

УДК 629.44: + 656.223:629.42

Борзилов І.Д., к.т.н., професор (УкрДАЗТ)

НАУКОВІ ОСНОВИ РЕСТРУКТУРИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ БАЗИ ТЕХНІЧНОГО УТРИМАННЯ ВАГОНІВ

Постановка проблеми. На даний час виробничо-технічна база технічного утримання вагонів в основному виконує покладені на неї функції. Проте, вона орієнтована тільки на підтримання ресурсу вагонного парку. В той же час сучасні умови потребують використання новітніх технологій по відновленню та збільшенню терміну служби вагонів. Розташування вагонних депо, що склалося історично не враховує існуючі технічні, організаційні та економічні проблеми. Так технічний рівень цих підприємств за багатьма параметрами не відповідає зростаючим потребам залізничної галузі та європейським стандартам якості. Має місце низький рівень матеріально-технічного спорядження вагонних депо й висока вартість матеріалів і запасних частин. В результаті розміри коштів, що витрачаються на утримання зношеного вагонного парку в розрахунку на період життєвого циклу вагонів, вже складають більше 66 % вартості нового, при нормативі 50%. Одним із напрямків рішення цих проблем є удосконалення системи технічного утримання вагонів, яка здатна забезпечити підвищення ефективності їх використання на підставі реструктуризації виробничо-технічної бази технічного утримання вагонів та використання прогресивних технологічних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання на загальнонауковому рівні з огляду теоретичних і практичних аспектів вирішення вказаних вище проблем, розглядалися в роботі [1]. Заслужують особливої уваги організаційні проблеми функціонування вагоноремонтних підприємств, які сформульовані в роботах [2,3] та стратегія удосконалення технології технічного утримання вагонів [4]. Разом з тим, на цей час, не в повній мірі розкриті питання, які пов'язані з науковими основами реструктуризації виробничо-технічної бази технічного утримання вагонів відповідно сучасним вимогам.

Формування мети. Метою вирішення поставленої проблеми є удосконалення системи технічного утримання вагонів для підвищення ефективності їх використання. На цій підставі необхідно вирішення

завдання щодо обґрунтування кількості, спеціалізації та розміщення на полігоні залізниць підприємств з технічного утримання вагонів, на яких будуть впроваджуватися: сучасні інформаційні технології; автоматизовані системи діагностики вагонів з прогнозуванням та раннім виявленням несправностей і видачею рекомендацій по їх ремонту і системи моніторингу технічного стану вагонів. Рішення цього завдання направлено на досягнення основної мети функціонування залізничного транспорту - задовольняти потреби в перевезеннях, підвищувати їх якість та зменшувати вартість транспортної складової в ціні продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження. Однією з основних проблем удосконалення системи технічного утримання вагонів для підвищення ефективності є розміщення підприємств, яка зазвичай містить у собі визначення їхнього числа, місця розташування й потужності. У такій постановці завдання розміщення підприємств із дискретним простором рішень формулюється як завдання змішаного цілочисельного програмування. Для постановки завдання змішаного програмування введені наступні позначення: m – число споживачів; n – число можливих розміщень підприємств; y_{ij} – частка потреб i -го споживача, що задовольняється підприємством, розташованого в j -м місці, причому $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$; c_{ij} – вартість повного задоволення потреб i -го споживача підприємством, розташованого в j -м місці; d_i - кількість продукції, що повинна поставлятися i -му споживачеві; g_i - функція витрат для передбачуваного об'єкта, розташованого в j -м місці; Q - продуктивність об'єкта, розташованого в j -м місці.

У загальному випадку величина y_{ij} визначається як частина потреби i -го споживача, що задовольняється підприємством, розташованого в j -м місці, при цьому, як правило, на виробничу потужність підприємства накладаються обмеження. З урахуванням цих факторів завдання розміщення підприємства з обмеженням продуктивності формулюється в такий спосіб

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} y_{ij} + \sum_{j=1}^n g_j \left(\sum_{i=1}^m y_{ij} \right), \quad (1)$$

при обмеженнях

$$\sum_{i=1}^m y_{ij} - Q_j x_j < 0, \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = d_i, \quad y_{ij} \geq 0, \quad x_j = (0,1). \quad (3)$$

Перевищення потужності деповської ремонтної бази на полігонах залізниць над потребою наявного парку вагонів призводить до того, що відремонтовані вагони не встигають рівномірно перерозподілятися по мережі залізниць. Це викликає збільшення кількості вагонів, що потребують ремонту, на полігонах, де виробничо-технічна база розвинута недостатньо і є однією з причин, що призводить до суттєвої різниці в технічному стані вагонів по полігонах залізниць України (рисунок 1).

Розмір полігона, на якому повинна бути забезпечена виробничо-технічна база щодо технічного утримання вагонів, визначається за умови невиходу вагонів за його межі з імовірністю не менше 0,95 протягом періоду накопичення вагоном несправностей, що потребують ремонту в обсязі технічного обслуговування з відчепленням від составу.

При розміщенні виробничо-технічної бази необхідно урахувати і те, що спеціалізація підприємства знижує питомі витрати на ремонт, але збільшує питомі витрати на забезпечення вагонного депо об'єктами ремонту.

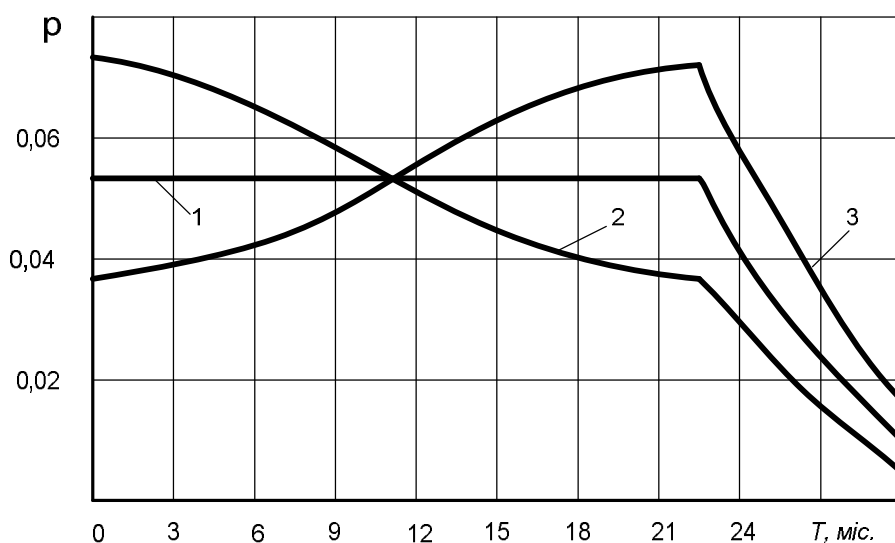


Рисунок 1 - Розподіл ймовірності наявності вагонів робочого парку після деповського ремонту на полігонах: з пропорційною (1), збільшеною (2) та недостатньою (3) потужністю виробничо-технічної бази

Визначення питомих приведених витрат проводиться за формулою

$$E_{прив} = C(N) + K_{num} E_n + B(N) + T(N), \quad (4)$$

де $C(N)$ – витрати на деповський ремонт вантажного вагона в залежності від програми N ;

K_{num} – питомі капітальні вкладення на реструктуризацію виробничо-технічної бази;

E_i – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

N – програма ремонту вагонів;

$B(N)$ – питомі витрати по утриманню запасу вагонів в очікуванні ремонту;

$T(N)$ – питомі транспортні витрати по підсилянню та подаванні об'єктів ремонту в депо.

За даною залежністю проведено математичне моделювання та визначено ряд прогнозних значень питомих приведених витрат як для вантажних, так і пасажирських вагонів. Вирішення питання раціонального розміщення виробничо-технічної бази на залізницях повинно проводитися з повним урахуванням впливу розміщення деповської бази на величину трудових, матеріальних та вартісних витрат в сфері технічного утримання вагонів. Графічна інтерпретація результатів моделювання наведена на рисунку 2.

В якості критерію для вибору раціонального варіанта розміщення підприємств запропоновано використовувати мінімум суми витрат на проведення всіх операцій з технічного утримання вагонів та витрат на транспортування до підприємств їх виконання.

Тоді цільова функція для вирішення такої оптимізаційної задачі має вигляд

$$E = \sum_{i=1}^r \sum_{a=1}^{m_i} \Pi_{ia}^B + \sum_{i=1}^r \sum_{a=1}^{m_i} \sum_{j=1}^n T_{iaj} \cdot x_{iaj} \rightarrow \min, \quad (5)$$

де a – номер депо ($a = 1, 2, \dots, m$);

j – номер станції, на якій проводиться відбирання об'єктів ремонту ($j = 1, 2, \dots, n$);

i – тип вагонів, що ремонтуються в депо ($i = 1, 2, \dots, r$);

m_i – кількість депо, що спеціалізуються на ремонті i -го типу вагонів;

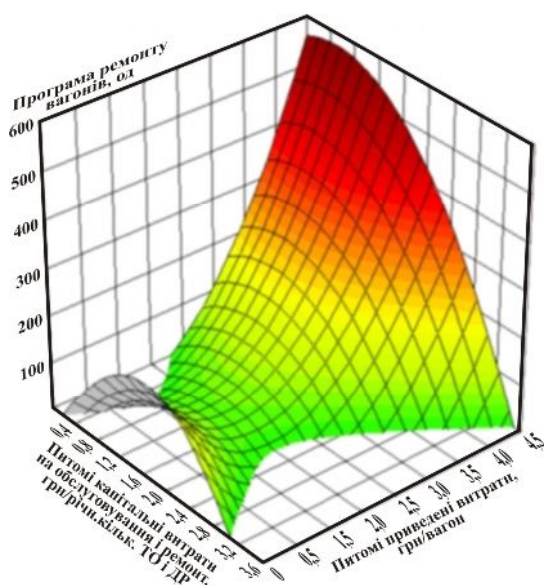
n – кількість станцій, на яких відбувається відбирання об'єктів ремонту;

v - варіант виробничої структури депо (ремонтне, експлуатаційне);

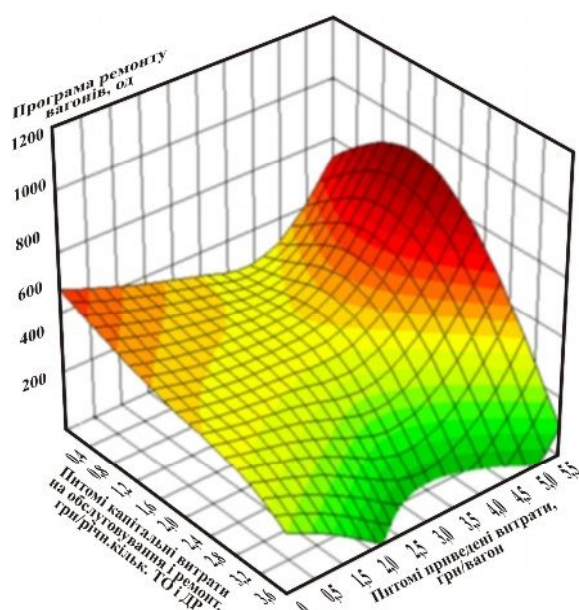
Π_{ia}^B - виробничі витрати в a -му депо при B -му варіанті виробничої структури та спеціалізації щодо ремонту i -го типу вагонів;

T_{iaj} – транспортні витрати щодо подавання в a -те депо одного вагона i -го типу з j -ої станції;

x_{iaj} – кількість вагонів i -го типу, що направлені у a -те депо з j -ої станції.



а)



б)

Рисунок 2 - Графічна інтерпретація математичного моделювання залежностей питомих приведених витрат від програми ремонту та приведених капітальних вкладень для пасажирських (а) та вантажних (б) вагонів

Одним з перспективних напрямків в рамках удосконалення системи технічного утримання вагонів для підвищення ефективності їх використання є застосування автоматизованої системи діагностики вагонів з прогнозуванням та раннім виявленням несправностей і видачею рекомендацій по їх ремонту та системи моніторингу технічного стану

вагонів.. Тому необхідно в масштабі залізниць організувати пункти поглибленої діагностики (ППД) вагонів. Для реалізації цього завдання створені моделі їх розміщення, що задовольняють вимогам мінімізації трудових, матеріальних та вартісних витрат в процесі технічного утримання вагонів.

В кінцевому уявленні для вантажних вагонів завдання полягає в такому виборі зон K_1, K_2, \dots, K_n , а виходить, і в такому розміщенні ППД із номерами H_1, H_2, \dots, H_n , при якому буде найменшим показник

$$N(K_1, K_2, \dots, K_n) = \lambda \int \int_{K_j \in x} Q(x_1, x_2) \cdot f(x_1, x_2) dx_1 dx_2. \quad (6)$$

тобто критеріальна умова оптимального розміщення ППД на полігоні експлуатації вантажних вагонів приймає вид

$$N(K_1, K_2, \dots, K_n) \rightarrow \min. \quad (7)$$

Декілька інша схема створення моделі розміщення ППД для пасажирських вагонів.

Рішення завдання - забезпечувати мінімальні сукупні витрати (В) на технічне утримання вагонів різних типів у всіх депо. Отже, критеріальна умова для оцінки ефективності в даній постановці оптимізаційного завдання приймає вид

$$B = \sum_{i \in I} \sum_{j \in Y} B_{ij}^{(1)} (d_{ij} - x_{igj}) + \sum_{i \in I} \sum_{G \in Y_2} \sum_{j \in Y} B_{ij}^{(2)} (x_{igj} + y_{ij}) + \sum_{i \in I_2} \sum_{g \in Y_2} \sum_{j \in Y} B_{igj}^{(3)} x_{igj} \rightarrow \min \quad (8)$$

де $B_{ij}^{(1)}$ - витрати на операції з технічного утримання для одного вагона i -го типу у своєму депо;

$B_{ij}^{(2)}$ - витрати на операції з технічного утримання для одного вагона i -го типу в депо із ППД;

$B_{igj}^{(3)}$ - витрати, пов'язані з доставкою i -го типу вагона ($i \in I_2$) з j -го депо в g -ої депо із ППД і назад;

Така цільова функція мінімізується при наступних умовах

$$\sum_{i \in I} a_{ij} \leq b_j . \quad (9)$$

Число вагонів у приписному парку експлуатаційного депо, крім $i=g$, не повинно перевищувати припустимого граничного

$$\sum_{i \in I} (x_{ij} + y_{ij}) \leq d_j . \quad (10)$$

Число пасажирських вагонів, щодо технічного утримання з елементами діагностики на ППД не повинно перевищувати максимально припустимого

$$\sum_{i \in I} (a_{ij} + y_{ij}) = A_i . \quad (11)$$

Вагони, що експлуатуються тільки на своїй залізниці й не передаються на інші, як і не приймаються з інших залізниць

$$Y = \{1, 2, \dots, n\} = Y_1 + Y_2 . \quad (12)$$

Рациональне розміщення виробничо-технічної бази по полігонам буде сприяти забезпеченню перевезень технічно справним рухомих складом.

Реструктуризація виробничо-технічної бази технічного утримання вагонів передбачає також впровадження сучасних інформаційних технологій та автоматизованих систем діагностики, що виконують прогнозування та раннє виявлення несправностей і видачу рекомендацій з технічного обслуговування або ремонту. При цьому важливо поєднання інформаційної технології і автоматизованих систем діагностики та моніторингу технічного стану вагонів, для створення єдиного інформаційного поля, що містить дані про технічний стан та якість технічного утримання вагонів.

Для рішення цієї проблеми розроблено функціональну схему передачі інформації між усіма суб'єктами, що приймають участь в системі технічного утримання вагонів, яка наведена на рисунку 3.

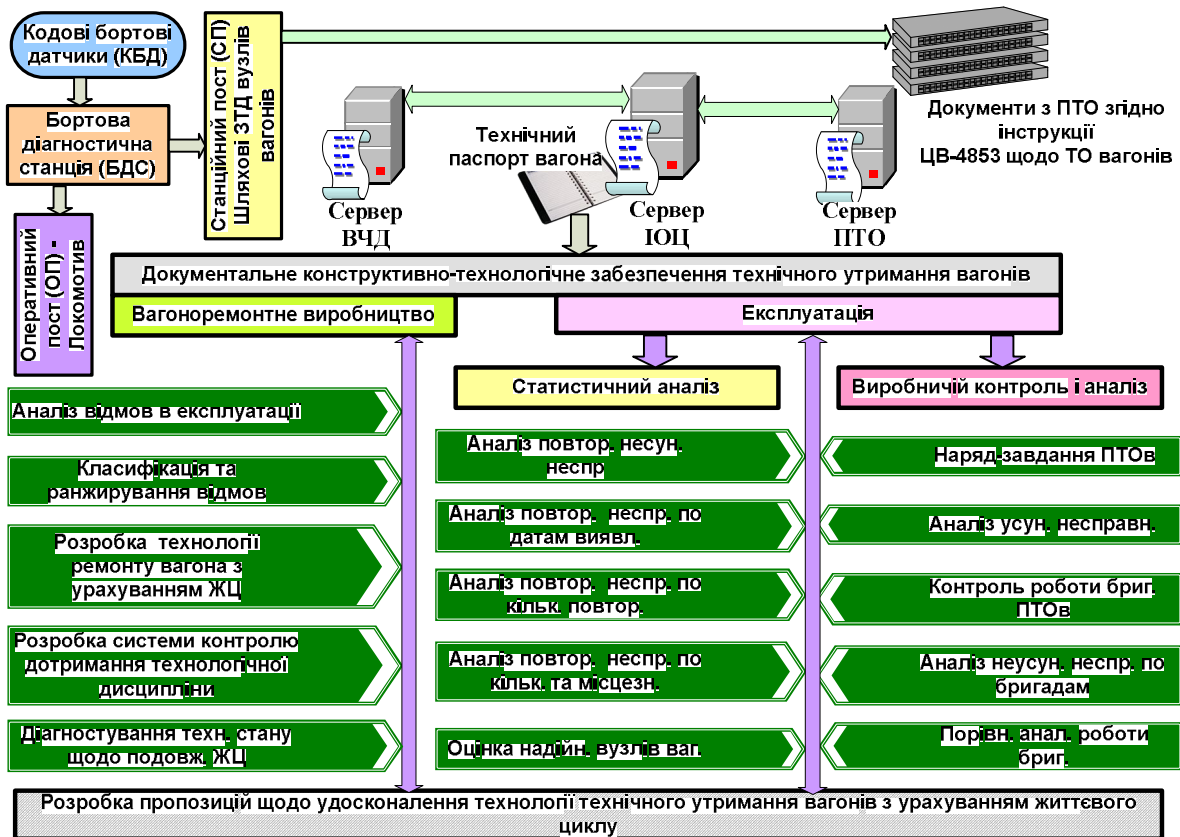


Рисунок 3 - Функціональна схема передачі інформації у єдиному інформаційному полі технічного утримання вагонів

Реалізація такої схеми дозволить в режимі реального часу бачити роботу вагона та діяльність виробничо-технічної бази у цілому за рахунок отримання більш точної оперативної, звітної та аналітичної інформації.

Узагальнена математична модель реструктуризації виробничо-технічної бази технічного утримання вагонів може бути побудована на основі моделі множинної регресії

$$y_i = b_j x_{ij} + \dots + b_k x_{ik} + e_i, \quad (13)$$

де x_i - незалежні не випадкові перемінні (регресори), значення яких задані для кожного $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, k}$;

b_j - невідомі постійні параметри (регресійні коефіцієнти); $j = \overline{1, k}$;

e_i - невідома випадкова помилка;

y_i - залежна випадкова перемінна (регресант).

Модель (13) є лінійною за параметрами у тому змісті, що для кожного i залежна змінна \mathbf{v} являє собою лінійну комбінацію невідомих параметрів \mathbf{b}_j . Разом з тим вона може бути нелінійною по вхідним перемінним об'єкта \mathbf{x}_j , наприклад, окремі регресори в (13) можуть мати вигляд

$$\mathbf{x}_j = \frac{1}{\mathbf{x}_v}; \quad \mathbf{x}_j = \mathbf{x}_v \cdot \mathbf{x}_\mu; \quad \mathbf{x}_j = \ln \mathbf{x}_v; \quad \mathbf{x}_j = \mathbf{x}_v^\mu; \quad \mathbf{x}_j = \sin \pi \cdot \mathbf{x}_v \quad \text{і т.д.}$$

На практиці математичний опис об'єкта на основі регресійної моделі найчастіше задається у виді полінома по вхідним змінним не вище третього порядку і має вигляд

$$y^0 = b_0 + \sum_j^k b_j x_j + \sum_{j,q}^k b_{jq} x_j x_q + \sum_{j,q,p}^k b_{jqp} x_j x_q x_p = \varphi(\mathbf{B}, \mathbf{X}). \quad (14)$$

З використанням цієї математичної моделі були виконані завдання зі створення інформаційної контрольованої системи технічного утримання вагонів за умов реструктуризації виробничо-технічної бази [5]. Відповідна загальна схема інформаційної контрольованої системи технічного утримання вагонів представлена на рисунку 4.

Висновок. Удосконалення системи технічного утримання вагонів для підвищення ефективності їх використання може відбуватися шляхом реструктуризації виробничо-технічної бази і впровадження сучасних інформаційних технологій та автоматизованих систем діагностики і моніторингу технічного стану вагонів. Наведені в статті матеріали дають змогу вирішення важливої науково-практичної проблеми щодо корегування розвитку виробничо-технічної бази технічного утримання вагонів, приближуючи її до раціонального варіанту. На цій підставі передбачається впровадження сучасних інформаційних технологій та автоматизованих систем діагностики, що виконують прогнозування та раннє виявлення несправностей і видачу рекомендацій з технічного обслуговування або ремонту. Реалізація запропонованих структурних схем, дозволить в режимі реального часу бачити роботу вагона та діяльність виробничо-технічної бази у цілому за рахунок отримання більш точної оперативної, звітної та аналітичної інформації.

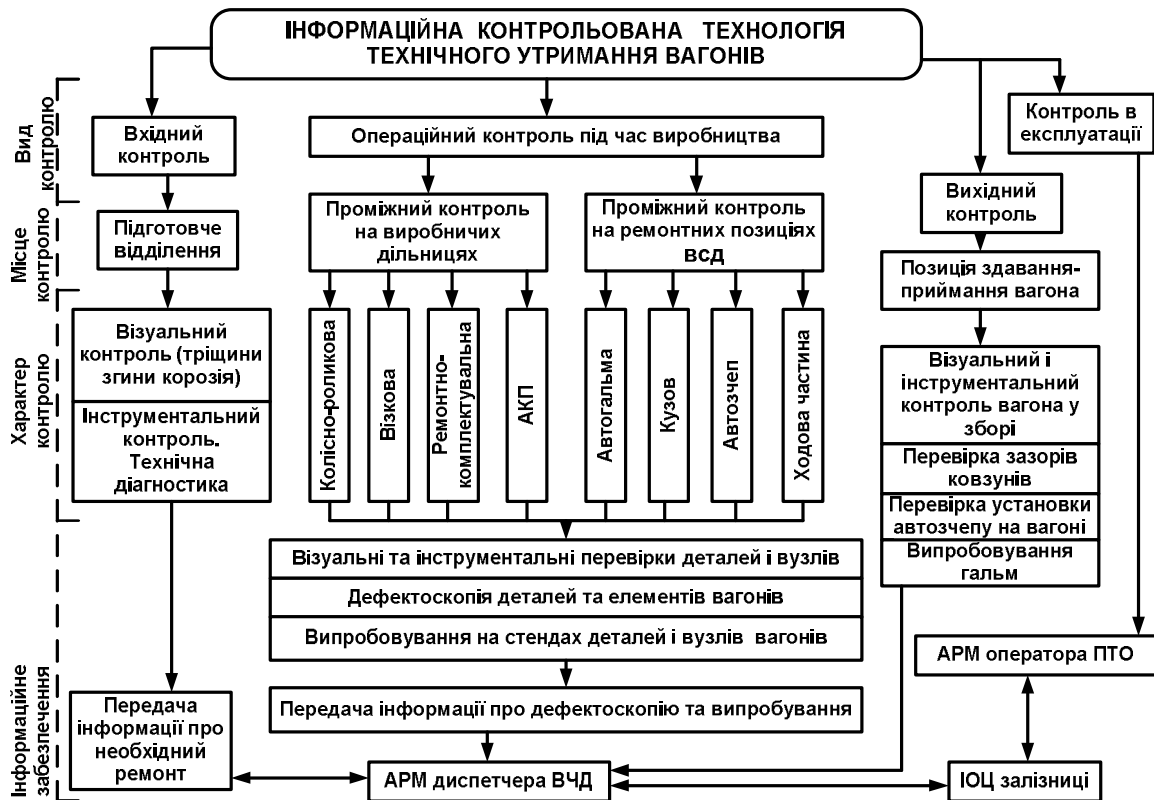


Рисунок 4 - Загальна схема інформаційної контрольованої системи технічного утримання вагонів

Список літератури

- 1 Шмаров П.П. Направление и этапы реформирования вагонного хозяйства ОАО РЖД [Текст] / П.П. Шмаров, Н.А. Никулина, А.А. Вовк //Журн. Экономика железных дорог. – 2004. - №7. - С. 28-34.
- 2 Борзилов І.Д. Розробка математичної моделі ефективного функціонування підрозділів з технічного обслуговування вагонів [Текст]/ І.Д. Борзилов// Зб. наук. праць ДонІЗТ. –Донецьк: - 2007. -Вип. 11. –С. 76-82.
- 3 Борзилов І.Д. Концепція спеціалізації підприємств з технічного утримання вагонів [Текст]/ І.Д. Борзилов, В.О. Міхійченко, М.Г. Котов//Зб. наук. праць ДонІЗТ. – Донецьк: - 2008. -Вип. 14. –С. 108-114.
- 4 Борзилов І.Д. Стратегія удосконалення технології технічного утримання вагонів з урахуванням життєвого циклу [Текст]/ І.Д. Борзилов// Зб. наук. праць ДонІЗТ. –Донецьк: - 2008. -Вип. 13. –С. 143-150.
- 5 Борзилов І.Д. Інформаційно-керуюча система ремонту вагонів [Текст]/ І.Д. Борзилов// Журн. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. –Харків: - 2008. - № 3 (71). - С. 58-60.