

УДК 629.017

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ВАГОНІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ НА БАЗІ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

В. Х. Далека, М.В. Хворост, Р. В. Воронов

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Анотація. На сьогодні, в даних умовах господарювання, гостро постає питання щодо удосконалення технологічних процесів технічного обслуговування і ремонтів вагонів метрополітену. Особливо це важливо при подовженні строку експлуатації вагонів у зв'язку з економічною неспроможністю підприємств метрополітену оновити або модернізувати наявний рухомий склад. У статті представлений процес експлуатації окремого вагону метрополітену у вигляді комплексної моделі, де зокрема моделюються операції, які виконуються під час технічного обслуговування об'єктів ТО-1 та ТО-2. Розглянуто алгоритми дій CASE-засобів, що дозволяють максимально систематизувати й автоматизувати етапи розробки моделі технологічного процесу технічного обслуговування вагону метрополітену. На основі отриманої моделі, можна дослідити властивості та дії над вагоном метрополітену у процесі його експлуатації, встановити чіткість та прозорість серед процесів самої системи експлуатації, прогнозувати подальші перспективи розвитку технічної експлуатації за рахунок удосконалення технологічних процесів технічного обслуговування, підвищення якості їх проведення на підприємствах метрополітенів.

Ключові слова: метрополітен, технологічний процес, технічне обслуговування і ремонт, експлуатація вагону метрополітену, модель, програмне забезпечення.

Вступ

Ефективність експлуатації вагонів метрополітену залежить від технічного стану рухомого складу, що забезпечується виконанням технічних впливів відповідно до системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) [1].

В даний час система технічного обслуговування та ремонтів вагонів метрополітену передбачає виконання наступного:

- ТО-1, ТО-2, ТО-3 – технічне обслуговування;
- ТО-3к – третє технічне обслуговування, обточка колісних пар;
- ТО-4 – четверте технічне обслуговування без норми пробігу та ремонтних строків при потребі обточка колісних пар;
- ПР1, ПР2, ПР3 – поточні ремонти, відповідно 1-й, 2-й та 3-й;
- СР – середній ремонт;
- КР – капітальний ремонт.

Ці ремонти відрізняються періодичністю виконання та обсягом робіт, які регламентуються відповідними технологічними процесами [1-4].

Технологічні процеси – це цілеспрямовані та впорядковані дії щодо кількісної або якісної зміни технічного стану вагону метрополітену,

Одним із ефективних напрямків удосконалення технологічних процесів є впровадження організованої сукупності інформаційних технологій, забезпечуючи при цьому підтримку вагонів в постійній технічній готовності. Тому розробка, впровадження та удосконалення технологічних процесів методом моделювання є актуальною [1- 5].

Моделювання процесів являє собою складну задачу, вирішення якої вимагає застосування спеціальних методик та інструментів [3, 5, 6]. Для максимальної систематизації й автоматизації всіх етапів розробки моделі процесу найчастіше використовують CASE-систему технологій і інструментальних CASE-засобів (Computer-Aided Software/System Engineering).

© Далека В. Х., Хворост М.В., Воронов Р. В., 2023

1. Мета роботи

Підвищення якості технічного обслуговування і ремонту вагонів метрополітену за рахунок удосконалення технологічних процесів на базі інформаційних технологій.

2. Предмет (об'єкт) дослідження

На протязі останніх років вітчизняними і зарубіжними вченими виконувались дослідження по удосконаленню технічного обслуговування та ремонту рухомого складу метрополітену. З безлічі робіт можна виділити роботи Тартаковського Е.Д., Матусевича О. О., Кучмій О.С., Веклича В.П., Волкова В.П. та інших. Але на сьогоднішній день, проводячи аналіз останніх наукових праць, в недостатній мірі досліджено технологічні процеси та їх вплив на експлуатацію рухомої одиниці з використанням інформаційних технологій та орієнтацією на безвідмовність [7].

Таким чином виникає необхідність в удосконаленні технологічних процесів з використанням інформаційних технологій та програмного забезпечення, яке дозволить на першому етапі побудувати математичну модель експлуатації вагону метрополітену з необхідними зв'язками між складовими елементами експлуатації та її підсистем. Це дозволить сформувати експлуатаційний процес за весь життєвий цикл рухомої одиниці.

Задачу з формування моделі експлуатації вагону пропонується вирішити за допомогою програмного забезпечення Business Studio (далі – BS). Це передовий інструмент візуального моделювання технологічних процесів. BS дає можливість представити процес експлуатації вагона у вигляді комплексної моделі, яка дозволить оптимізувати роботу підприємства метрополітену за рахунок побудови стратегічних цілей; перевірити її на відповідність міжнародним стандартам; правильно спроектувати оргструктуру або структуру інформаційних систем, які описують всі використовувані ресурси в технологічних операціях; оптимізувати

документообіг; знизити витрати, виключити непотрібні технологічні операції, підвищити гнучкість і ефективність організації роботи підприємства метрополітену за рахунок докладного опису всіх операційних процесів при експлуатації рухомої одиниці [2, 6, 7].

У якості прикладу створення моделі технологічного процесу за допомогою BS представимо модель управління експлуатацією вагону метрополітену (рис. 1).

Використання BS дозволяє вирішити наступні завдання:

- більш комплексно описати процес експлуатації вагонів метрополітену, підвищити ефективність їх використання й оптимізувати технологічні процеси;

- провести експериментальні дослідження впливу факторів і виробничих змін на технологічні процеси та показники експлуатації в цілому;

- маніпулювати моделями процесу експлуатації вагонів метрополітену у зв'язку із гнучкістю програмного забезпечення;

- оформити модель на законодавчому рівні за рахунок широкого набору засобів документування [2].

Для побудови моделі спочатку проводиться опис процесу в цілому і його взаємодії з навколишнім світом: впроваджуються факторні потоки – економічні, технічні, організаційні, суб'єктивні, що являють собою сукупність відповідних чинників (ціна, собівартість, конструкція, розподіл праці тощо), які перетворюються в рамках даного процесу для отримання очікуваного результату; задаються незмінні механізми, а саме ресурси, які необхідні для виконання заданого процесу (трудові ресурси, фінансові тощо); обов'язковою умовою для отримання на виході результату є урахування постійних впливів на процес (законодавча база України, правила технічної експлуатації тощо). Після чого проводиться функціональна декомпозиція – розподіл складного об'єкту процесу (загальний процес в цілому) на складові частини більш прості підсистеми і кожна підсистема описується окремо (діаграми декомпозиції) [5, 6].

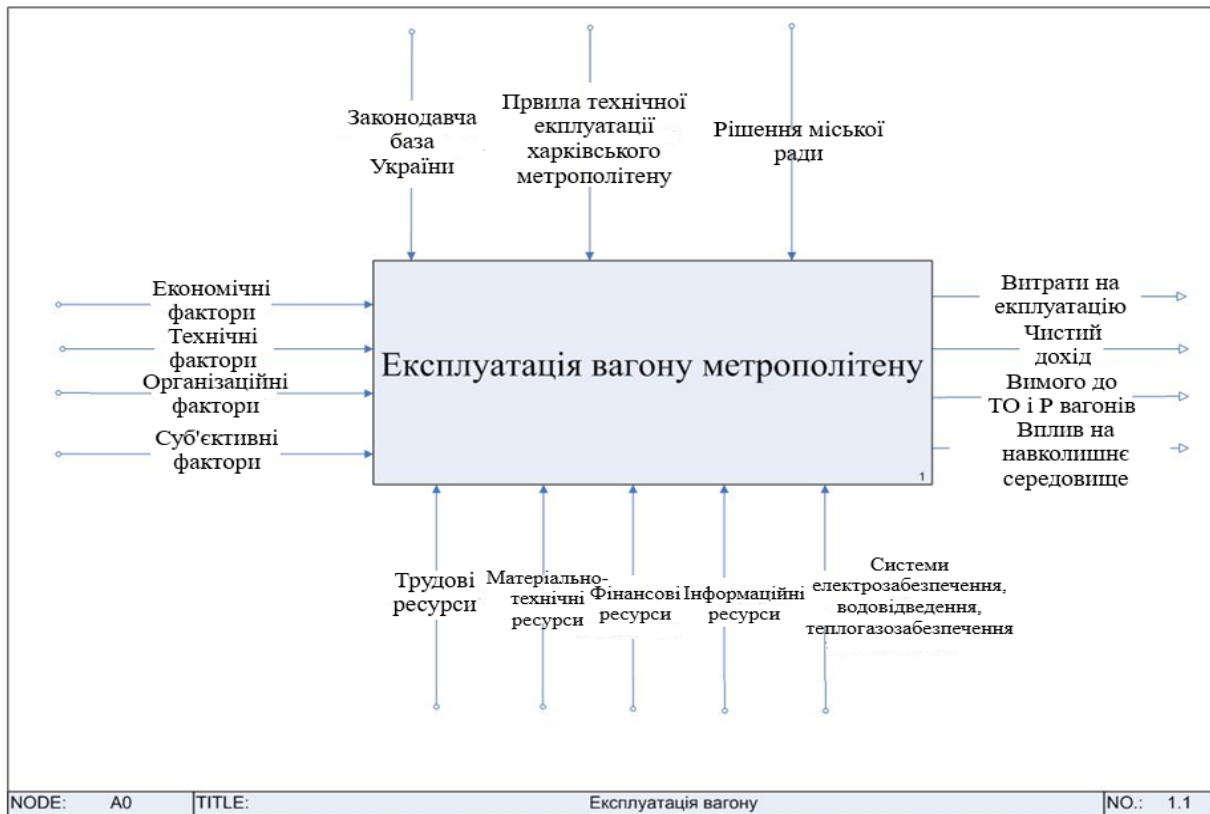


Рис. 1. Модель експлуатації вагону метрополітену на базі програмного забезпечення BS

Експлуатація рухомого складу – це складний процес, сукупність та правильність функціонування окремих складових якого сприяє оптимальному використанню рухомої одиниці за прямим її призначенням – перевезення пасажирів.

Взагалі експлуатація міського електричного транспорту, у тому числі і вагонів метрополітену, відіграє важливу роль у забезпеченні ефективності та економічної доцільності як транспортної системи, так і підприємств міського електричного транспорту. Регулярне обслуговування рухомого складу дозволяє підтримувати його надійність та продуктивність, що зменшує витрати на ремонт та збільшує термін служби транспорту.

Практично експлуатацію розглядають як наступні підсистеми: управління експлуатацією (ряд важливих завдань та процедур, які забезпечують безперебійну та безпечну роботу метрополітену), комерційна експлуатація (включає в себе аспекти, пов'язані із здійсненням рейсів та отриманням прибутку від перевезення пасажирів) та

технічна експлуатація (комплекс дій та процедур, спрямованих на забезпечення надійності, безпеки та ефективності роботи вагонів метрополітену). На кожному з підсистем покладені свої завдання. Оскільки у даній статті основним питанням є технологічні процеси, то особлива увага приділяється технічній експлуатації, над якою далі проводимо декомпозицію, щоб розширити розуміння її роботи та функціонування. Модель технічної експлуатації вагону представлена на рис. 2, рис. 3.

В свою чергу технічна експлуатація поділяється на ряд складових, серед яких виділяються наступні: організаційна робота депо (формування плану виробничої діяльності підприємства метрополітену, розподіл обов'язків та регламент робіт тощо), організація випусків електропоїздів (формування диспетчерського графіку руху тощо), організація роботи електропостачання, водопостачання та водовідведення, теплогазопостачання), організація роботи колійного та тунельного господарства, рис. 4 та рис. 5.

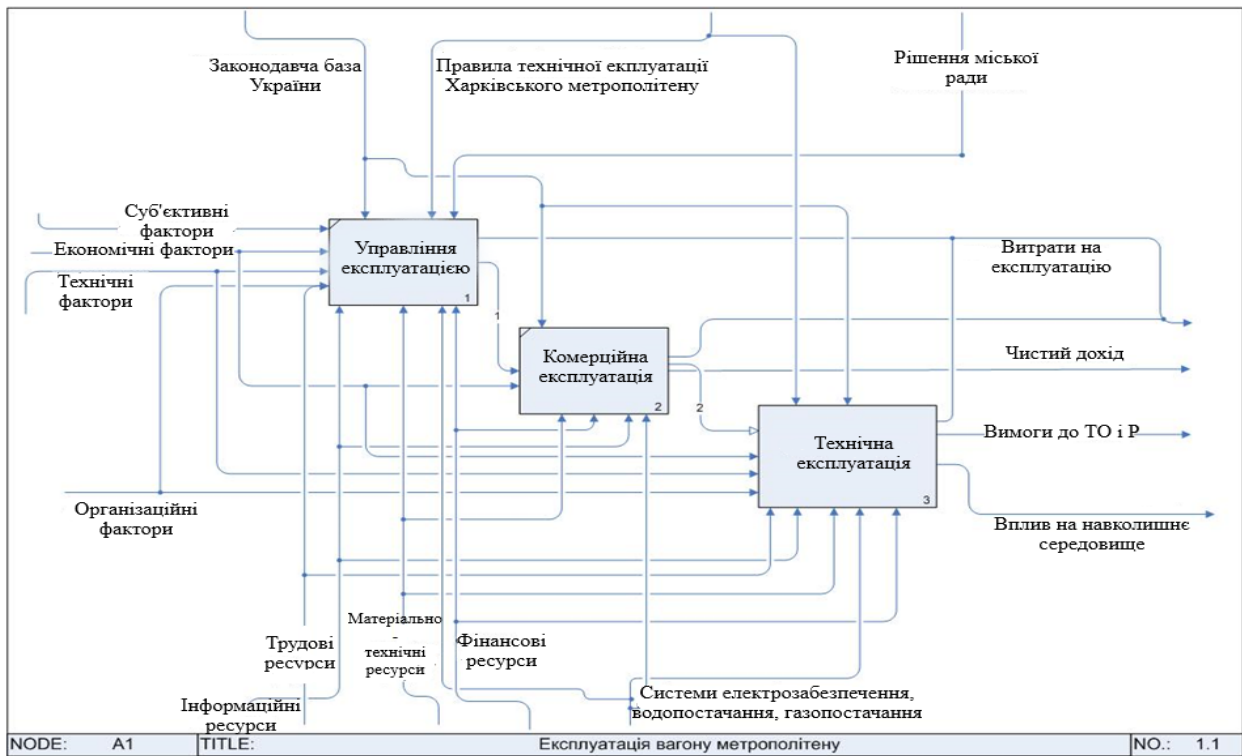


Рис. 2. Розширена модель експлуатації вагону метрополітену на базі програмного забезпечення BS

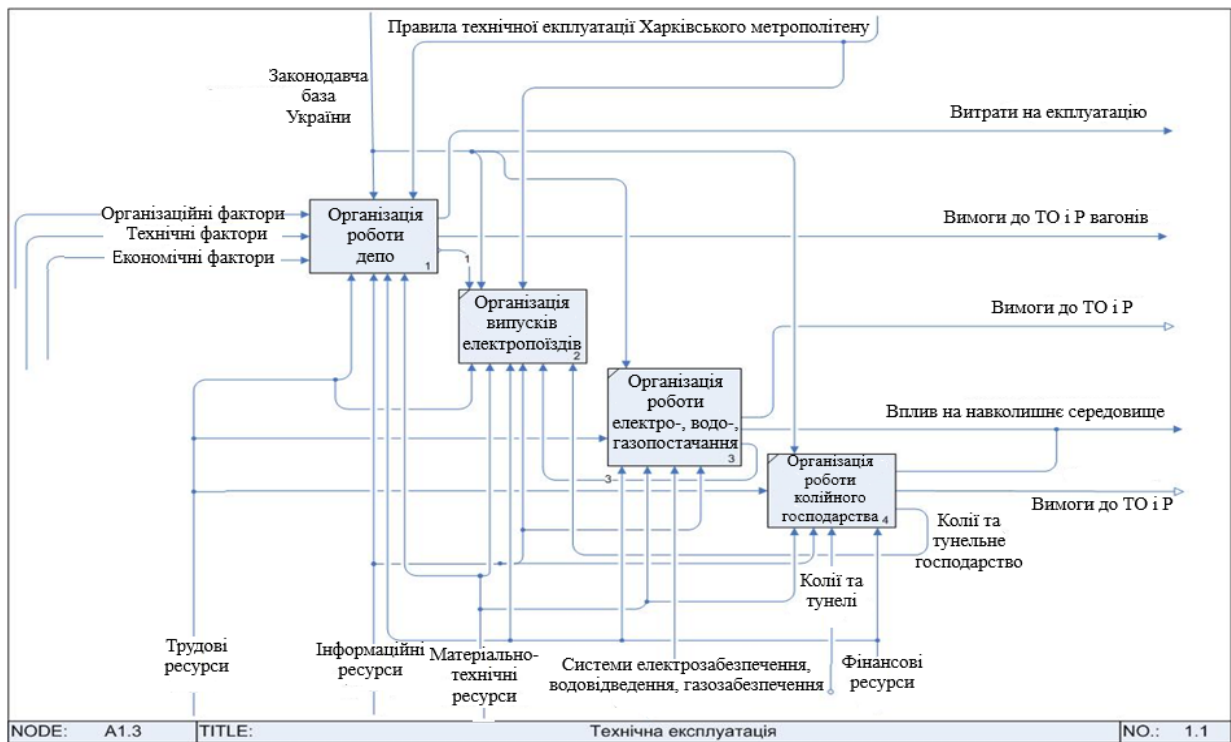


Рис. 3. Модель технічної експлуатації вагону метрополітену на базі програмного забезпечення BS

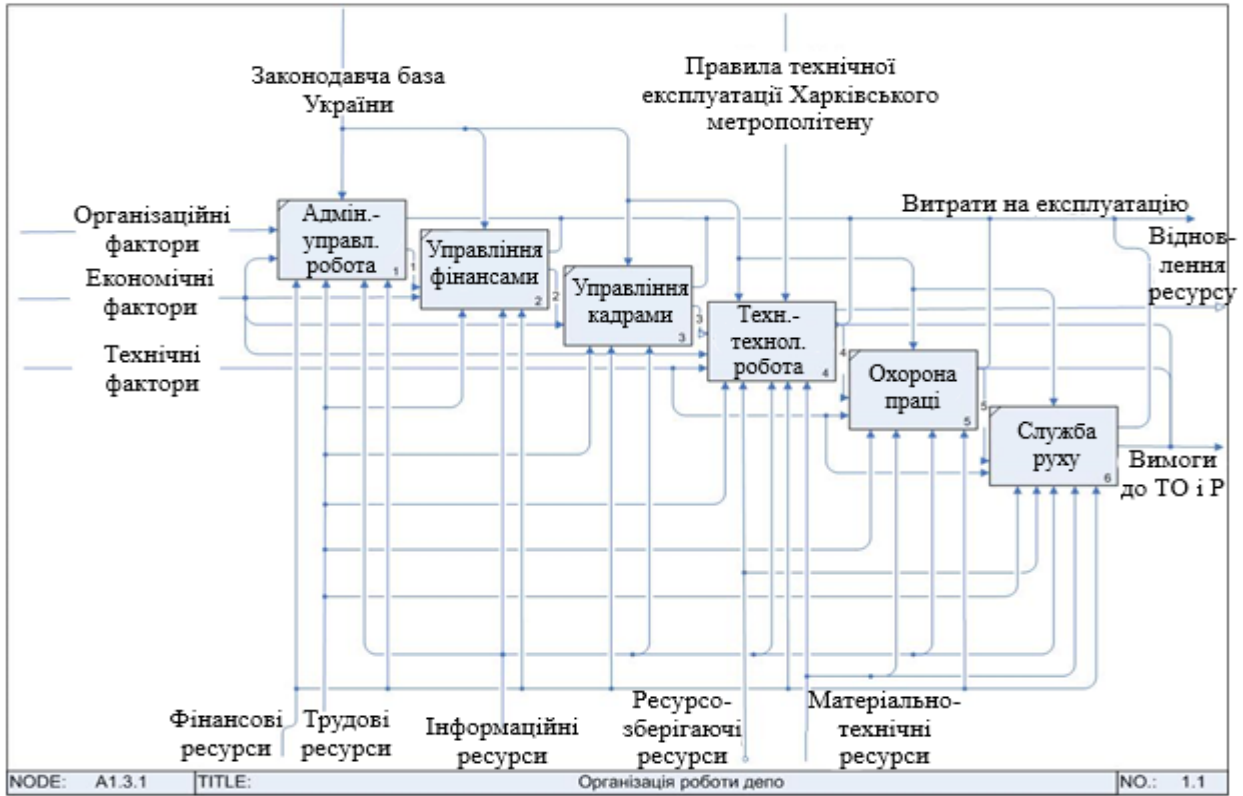


Рис. 4. Модель організації роботи в депо на базі програмного забезпечення BS

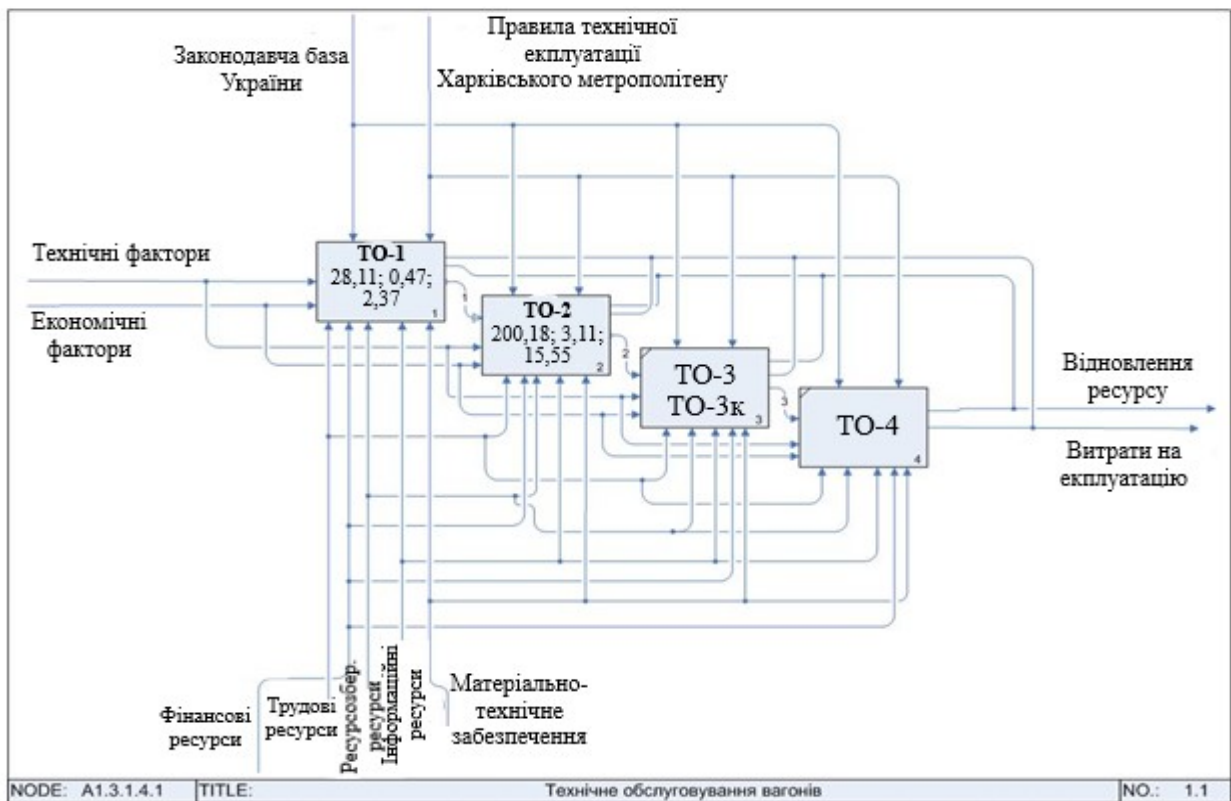


Рис. 5. Модель технічного обслуговування вагону на базі програмного забезпечення BS

При подальшій розробці моделі експлуатації вагону метрополітену будується модель системи організації депо де видно, якими підсистемами проводиться управління, регулювання та робота депо (рис. 4). Система організації депо включає в себе адміністративно-управлінську роботу (спрямована на ефективну організацію та координацію діяльності метрополітену), управління бухгалтерського обліку та фінансів (ведення бухгалтерського обліку всіх фінансових транзакцій, включаючи прибуткові та витратні операції, визначення бюджетів для різних ділянок діяльності, аналіз фінансових показників, нагляд та контроль над фінансовою діяльністю, управління інвестиціями та грошовими потоками тощо), управління кадровою роботою (завдання та функції, пов'язані з прийомом, навчанням, розвитком, оцінкою та утриманням персоналу, необхідного для безперебійної та ефективної роботи метрополітену), технічно-технологічна робота (важливі аспекти, пов'язані з технічною інфраструктурою, рухомих складом, системами безпеки та управління для забезпечення безперебійної та безпечної роботи системи метрополітену), охорона праці та цивільний захист (забезпечення безпеки як працівників, так і пасажирів під час експлуатації та обслуговування метрополітену), служба рухомого складу та руху (відповідає за ефективне та безпечне функціонування рухомого складу, а також за координацію та контроль руху вагонів в мережі метрополітену). Кожний із перелічених елементів прямо впливає на інший елемент. Також на кожний елемент контекстної діаграми організації роботи в депо здійснюють вплив зовнішні фактори, серед яких такі: організаційні, економічні та технічні фактори. Слід зазначити, що на складники моделі діють наступні ресурси: фінансові, трудові, інформаційні, ресурсозберігаючі, матеріально-технічні. Для визначення загальної стратегії та діяльності організації підприємства метрополітену, а також для приймання стратегічних рішень та керування організацією, застосовують управлінські фактори, такі як: законодавча

база України, Правила технічної експлуатації метрополітену.

За допомогою процесу декомпозиції поетапно переходимо до моделі технічного обслуговування вагону метрополітену (рис. 5). Модель технічного обслуговування вагону включає в себе основні технічні впливи, які здійснюються над вагонами метрополітену з метою підтримки ефективності, забезпечення безпеки пасажирів, підвищення надійності та комфорту, продовження строку експлуатації рухомого складу тощо. Відповідно від внутрішніх стандартів та вимог метрополітену були розраховані сумарні норми часу технологічних впливів у розрізі першого та другого технічних обслуговувань (ТО-1: оперативне обслуговування – 28,11, обслуговування – 0,47, перерва на відпочинок – 2,37, сумарне – 30,95; ТО-2: оперативне обслуговування – 200,18, обслуговування – 3,11, перерва на відпочинок – 15,55, сумарне – 218,84). На кожний елемент моделі здійснюють вплив управлінські фактори: сукупність законів, нормативних актів та правил, а також нормативи, положення та стандарти з технічної експлуатації вагонів метрополітену. До зовнішніх факторів, які здійснюють пряму дію на всі компоненти моделі відносять технічні та економічні. Для побудови більш адекватної моделі необхідно враховувати ресурси, які визначають можливості та обмеження технологічних впливів. До таких ресурсів відносяться: фінансові, трудові, інформаційні, енергетичні та матеріальні.

3. Результати дослідження

Представлена модель, дозволяє побачити повну картину проведення ТО та систематизувати його процес в депо метрополітену. Також дає можливість сумарно вивести загальний об'єм норм часу, які на даний час використовуються працівниками. Побудова моделі експлуатації вагону метрополітену сприяє оптимізації робочих процесів, підвищенню безпеки та надійності системи, а також покращенню якості обслуговування пасажирів.

4. Наукова новизна та практична значимість

Було проведено структурування процесу експлуатації вагону метрополітену на основі спеціального програмного продукту. На основі отриманої моделі можна дослідити властивості та дії над вагоном метрополітену у процесі його експлуатації, встановити чіткість та прозорість серед процесів самої системи експлуатації, прогнозувати перспективи розвитку технічної експлуатації за рахунок удосконалення технологічних процесів технічного обслуговування на основі інформаційних технологій, підвищення якості їх проведення на підприємствах метрополітенів. Дані дослідження також можуть бути корисними при вивченні спеціальних навчальних дисципліни, організації науково-практичних семінарів, підвищення кваліфікації тощо.

5. Висновки

Програмне забезпечення Business Studio дозволяє підвищення якості проведення технічного обслуговування і (або) ремонту вагону метрополітену за допомогою удосконалення технологічних процесів з використанням інформаційних технологій

Список використаної літератури

1. Хворост, М. В. Удосконалення системи управління технічним станом рухомого складу метрополітену [Текст] / М.В. Хворост, В. Х. Далека, Р. В. Воронов // Комунальне господарство міст: Наук.-техн. зб. серія: технічні науки і архітектура. – Вип. 139. Х. : Хнумг ім. О.М. Бекетова, 2017. – С. 22 – 25.
2. Далека В. Х. Інформаційні технології на транспорті : [Навч. посібник] / В. Х. Далека, К. О. Сорока, В. Б. Будніченко. – Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 364 с.
3. Далека В. Х. Наукові основи ресурсозбереження при експлуатації міського електричного транспорту. Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.13.22- НТУ.-К., 2005.-36 с.
4. Далека В. Х. Технічна експлуатація міського електричного транспорту : [Навч. посібник] / В. Х. Далека, В. Б. Будніченко,

Е.І. Карпушин, В. І. Коваленко. – Харк. нац. акад. міськ. г-ва.– Х.: ХНАМГ, 2014. – 285 с.

5. Barry D. Discovering the Business Studio [Text] // D. Barry, S. Meisiek // Journal of Management Education. – Volume 39, Issue 1, 2018. – P. 25 – 39.
6. Meisiek S. Design Thinking in the Business Studio [Text] // S. Meisiek, L. Wad, E. Zubrickaite // Journal of Management Education. – Volume 19, 2020. – P. 183 – 202.
7. Міжнародний стандарт IEC 60300-3-11:2009 «Dependability in technics. Reliability centred maintenance» [Текст]: МЭК 60300-3-11:2009 «Управління надійністю. Технічне обслуговування орієнтоване на безвідмовність».

References

1. Khvorost, M.V., Daleka, V.H. Voronov R.V. (2017), "Improvement of the system of managing the technical condition of the subway rolling stock", Communal management of cities: Science and technology. coll. series: technical sciences and architecture, № 139, Kharkiv, p.p. 22 – 25.
2. Daleka, V. H., Soroka, K. O., Budnichenko, V. B. (2012), "Information technologies in transport", Education manual, Kharkiv, p. 364.
3. Daleka, V. H. Scientific basis of resource conservation during operation of urban electric transport (2005), Autoref. thesis Dr. Tech. Sciences, Kharkiv, p. 36.
4. Daleka, V. H., Budnichenko, V. B., Karpushyn, E. I., Kovalenko, V. I. (2014), "Technical operation of urban electric transport" Education manual, Kharkiv, p. 285 p.
5. Barry, D., Meisiek, S. (2018), "Discovering the Business Studio", Journal of Management Education, Volume 39, Issue 1, p. p. 25 – 39.
6. Meisiek, S., Wad, L., Zubrickaite, E. (2020), "Design Thinking in the Business Studio", Journal of Management Education, Volume 19, p. p. 183 – 202.
7. International standard IEC 60300-3-11:2009 "Dependability in techniques. Reliability centered maintenance": МЭК 60300-3-11:2009 "Reliability management. Maintenance is focused on reliability."

IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION OF MAINTENANCE AND REPAIR OF SUBWAY CARRIAGE BASED ON MODELING OF TECHNOLOGICAL PROCESSES

V. H. Daleka, M. V. Khvorost, R. V. Voronov

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

Abstract. Today, under these conditions, the issue of improving the technological processes of subway carriage maintenance and repair to extend the service life of the rolling stock is acute, because due to the economic inability of subway enterprises to update or modernize the existing rolling stock. The algorithm of actions of CASE tools that allow to systematize and automate the stages of developing a model of the technological process of subway carriage maintenance is considered. The article presents the process of subway carriage operation in the form of a complex model, which models the operations performed during maintenance of the volumes of maintenance. Based on the model obtained, it is possible to study the properties and actions on the subway carriage during its operation, to establish clarity and transparency among the processes of the operation system itself, to predict further prospects for the development of technical operation by improving the technological processes of maintenance, improving the quality of their implementation at subway enterprises.

Keywords: subway, technological process, maintenance and repair, operation of a subway carriage, model, software.

Отримано 14.09.2023



Далека Василь Хомич, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, доктор технічних наук, професор, професор кафедри електричного транспорту.

Вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна,

E-mail: dalekavf@ukr.net, тел. 066 251 88 77

Vasyl Daleka, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Dr. of Science, Professor, Professor of the Department of Electric transport, Marshala Bazhanova str., 1, Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3074-5500>



Хворост Микола Васильович, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електричного транспорту.

Вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна,

E-mail: Mykola.Khvorost@kname.edu.ua, тел. 067 570 30 53

Mykola Khvorost, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Dr. of Science, Professor, Head of the Department of Electric transport,

Marshala Bazhanova str., 1, Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-2606-8228



Воронів Роман Володимирович, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри електричного транспорту.

Вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, Україна,

E-mail: Roman.Voronov@kname.edu.ua, тел. 095 938 31 95

Roman Voronov, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Electric transport, Marshala Bazhanova str., 1, Kharkiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-4363-4022