

УДК 629.4.027

МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВАГОННОГО ДЕПО В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Канд. техн. наук І. Д. Борзилов, магістрант А. Є. Антоненць

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННОГО ДЕПО В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Канд. техн. наук И. Д. Борзилов, магистрант А. Е. Антоненц

MODELS AND OPTIMIZATION ALGORITHMS OF THE WAGON DEPOT MANAGEMENT IN MODERN CONDITIONS

Cand. of techn. sciences I. D. Borzilov, A. E. Antonets

Запропоновані моделі та алгоритми оптимізації управління в сучасних умовах господарювання вантажного вагонного депо з використанням інформаційних технологій. Наведені приклади реалізації запропонованих моделей управління технічним обслуговуванням вагонів на пункті технічного обслуговування сортувальної станції та станціях, де є підрозділи з технічного обслуговування вантажних вагонів, підпорядкованих експлуатаційному депо. Як перспектива та подальший розвиток оптимізації системи управління подана структурна схема моніторинг-технології цієї системи.

Ключові слова: алгоритми, вагонне депо, ефективність, інформація, моделі, технологія, обслуговування, управління.

Предложены модели и алгоритмы оптимизации управления в современных условиях хозяйствования грузового вагонного депо с использованием информационных технологий. Приведены примеры реализации предложенных моделей управления техническим обслуживанием вагонов на пункте технического обслуживания вагонов сортировочной станции и станциях, где есть подразделения по техническому обслуживанию грузовых вагонов, подчиненных эксплуатационному депо. Как перспектива и дальнейшее развитие оптимизации системы управления представлена структурная схема мониторинг-технологии этой системы.

Ключевые слова: алгоритмы, вагонное депо, эффективность, информация, модели, технология, обслуживание, управление.

Models and optimization algorithms of managing the cargo carriage depot using information technology are offered in the article. Examples of implementation of the proposed maintenance management models of cars at the point of maintenance yard wagons and stations where offered. As perspective optimization and further development of the control system, is a block diagram of the monitoring system technology.

Keywords: algorithms, car depot, efficiency, information, models, technology, maintenance, management.

Вступ. В процесі реформування ПАТ «Укрзалізниця» гострою проблемою стає удосконалення ремонтної та експлуата-

ційної бази вагонних депо. Розподіл депо за типом робіт, які в них проводяться, ставить за мету підвищення ефективності роботи

департаменту вагонного господарства та залізничного транспорту в цілому. Найважливішим напрямком підвищення ефективності роботи вагонних депо була і залишається система їх управління. Існуюча система управління вагонних депо, стан виробничо-технічної бази і технологічний рівень структурних підрозділів підприємств за багатьма параметрами не відповідають зростаючим потребам галузі та європейським стандартам якості, перешкоджають підвищенню ефективності роботи.

Значного підвищення ефективності роботи вагонного депо можна досягти шляхом наукового підходу та впровадження інформаційних моделей та алгоритмів управління виробничою діяльністю підприємств.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останній період часу виконано достатньо досліджень, присвячених підвищенню ефективності роботи вагонного депо [1-2]. В той же час досліджень, що спрямовані на розробку моделей та алгоритмів управління вагонних депо шляхом впровадження інформаційних технологій, надто мало. В останніх дослідженнях і публікаціях щодо підвищення ефективності роботи вагонних депо [3-4] також не в повній мірі ураховуються аспекти наукового обґрунтування доцільності і переваги використання інформаційних технологій в процесі управління підприємствами. Для вирішення поставленої проблеми доцільно використання й закордонного досвіду щодо підвищення ефективності управління в суміжних підприємствах залізничного транспорту [5-7].

Постановка завдання. Основним завданням даної статті є розробка моделей та алгоритмів оптимізації управління вантажного вагонного депо з використанням інформаційних технологій щодо підвищення ефективності роботи вагонного депо у всіх сферах його

виробничої діяльності, в тому числі й у системі управління.

Виклад основного матеріалу дослідження. В процесі створення моделей та алгоритмів оптимізації управління вантажного вагонного депо необхідно урахування взаємозв'язків, що існують між процесами виконання (рішень) і управління. Зміст цих взаємозв'язків визначається виробничими відносинами. В умовах виробничих відносин є не тільки повний збіг інтересів керівників і виконавців. Наявність на підприємствах інформаційної системи є формою прояву зазначених взаємозв'язків. Постійне вдосконалювання інформаційної системи є одним з найважливіших завдань процесу управління. Керівництво вагонного депо повинне в цьому обов'язку враховувати такі аспекти проблеми створення, використання й удосконалювання інформаційної системи: однозначність понять і уявлень; ясність відносно виду інформації (відомості, неврахування яких не спричиняє вживання дисциплінарних заходів, рекомендації, вказівки, директиви); якісна передача інформації шляхом використання технічних засобів (телефон, радіо, письмові або усні вказівки); виявлення найбільш істотного; виконання розпоряджень; забезпечення вірогідності.

Модель інформаційного ланцюга системи управління вагонним депо являє собою багатоконтурну ієрархічну структуру.

У найпростішому випадку інформаційний ланцюг складається з одного джерела інформації (рис. 1), одного споживача інформації (або інформаційного навантаження) і з'єднаних з ним провідників інформації (інформаційних каналів).

Стан управління вагонного депо в будь-який момент часу характеризується деякою невизначеністю (або, по-іншому кажучи, ентропією).



Рис. 1. Найпростіший інформаційний ланцюг

Як міра даної субстанції (ентропії) виступає кількість інформації, яку необхідно оцінити, щоб визначити згадану вище невизначеність.

$$H_0 = -\lg P_0. \quad (1)$$

Тут P_0 – імовірність знаходження вагонного депо у вихідному стані, тобто до керуючого впливу, що виходить від джерела інформації (рис. 1). Величина H_0 , що визначається за виразом (1), називається інформаційним потенціалом вихідного стану розглянутої системи, у цьому випадку вагонного депо.

Метою будь-якого управління є зміна в той або інший бік згаданої вище ймовірності P_0 до деякого нового значення P_y , якому відповідає нове значення потенціалу

$$H_y = -\log_2 P_y, \quad (2)$$

де P_y – імовірність події, яка полягає в тому, що внаслідок керуючого впливу вагонне депо перейшло в новий, потрібний стан для особи, яка приймає рішення.

Ефективність управління, яке здійснюється джерелом інформації (рис. 1), зручно оцінювати за допомогою так званої інформаційної напруги

$$\Delta H = H_0 - H_y = \log_2 \frac{P_y}{P_0}. \quad (3)$$

Так, наприклад, оператор пункту технічного обслуговування (ПТО) вагонів на станції, що управляє технічним обслуговуванням вагонів, є джерелом керуючої інформації. Його напруга дорівнює логарифму відношення ймовірностей безаварійного проходження поїзда по гарантійній дільниці при наявності P_y й відсутності керуючих впливів P_0 .

Аналогічно, керівництво вагонним депо є джерелом керуючої інформації для підприємства, маючи інформаційну напругу, що визначається ймовірностями виконання підприємством плану ремонту при наявності й відсутності всього керівництва депо.

Як видно з виразу (3), інформаційна напруга джерела ΔH може бути як позитивною, так і негативною. Якщо ж $P_y = P_0$, то значення в керуванні ніякого немає.

Якщо основу логарифма у виразі (3) прийняти як число 2, то як розмірність інформаційної напруги можна використати біти, за допомогою яких прийнято вимірювати також кількість інформації.

Видана джерелом інформація надходить до виконавчих органів, які є інформаційним навантаженням джерела, а потім повертається в джерело у формі інформації – зворотного зв'язку.

За певних умов (відсутність звичок і пам'яті) єдиною характеристикою виконавчого органу є його інформаційний опір τ_H , тобто час реакції на отриману

інформацію (час виконання). Час, необхідний для прийняття самого рішення, є внутрішнім інформаційним опором джерела керуючої інформації, тобто зворотним щодо його пропускної здатності.

У цьому випадку за аналогією з теорією електричних кіл має місце так званий інформаційний закон Ома

$$I = \frac{\Delta H}{r_n}, \quad (4)$$

де $r_n = r - r_{вн}$ – інформаційний опір навантаження;

r і $r_{вн}$ – інформаційні опори відповідно до всього ланцюга й джерела;

I – інформаційний струм ланцюга навантаження.

При однократному ухваленні рішення джерелом керуючого навантаження крізь систему (ланцюгом) проходить інформація, яка чисельно дорівнює напрузі джерела

$$J = I \cdot r_n = \Delta H. \quad (5)$$

При тривалій роботі системи управління протягом часу T по ланцюгу протікає інформація

$$J = \int_0^T I dt = \int_0^T \frac{\Delta H}{r_n} dt. \quad (6)$$

Наприклад, після прибуття поїзда на сортувальну станцію й відчеплення магістрального локомотива оператор ПТО вагонів умикає розташоване в парку прибуття табло "Огородити склад на такій-то колії сигнальними знаками", що горить протягом часу T . Бригаді оглядачів вагонів для виконання команди потрібен час r_n . Таким чином, можна вважати, що на ПТО вагонів діє 100-відсоткова технологічна дисципліна, тобто $P_y = 1$.

В чому ефективність даної організації огороження поїздів на ПТО вагонів? З

виразів (6) і (3) одержуємо формулу для підрахунку кількості ймовірності, яку треба знайти

$$J = -\frac{T}{r_n} \log_2 P_0, \quad (7)$$

де P_0 – імовірність того, що коли раптово вийшло з ладу табло, оглядачі мимовільно (з почуття самозбереження) поставлять сигнальне огороження складу.

Покладемо: $P_0 = 0,8$; $T=3$ хв; $r_n=2$ хв, тоді $J=9,5$ біт. Якщо ж на ПТО вагонів існують проблеми з технологічною дисципліною, тобто $P_y \neq 1$, то має місце вираз

$$J = -\frac{T}{r_n} \log_2 \frac{P_y}{P_0}. \quad (8)$$

Нехай імовірність порушення дисципліни дорівнює 0,1, тобто $P_y = 0,9$. Тоді при тих же вихідних даних $J=0,25$ біта. Звідси видно, на скільки понизилася ефективність управління.

Ефективність джерела керуючої інформації (суб'єкта управління) залежить від того, наскільки швидко він створює рішення (видає керуючу інформацію) при зміні стану навантаження (або стану виробництва – об'єкту управління). Запізнювання із створенням у джерелі керуючої інформації знецінює видану ним керуючу інформацію. Дане запізнювання виконує функції внутрішнього інформаційного опору джерела.

Як приклад розглянемо управління технічним обслуговуванням вагонів на ділянці, за що відповідає начальник експлуатаційного вагонного депо. Під його підпорядкуванням перебуває декілька ПТО вагонів різного типу, і на кожному ситуація із запасом матеріалів і запасних частин, робочою силою, технологічним обладнанням, потоком вагонів, що відмовили, і т.п. постійно змінюється.

У цих умовах досить часто джерело (тобто начальник депо) запізнюється із створенням відповідної керуючої інформації (рішень). Коефіцієнт корисної дії (ККД) цих запізнених рішень буде низьким. Інакше кажучи, інформаційна напруга такого джерела керуючої інформації упаде практично до нуля і взагалі буде марною. І це навіть у тому випадку, якщо зазначене рішення є правильним і ефективним, однак без урахування запізнення воно буде холостим. У цьому випадку джерело інформації мало б досить високу напругу.

Цю напругу джерела, яку воно має на холостому ходу, без інформаційного навантаження (тобто без обліку внутрішнього опору), прийнято називати інформаційно-рухомою логікою (ІРЛ) джерела.

При наявності інформаційного навантаження інформаційний струм I створює падіння напруги на внутрішньому опорі $r_{вн}$, що знижує ІРЛ до робочої напруги на величину $I \cdot r_{вн}$. Тому має місце співвідношення

$$\Delta H = h - I \cdot r_{вн}, \quad (9)$$

де h – ІРЛ джерела, яке дорівнює

$$\Delta H_{ІРЛ} = \log_2 \frac{P_h}{P_0}; \quad \Delta H = \log_2 \frac{P_y}{P_0}.$$

Останній вираз можна записати як

$$P_y = P_h \exp(-I \cdot r_{вн} \ln 2). \quad (10)$$

Звідси видно, що для великих інформаційних струмів джерела керуючої інформації з помітним внутрішнім опором (запізнюванням) $r_{вн}$ можуть забезпечити лише порівняно низьку ймовірність P_y бажаної події.

Аналіз останніх двох виразів дозволяє ефективніше організувати роботу з підбору й розміщення кадрів у системі управління вагонним депо. Стосовно до працівників ІРЛ характеризує його потенційні творчі можливості при практично необмеженому

часі, який відведено для прийняття рішень. Внутрішній інформаційний опір працівника характеризує швидкість розуміння, що не залежить від потенційних можливостей індивіда. Інформаційна ж напруга відповідно до виразу (9) обумовлена сукупним впливом факторів. Зазначені два співвідношення з математичною точністю підтверджують давно відомий факт, який полягає в тому, що нерідко досить обдаровані, але з уповільненою реакцією люди виявляються безпомічними при оперативному управлінні, які швидко змінюються відповідно стану об'єкту, забезпечуючи відповідно до виразу (10) лише невелику ймовірність досягнення мети управління. У той же час для багатьох не є секретом, що швидкість міркування й талант людини не є взаємно зумовлюючими властивостями особистості. Це підтверджується останніми двома формулами. При реалізації такої функції управління, як планування, приділяється достатній час. Використовуючи терміни запропонованої моделі, у цьому випадку інформаційні струми малі, а втрати напруги $I \cdot r_{вн}$ навіть при значних $r_{вн}$ є несуттєвими.

Тоді відповідно до виразу (9) необхідно визначити

$$\Delta H = h \text{ й } P_y = P_h. \quad (11)$$

Ці висновки варто брати до уваги при вирішенні кадрових питань, розподіляючи керівників за ступенями управління вагонного депо.

Будь-які джерела інформації (наприклад, працівники) мають кінцевий інформаційний опір $r_{вн}$. Для розробки додаткових рекомендацій, спрямованих на підвищення ефективності управління вагонного депо, наприклад, за рахунок зменшення опору $r_{вн}$, існують досить корисні інформаційні ланцюги з різними комбінаціями джерел і навантажень. Так, застосовують відповідно послідовне або паралельне з'єднання джерел керуючої інформації.

В процесі реформування залізничної галузі відбуватиметься переоцінка форм організації виробництва й реорганізація управління. Керівництвом ПАТ «Укрзалізниця» розроблена програма реформування вагонного господарства. Успішна її реалізація залежить від параметрів процесу засвоєння й осмислення положень цього документа. Ці параметри уявляється можливим проаналізувати за допомогою інформаційних ланцюгів, що володіють опором, пам'яттю й ригідністю.

Засвоєння й осмислення основних положень програми реформування вагонного господарства відбувається в процесі їх використання практично. Для цього використовуємо інформаційний ланцюг, поданий на рис. 2.

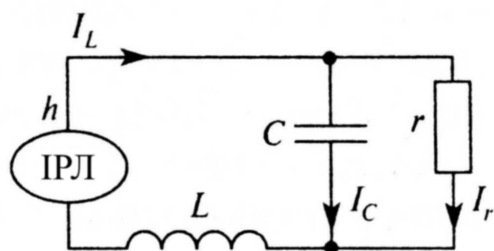


Рис. 2. Ригідний ланцюг з паралельною пам'яттю

У цьому випадку розглядається робота джерела керуючої інформації (керівництво ПАТ «Укрзалізниця») на ригідне навантаження (виконавці) з паралельною пам'яттю. Останнє використовується в ланцюгу для того, щоб моделювати процес згладжування нерівномірного надходження інформації від джерела й працює паралельно з виконавчими органами (працівниками вагонного господарства).

Рівняння, що характеризують даний інформаційний ланцюг, мають вигляд

$$I_L = I_C + I_r, \quad (12)$$

$$h = L \frac{dI_L}{dt} + I_r \cdot r, \quad (13)$$

$$I_r \cdot r = \frac{1}{C} \int I_C dt. \quad (14)$$

Прийmemo позначення $T = \sqrt{C \cdot L}$, $\delta = \frac{1}{2C} \sqrt{\frac{L}{C}}$. Тоді рішення вищенаведених рівнянь можна подати у такій формі:

якщо $\delta > 1$

$$I_r = \frac{h}{r} \left[1 - \frac{\delta + \sqrt{\delta^2 - 1}}{2\sqrt{\delta^2 - 1}} \cdot \exp\left(\frac{(-\delta - \sqrt{\delta^2 - 1}) \cdot t}{T}\right) \right] + \frac{h}{r} \left[\frac{\delta - \sqrt{\delta^2 - 1}}{2\sqrt{\delta^2 - 1}} \cdot \exp\left(\frac{(-\delta + \sqrt{\delta^2 - 1}) \cdot t}{T}\right) \right], \quad (15)$$

якщо $\delta < 1$,

$$I_r = \frac{h}{r} \left[1 + \frac{\delta}{\sqrt{\delta^2 - 1}} \cdot \sin\left(\frac{t\sqrt{1 - \delta^2}}{T}\right) - \cos\left(\frac{t\sqrt{1 - \delta^2}}{T}\right) \exp\left(\frac{\delta \cdot t}{T}\right) \right], \quad (16)$$

якщо $\delta = 1$,

$$I_r = \frac{h}{r} \left[1 + \left(\frac{t}{T} - 1 \right) \exp \left(-\frac{t}{T} \right) \right]. \quad (17)$$

Із цих рішень витікає, що при малих навантаженнях, хорошій кваліфікації й пам'яті, а також великій ригідності (великий консерватизм), що відповідає умові $L > 4r^2C$, система управління реформуванням вагонного господарства досягає своєї планової продуктивності праці $I_r = I_L = (h/r)$ відповідно до виразу (15) у результаті планового й поступового нарощування темпів праці в міру освоєння нових правил організації роботи. Для відносно великих навантажень і пам'яті, але при обмеженій ригідності ($L < 4r^2C$) з формули (16) виходить, що систему якийсь час буде «морозити», перш ніж вона досягне планової продуктивності праці. При $\delta = 1$ має місце найшвидше протікання процесу реформування вагонного господарства.

Висновки з дослідження і перспективи, подальший розвиток у даному напрямку. Практична реалізація запропонованих моделей та алгоритми оптимізації управління вагонних депо з використанням інформаційних технологій в процесі технічного утримання вагонів (технічне обслуговування та планові ремонти) повинні передбачати перехід до інформаційно-керуючої системи (ІКС).

Система повинна включати: автоматизовану систему управління (АСУ); автоматизовані робочі місця (АРМ); реєстратори інформації виконавців і пов'язані з ними пристрої; комплекс засобів

технічного діагностування; засоби механізації й автоматизації робіт.

Одним з результатів впровадження ІКС повинен бути перехід до безпаперової технології, тобто передача й одержання з ЕОМ (через АРМ й іншу техніку) всієї інформації.

Досвід впровадження таких систем в різних галузях промисловості країни свідчить про необхідність впровадження розвиненої системи інформаційного забезпечення. Основу її складають технології інтегрованої логістичної підтримки (ІЛП). Дана система функціонує в інтегрованому інформаційному середовищі, що об'єднує інформаційні ресурси всіх учасників перевізного процесу. Власна система передачі даних Укрзалізниці, наявність різноманітних пристроїв отримання первинної інформації про технічний стан окремих одиниць залізничної техніки є основою для впровадження зазначених технологій.

Для реалізації технологій ІЛП мають бути розроблені комплекси заходів, у тому числі – застосування систем комплексного моніторингу (КМ) технічного стану вагонів. Однією із основних проблем впровадження КМ є організаційний бік, що заключається в обґрунтуванні структури і алгоритму функціонування системи. Алгоритм впровадження КМ наведений на рис. 3.

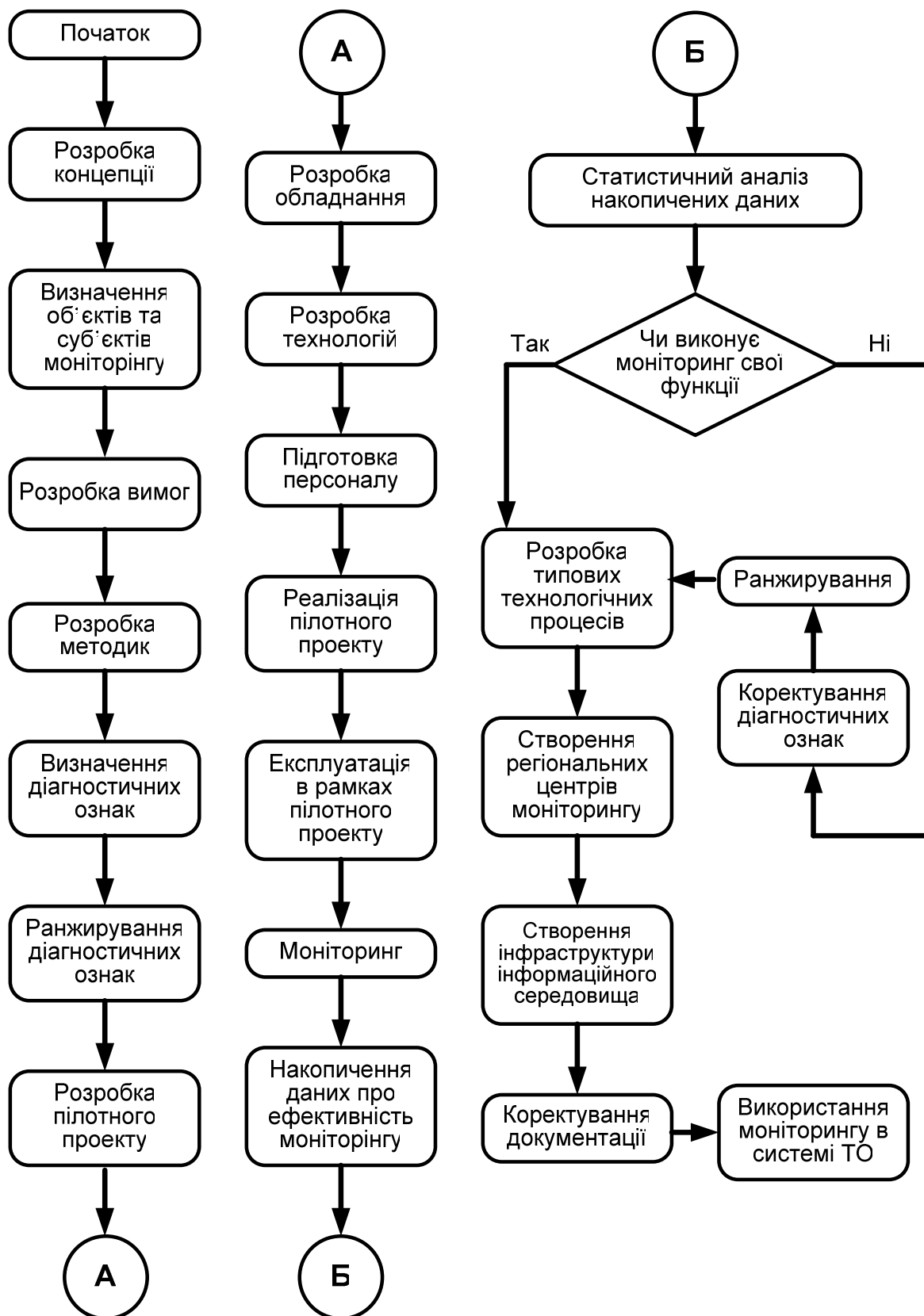


Рис. 3. Алгоритм впровадження комплексного моніторингу

Список використаних джерел

1. Борзилов, І. Д. Наукові підходи до корегування існуючої системи технічного утримання вагонів за умов їх старіння [Текст] / І. Д. Борзилов // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 123. – С. 39-45.
2. Борзилов, І. Д. Моделювання інноваційного технологічного процесу ремонту вантажних вагонів та їх складових частин [Текст] / І. Д. Борзилов, С. А. Грабелко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 128. – С. 201-205 .
3. Борзилов, І. Д. Підвищення ефективності роботи вагонного депо шляхом впровадження інноваційних технологій [Текст] / І. Д. Борзилов, О. О. Рожков, О. С. Моїсенко // Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – Вип. 158. – Т. 2. – С. 35-41.
4. Вагонное хозяйство [Текст]: учеб. для вузов ж.-д. транспорта / под ред. П.А. Устича. – М.: Маршрут, 2003. – 560 с.
5. Maurizio Bielli, Alessandro Bielli, Riccardo Rossi / Trend in Modelsard Algorithms for Flect // Managemet Review Article / Procedia-Social and Behavioral Sciences, Volum 20, 2011, Pages 4-18.
6. Athanasios Ballis, Loukas Dimitriou. Issues on railway wagon asset management using advanced information systems / Transportation Research Part C: Emerging Technologion, Volum 18, Issue 5, October 2010, Pages 807-820.
7. Giovanni Luca, Giacco, Donato Carillo, Andrea DAriano, Dario Pacciarelli? Andel G. Marin / Short-term Rail Rolling Stock Rostering and Maitenance Scheduling / Transportation Research Procedia, Volum 3, Pages 651-659.

Рецензент д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Борзилов Іван Дмитрович, канд. техн. наук, доцент кафедри вагонів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: +38 (057) 730-10-35.

Антонець Андрій Свстафійович, слухач НН ІППК УкрДУЗТ. Тел.: 066-771-01-81.

Borzilov I.D., candidate. sc. associate professor, department cars Ukrainian State University of Railway Transport.

Тел.: +38 (057) 730-10-35.

Antonets A.E. listener NN IPPK UkrDYZT. Тел.: 066-771-01-81.

Стаття прийнята 21.06.2016 р.