістю користувача зі спеціальністю машиніст є передача поїзду в обслуговування. Для цього йому необхідно обрати

колію. На основі списку колій та стану їх зайнятості формується цифровий двійник цеху, наведений на рисунку 5.

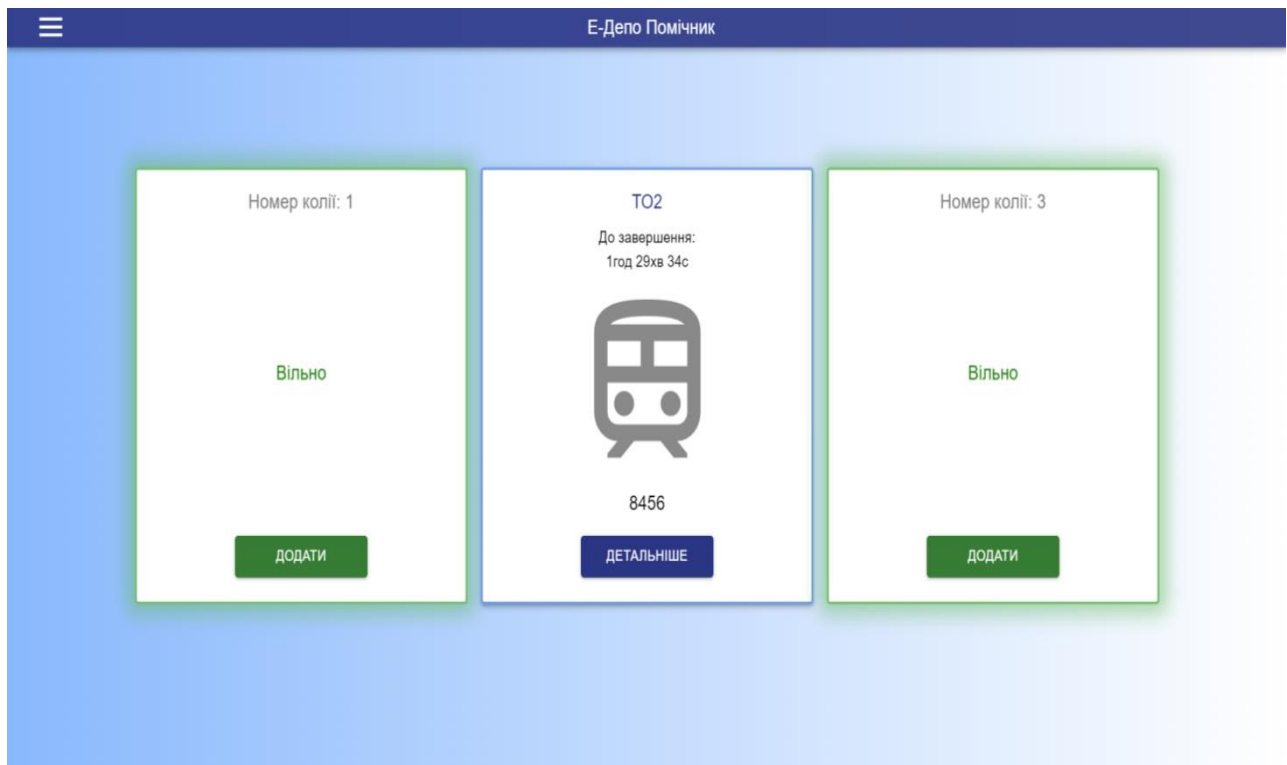


Рис. 5. Цифровий двійник цеху в застосунку «Е-Депо помічник»

Ключовим функціоналом для користувача зі спеціальністю керівник бригади є можливість формувати та закривати звіти з обслуговування. Сформований звіт містить повну інформацію про всі

етапи від прибуття в депо до часу завершення робіт. Навпроти кожного виконаного завдання встановлюється особиста марка працівника. Зовнішній вигляд звіту наведено на рисунку 6.

Звіт

Донецька залізниця Форма ТУ-28

Поточний ремонт №: 1
Електровава ВПВ: 8891
Форма ремонту: ПР1

ІНФОРМАЦІЯ ПРО ОТРИМАННЯ

Отримано:	10.10.2024, 18:05:05
Відповідальний за передачу:	Саржевський Андрій Ігорович
Номер марки працівника:	1111
Номер копії:	1
Відомі проблеми:	Вийшов з ладу 3-й трансформатор
Опис проблеми:	Вийшов з ладу 3-й трансформатор

ОСНОВНИЙ РЕМОНТ

Найменування робіт	Відповідальний
Ревізія моторно-вісєвих підшипників зі зміною фільтрної пржки і мастила двох колесо-моторних блоків.	1111
Вивести дві колісні пари і прослухати роботу бокових моторних підшипників.	1111
Огляд буксових вузлів колісних пар з змінням передньої кришки.	8812
Огляд і ремонт кожухів зубчастої передачі. При знятті кожухів виконати ревізію зубчастої передачі.	8812
Огляд і регулювання гальмівної важільної передачі руного гальма. Зміна гальмових колодок.	8812
Огляд і ремонт вентиляційних патрубків, очистка запобіжних сіток.	8812
Огляд і ремонт рам, візів, кузовів, головних, бокових, додаткових опор, підвіски тягових дугиунів, ресорного підвішування.	8812
Огляд колісних пар	8812
Очищення сіток вентиляційних патрубків з підйомом кузова, ремонт вентиляційних патрубків.	8812
Ревізія опор з підйомом кузова.	8812

Рис. 6. Сформований звіт в застосунку «Е-Депо помічник»

Висновок. Авторами роботи було спроектовано та розроблено інформаційну систему електронного документообігу в локомотивному депо у вигляді web-застосунку. Розроблений програмний продукт має потенціал щодо покращення та подальшої розробки додаткового функціоналу. За рахунок впровадження інформаційної системи електронного документообігу в локомотивному депо можна покращити ефективність роботи цеху та скоротити витрати часу приблизно на 15%. Це дозволить обробляти більше електропоїздів за добу, що приведе до зниження собівартості технічного огляду однієї машини.

Список літератури

- Frey C. B., Osborne M. A. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*. 2017. Vol. 114. P. 254–280. DOI: 10.1016/j.techfore.2016.08.01 (accessed: 19.11.2023).
- Chui M., Manyika J., Miremadi M. Where Machines Could Replace Humans-And Where They Can't (Yet). *McKinsey*. 2016. P. 58–69. DOI: 10.1016/j.jsis.2020.101600 (accessed: 19.11.2023).
- Alomar I., Yatskiv (Jackiva) I. Digitalization in Aircraft Maintenance Processes. *Aviation*. 2023. Vol. 27, no. 2. P. 86–94. DOI: 10.3846/aviation.2023.18923 (accessed: 20.11.2023).
- Abdallah A. A., Fan I.-S. Emerging Challenges of Digital Aircraft Operations and Maintenance: A Knowledge Management Perspective. *SSRN Electronic Journal*. 2020. DOI: 10.2139/ssrn.3718062 (accessed: 20.11.2023).
- Burtylev I. N., Mokhun K. V., Bodnya Y. V., Yukhnevich D. N. Development of Electronic Document Management Systems: Advantage and Efficiency. *Scientific & Technical Information*. 2013. P. 1–9. DOI: 10.5923/s.scit.201301.01 (accessed: 21.11.2023).
- Jia C., Xu W., Wang H. Study of Management Information System of Railway Permanent Way Safety Risks and Comprehensive Evaluation. *Procedia Engineering*. 2011. Vol. 15. P. 1293–1297. DOI: 10.1016/j.proeng.2011.08.239 (accessed: 20.11.2023).
- Heller J. *Pro Oracle SQL Development*. Berkeley, CA: Apress, 2023. P. 3–28.
- Bisanti G. M. Digital twins for aircraft maintenance and operation: A systematic literature review and an IoT-enabled modular architecture. *Internet of Things*. 2023. Vol. 24. P. 100991. DOI: 10.1016/j.iot.2023.100991 (accessed: 23.11.2023).
- Wang Z. Mobility Digital Twin: Concept, Architecture, Case Study, and Future Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. 2022. P. 1. DOI: 10.1109/jiot.2022.3156028 (accessed: 23.11.2023).
- Kaewunruen S., Sresakoolchai J., Lin Y.-h. Digital twins for managing railway maintenance and resilience. *Open Research Europe*. 2021. Vol. 1. P. 91. DOI: 10.12688/openreseurope.13806.1 (accessed: 23.11.2023).
- Schmücker R., Meyer H. Digitalization and data management in aircraft maintenance based on the example of the composite repair process. *Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress*. 2021. Bonn, Germany, August 31 - September 2, 2021. DOI: 10.25967/550066 (accessed: 20.11.2023).
- Sprague R. H. Electronic Document Management: Challenges and Opportunities for Information Systems Managers. *MIS Quarterly*. 1995. DOI: 10.2307/249710 (accessed: 20.11.2023).
- Ragimova N. A., Hajimahmud A. V., Soltanaga A. V. Analysis of Main Requirements for Electronic Document Management Systems. *ScienceRise*. 2020. Vol. 1. P. 28–31. DOI: 10.21303/sr.v0i1.1148 (accessed: 21.11.2023).
- Jordan S., Zabukovšek S. S., Klančnik I. Š. Document Management System – A Way to Digital Transformation. *Naše gospodarstvo/Our economy*. 2022. Vol. 2. P. 43–54. DOI: 10.2478/ngoe-2022-00104 (accessed: 21.11.2023).
- Burtylev I. N., Mokhun K. V., Bodnya Y. V., Yukhnevich D. N. Development of Electronic Document Management Systems: Advantage and Efficiency. *Scientific & Technical Information*. 2013. P. 1–9. DOI: 10.5923/s.scit.201301.01 (accessed: 21.11.2023).
- Matias R., Piedade M. B. Multidimensional Models Supported by Document-Oriented Databases. *Lecture Notes in Computer Science*. Cham. 2023. P. 156–167. DOI: 10.1007/978-3-031-40725-3_14 (accessed: 21.11.2023).
- Guo F., Jähren C. T., Turkan Y. Electronic Document Management Systems for the Transportation Construction Industry. *International Journal of Construction Education and Research*. 2019. P. 1–16. DOI: 10.1080/15578771.2019.168561 (accessed: 22.11.2023).

18. Ogli A. E. T. Software for Electronic Document Management System of Technical Documentation on Railway Automation and Telemechanics. *JournalNX*. 2021. Vol. 7. P. 204–209. DOI: 10.1007/978-3-030-85057-9_40 (accessed: 21.11.2023).
19. Baratov D., Astanaliev E. Fundamental Strategy of the Method of Accounting and Control of Automation and Telemechanics Devices. *Universum: Technical sciences*. 2022. Vol. 98. P. 5–10. DOI: 10.32743/unitech.2022.98.5.13776 (accessed: 21.11.2023).
20. Seethamraju R. Adoption of Software as a Service (SaaS) Enterprise Resource Planning (ERP) Systems in Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). *Information Systems Frontiers*. 2014. P. 475–492. DOI: 10.1007/s10796-014-9506-5 (accessed: 21.11.2023).
21. RAMCO Airline on Cloud. Ramco. Available at: <https://www.ramco.com/en-au/products/aviation-software/airlines-industry/> (accessed: 21.11.2023).
22. Lebeau J. Achieving productivity gains through an Integrated M&E System. *Aircraft IT eJournal*. 2022. Available at: <https://www.aircraftit.com/articles/case-study-achieving-productivity-gains-through-an-integrated-me-system/?area=mro> (accessed: 21.11.2023).
23. Kalynovskyi A. O., Holomovzyi V. M., Kalynovska N. L., Kalynovska O. R. Analyzing the State of Information Provision of the Maintenance and Renewal of Aviation Equipment. *Business Inform*. 2021. Vol. 11, no. 526. P. 162–172. DOI: 10.32983/2222-4459-2021-11-162-172 (accessed: 22.11.2023).

Надійшла (received) 18.11.2024

Відомості про авторів / About the Authors

Лобач Олена Володимирівна (Lobach Olena) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", доцент кафедри управління проектами у сфері інформаційних технологій, Харків, Україна; email: e.v.lobach@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7494-9997>.

Саржевський Андрій Ігорович (Sarzhevskiy Andrii) – студент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; e-mail: sarzhevskiyandrey@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1164-4439>.