

- living plants.

In turn, the vehicles used for the transportation of perishable goods are divided into:

- insulated vehicles;
- vehicles, icebox;
- vehicles, refrigerators.
- heated vehicles.

RFID-technology (English Radio Frequency IDentification, radio frequency identification) - a way to automatically identify objects, which by radio signals read from or written to the data stored in the so-called transponders or RFID-tags.

KEYWORDS: TRANSPORTATION OF PERISHABLE GOODS, RFID-TECHNOLOGY.

РЕФЕРАТ

Ширяева С.В., Селиванова Н.Ю. Применение RFID-технологии при осуществлении перевозок скоропортящихся грузов. / Светлана Владимировна Ширяева, Нинель Юрьевна Селиванова. // Вестник НТУ. – К.: НТУ – 2012. – Вып. 26.

В статье рассмотрен процесс перевозок скоропортящихся грузов. Приведена классификация скоропортящихся грузов и транспортных средств, используемых для их перевозки. Рассмотрены общие принципы использования RFID-технологии.

Объект исследования - процесс перевозки скоропортящихся грузов.

Цель работы – анализ предпосылок для использования RFID-технологии при перевозке скоропортящихся грузов.

Груз относится к классу скоропортящихся, если для обеспечения его сохранности требуется соблюдение температурного режима. Скоропортящиеся грузы, перевозимые делятся на следующие группы:

- продукты растительного происхождения;
- продукты животного происхождения;
- продукты переработки;
- живые растения.

В свою очередь транспортные средства, используемые для перевозки скоропортящихся грузов подразделяются на:

- изотермические транспортные средства;
- транспортные средства-ледники;
- транспортные средства-рефрижераторы.
- отапливаемые транспортные средства.

RFID-технология (англ. Radio Frequency IDentification, радиочастотная идентификация) – способ автоматической идентификации объектов, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПЕРЕВОЗКА СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ГРУЗОВ, RFID-ТЕХНОЛОГИЯ.

УДК 519.6+625.1

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ТА ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ: II. ІНТЕРАКТИВНЕ ОЦІНЮВАННЯ

Яджак М.С., доктор фізико-математичних наук,
Поліщук О.Д., кандидат фізико-математичних наук,
Поліщук Д.О.

Вступ. Основним способом контролю стану та якості функціонування станцій, міжстанційних перегонів та поїздів залізничної транспортної системи (ЗТС) є їх планові огляди та регулярний аналіз результатів роботи [1]. Зазвичай вони рознесені в часі, тобто задовільні результати останнього дослідження зовсім не означають, що вони збережуться такими ж до наступного огляду і стан об'єкта або якість його функціонування не перетне «порог безпеки» [2]. Отже, через низку причин цей спосіб може вчасно не виявити недоліків, які виникають «поза планом», наприклад, унаслідок кліматичних

факторів, зсувів ґрунту, дефектів через процеси «старіння» тощо. Про такі недоліки, зокрема про різке погіршення плавності руху, можуть повідомити працівники залізниці (машиністи поїздів) чи сторонні особи, які помітили перешкоди на колії або її аварійний стан. Однак диспетчери інколи не враховують вчасно такі повідомлення або не приділяють їм відповідної уваги, як це сталося 22 лютого 2012 року в Буенос-Айресі (Аргентина), де відбулася аварія приміського поїзда, жертвами якої стало більше, ніж 50 та постраждало майже 600 осіб. Її причиною була несправність гальм, про яку машиніст повідомив диспетчера, але той наказав продовжити рух. Чим більше спрацьовані об'єкти ЗТС, тим актуальнішою є проблема неперервного моніторингу їхнього стану та якості функціонування. Способом, який дає можливість здійснювати опосередкований, але достатньо інформативний та оперативний контроль ЗТС, мінімізуючи при цьому вплив суб'єктивного фактора, є неперервний моніторинг дотримання графіку руху поїздів, які проходять по лінії.

Локальна взаємодія структурних елементів ЗТС. Оцінювання взаємодії ми називатимемо інтерактивним (від англ. "interaction" – взаємодія) та здійснюватимемо на рівні аналізу таких об'єктів ЗТС України, як поїзд P_j , $j = \overline{1, M}$, та лінія $[S_0, S_N]$ (послідовність станцій S_i , $i = \overline{1, N}$, та міжстанційних перегонів $D_i = (S_{i-1}, S_i)$, $i = \overline{1, N}$). Тут M – кількість поїздів, які проходять по $[S_0, S_N]$ за певний проміжок часу. Лінія може поділятися на підсистеми, які територіально відповідають регіональним залізницям, дирекціям та дистанціям колії для встановлення відповідності між ними та підрозділами, які несуть відповідальність за стан та якість функціонування об'єктів ЗТС.

Затримка поїзда на міжстанційному перегоні може бути спричинена, зокрема такими обставинами, як незадовільний стан колії, незадовільний стан поїзда, неготовність станції прибуття прийняти поїзд, форс-мажорними обставинами тощо. З перерахованих причин лише перша стосується безпосередньо стану колії. Затримка поїзда на станції може бути спричинена такими обставинами, як незадовільні стан або організація роботи станції, незадовільний стан поїзда, неможливість відправлення поїзда у зв'язку з тим, що наступний у напрямку руху міжстанційний перегін займають інші поїзди, форс-мажорні обставини. Як і у попередньому випадку, серед перерахованих причин лише перша стосується безпосередньо організації роботи станції. З проходженням поїзда по лінії вплив перерахованих чинників може послідовно накопичуватись та компенсуватись. Частина з них має випадковий характер, інші можуть бути регулярними. Основною метою комплексного оцінювання є виявлення і локалізація саме регулярних негативних факторів, які зумовлюють відхилення від встановленого графіка руху поїздів.

Позначимо через $t_{j,i}^{c,g}$ час обслуговування поїзда P_j на станції S_i згідно з графіком, $t_{j,i}^{c,\min}$ – мінімально допустимий час його обслуговування на цій станції, який не створює ризиків для подальшого руху, $t_{j,i}^{c,r}$ – реальний час обслуговування поїзда, $t_{j,i}^{p,g}$ – час, за який поїзд P_j проходить міжстанційний перегін D_i згідно з графіком, $t_{j,i}^{p,\min}$ – мінімально допустимий час його проходження (час проходження з максимальною встановленою швидкістю), який не створює загроз для руху, $t_{j,i}^{p,r}$ – реальний час, за який поїзд проходить міжстанційний перегін, $j = \overline{1, M}$, $i = \overline{1, N}$. Позначимо через T^0 мінімальний проміжок часу, який враховує циклічність руху поїздів та дорівнює одній добі. Нехай T_k – доба з порядковим номером k , $k = \overline{1, K}$, $T^k = kT^0$. Будемо вважати, що оцінка $e(P_j, S_i, T_k)$ якості обслуговування поїзда P_j на станції S_i за період T_k дорівнює

- 5, якщо $t_{j,i}^{c,r} = t_{j,i}^{c,\min}$, тобто час стоянки максимально компенсує попередні затримки руху; тут і надалі компенсація затримок доцільна і виправдана лише в тому випадку, коли вона не створює незручностей, не знижує якості обслуговування або не спричиняє загроз для пасажирів чи вантажів;
- $4 + (t_{j,i}^{c,r} - t_{j,i}^{c,g}) / (t_{j,i}^{c,\min} - t_{j,i}^{c,g})$, якщо $t_{j,i}^{c,r} \in (t_{j,i}^{c,\min}, t_{j,i}^{c,g}]$, тобто час стоянки частково компенсує попередні затримки руху;
- $3 + (t_{j,i}^{c,g} + t_{j,i}^{p,g} - t_{j,i}^{p,\min} - t_{j,i}^{c,r}) / (t_{j,i}^{p,g} - t_{j,i}^{p,\min})$, якщо $t_{j,i}^{c,r} \in (t_{j,i}^{c,g}, t_{j,i}^{c,g} + (t_{j,i}^{p,g} - t_{j,i}^{p,\min}))]$, тобто затримку поїзда на станції можна компенсувати на наступному перегоні завдяки безпечному збільшенню швидкості;

– 2, якщо $t_{j,i}^{c,r} < t_{j,i}^{c,g} + (t_{j,i}^{p,g} - t_{j,i}^{p,\min})$, тобто затримку на станції неможливо компенсувати на наступному перегоні, $j = \overline{1, M}$, $i = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$.

Будемо вважати, що оцінка $e(P_j, D_i, T_k)$ якості проходження поїздом P_j міжстанційного перегону D_i за період T_k дорівнює:

– 5, якщо $t_{j,i}^{p,r} = t_{j,i}^{p,\min}$, тобто час проходження поїзда перегonom максимально компенсує попередні затримки руху;

– $4 + (t_{j,i}^{p,r} - t_{j,i}^{p,g}) / (t_{j,i}^{p,\min} - t_{j,i}^{p,g})$, якщо $t_{j,i}^{p,r} \in (t_{j,i}^{p,\min}, t_{j,i}^{p,g}]$, тобто час проходження поїзда перегonom частково компенсує попередні затримки руху;

– $3 + (t_{j,i}^{p,g} + t_{j,i}^{c,g} - t_{j,i}^{c,\min} - t_{j,i}^{p,r}) / (t_{j,i}^{c,g} - t_{j,i}^{c,\min})$, якщо $t_{j,i}^{p,r} \in (t_{j,i}^{p,g}, t_{j,i}^{p,g} + (t_{j,i}^{c,g} - t_{j,i}^{c,\min}))]$, тобто затримку поїзда на перегоні можна компенсувати унаслідок скорочення часу стоянки на наступній станції;

– 2, якщо $t_{j,i}^{p,r} < t_{j,i}^{p,g} + (t_{j,i}^{c,g} - t_{j,i}^{c,\min})$, тобто затримку поїзда на перегоні неможливо компенсувати на наступній станції, $j = \overline{1, M}$, $i = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, K}$.

При програмній реалізації оцінки відображаються у таблицях. Кожна комірка таких таблиць може містити числове значення оцінки або бути заповнена затемненим полем, площа якого обернено пропорційна до цього значення, тобто оцінці «відмінно» відповідає комірка з фоновим кольором, а оцінці «незадовільно» – повністю затемнена. Такий спосіб візуалізації дозволяє швидше локалізувати негативні висновки та оперативно на них реагувати, відсилаючи одержані результати відповідним підрозділам ЗТС.

Зрозуміло, що одинична оцінка затримки окремого поїзда на певній станції або перегоні не може бути визначальним показником їхнього стану або якості функціонування. Більш обґрунтований висновок можна зробити, оцінюючи затримки одного чи сукупності поїздів, які проходять через окрему станцію чи послідовність станцій та перегонів лінії протягом заданого періоду часу T^K (тиждень, місяць, квартал, рік тощо). Такі оцінки дають можливість принаймні частково локалізувати причини недоліків у функціонуванні окремих об'єктів ЗТС, які розташовані на лінії або проходять по ній.

Агрегована взаємодія структурних елементів ЗТС. Оцінку станції S_i та перегону D_i за результатами проходження поїзда P_j протягом періоду T^K визначаємо за співвідношеннями $E(P_j, S_i, T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{e}(P_j, S_i, \mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$ та $E(P_j, D_i, T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{e}(P_j, D_i, \mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$ відповідно. Тут і нижче $\langle \cdot, \cdot \rangle_{R^K}$ – скалярний добуток в евклідовому просторі R^K , $\mathbf{e}(P_j, S_i, \mathbf{T}) = \{e(P_j, S_i, T_k)\}_{k=1}^K$, $\mathbf{T} = \{T_k\}_{k=1}^K$, $\mathbf{1} = \{1\}_{k=1}^K$. З послідовним збільшенням інтервалу T^K значення $E(P_j, S_i, T^K)$ дають можливість відстежувати тренд та динаміку зміни якості обслуговування поїзда P_j на станції S_i , а $E(P_j, D_i, T^K)$ – його проходження перегonom D_i , $j = \overline{1, M}$, $i = \overline{1, N}$. Для конкретних поїздів тут і надалі доцільно також робити вибірки оцінок за окремими складами, рух яких здійснюється з періодом, більшим за T^0 .

Оцінку станції S_i та перегону D_i за результатами проходження сукупності поїздів $\mathbf{P} = \{P_j\}_{j=1}^M$ протягом періоду T_k визначаємо за співвідношеннями $E_{\mathbf{P}}(S_i, T_k) = \langle \mathbf{R}_{\mathbf{P}}, \mathbf{e}(\mathbf{P}, S_i, T_k) \rangle_{R^M} / \langle \mathbf{R}_{\mathbf{P}}, \mathbf{1} \rangle_{R^M}$ та $E_{\mathbf{P}}(D_i, T_k) = \langle \mathbf{R}_{\mathbf{P}}, \mathbf{e}(\mathbf{P}, D_i, T_k) \rangle_{R^M} / \langle \mathbf{R}_{\mathbf{P}}, \mathbf{1} \rangle_{R^M}$ відповідно, де $\mathbf{R}_{\mathbf{P}} = \{\rho_{P_j}\}_{j=1}^M$ – вектор вагових коефіцієнтів, які визначають пріоритетність поїздів із сукупності $\{P_j\}_{j=1}^M$. Обчисливши $E_{\mathbf{P}}(S_i, T_k)$ для кожного з k періодів, одержимо послідовність оцінок. Аналіз цієї послідовності дозволяє виявляти циклічні зміни якості обслуговування поїздів на окремій станції. Доцільно проводити оцінювання для поїздів окремих категорій (вантажних наскрізних або дільничих, пасажирських швидкісних або приміських тощо).

Оцінку роботи станції S_i та перегону D_i за результатами проходження сукупності поїздів \mathbf{P} протягом інтервалу T^K визначаємо за співвідношеннями $E_{\mathbf{P}}(S_i, T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{E}_{\mathbf{P}}(S_i, \mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$ та

$E_{\mathbf{P}}(D_i, T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{E}_{\mathbf{P}}(D_i, \mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$ відповідно. З послідовним збільшенням T^K значення цих оцінок дозволяють відстежувати тренд та динаміку зміни якості обслуговування поїздів на станції S_i та проходження перегонів D_i , $i = \overline{1, N}$. Якщо оцінка $E(P_j, S_i, T^K)$ обслуговування поїзда P_j на станції S_i за період T^K значно менша від $E_{\mathbf{P}}(S_i, T^K)$ та (або) агрегована оцінка $E(P_j, D_i, T^K)$ його проходження перегоном D_i за період T^K значно менша від $E_{\mathbf{P}}(D_i, T^K)$, то можна зробити висновок про наявність недоліків у графіку руху цього поїзда.

Оцінки обслуговування поїзда P_j на послідовності станцій $\mathbf{S} = \{S_i\}_{i=1}^N$ та їх проходження перегонами $\mathbf{D} = \{D_i\}_{i=1}^N$, які розташовані на лінії протягом періоду часу T_k , визначаємо за співвідношеннями $E_{\mathbf{S}}(P_j, T_k) = \langle \mathbf{R}_{\mathbf{S}}, \mathbf{e}(P_j, \mathbf{S}, T_k) \rangle_{R^N} / \langle \mathbf{R}_{\mathbf{S}}, \mathbf{1} \rangle_{R^N}$ та $E_{\mathbf{D}}(P_j, T_k) = \langle \mathbf{R}_{\mathbf{D}}, \mathbf{e}(P_j, \mathbf{D}, T_k) \rangle_{R^N} / \langle \mathbf{R}_{\mathbf{D}}, \mathbf{1} \rangle_{R^N}$ відповідно, де $\mathbf{R}_{\mathbf{S}} = \{\rho_{S_i}\}_{i=1}^N$ – вектор вагових коефіцієнтів, які визначають пріоритетність станції, наприклад, обернено пропорційні її класу та $\mathbf{R}_{\mathbf{D}} = \{\rho_{D_i}\}_{i=1}^N$ – вектор вагових коефіцієнтів, які визначають пріоритетність перегону, наприклад, обернено пропорційні категорії лінії, до якої він належить. Аналіз послідовностей $E_{\mathbf{S}}(P_j, T_k)$ і $E_{\mathbf{D}}(P_j, T_k)$, $j = \overline{1, M}$, $k = \overline{1, K}$, дозволяє виявляти циклічні зміни в якості обслуговування поїзда P_j на станціях та проходження перегонами по лінії $[S_0, S_N]$ (див. рис. 1).

Оцінку обслуговування поїзда P_j на послідовності станцій $\{S_i\}_{i=1}^N$ та його проходження перегонами $\{D_i\}_{i=1}^N$, які розташовані на лінії $[S_0, S_N]$ протягом часового інтервалу T^K , визначаємо за співвідношеннями $E_{\mathbf{S}}(P_j, T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{E}_{\mathbf{S}}(P_j, \mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$ та $E_{\mathbf{D}}(P_j, T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{E}_{\mathbf{D}}(P_j, \mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$ відповідно. З послідовним збільшенням T^K значення $E_{\mathbf{S}}(P_j, T^K)$ та $E_{\mathbf{D}}(P_j, T^K)$, $j = \overline{1, M}$, дозволяють відстежувати тренд та динаміку зміни якості обслуговування поїзда P_j на станціях та його проходження перегонами лінії $[S_0, S_N]$ (див. рис. 2).

Оцінку обслуговування сукупності поїздів $\{P_j\}_{j=1}^M$ на послідовності станцій $\{S_i\}_{i=1}^N$, які розташовані на лінії $[S_0, S_N]$ за період часу T_k визначаємо за співвідношенням $E_{\mathbf{P}, \mathbf{S}}(T_k) =$

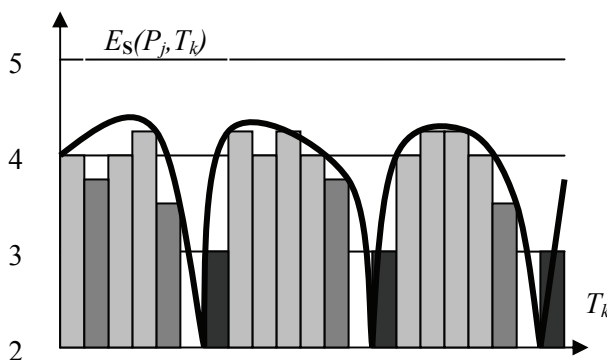


Рис. 1. Оцінка обслуговування на станціях дистанції Львів-Ходорів приміського поїзда 6072 Львів-Ходорів з 10.05.2010 р. по 8.06.2010 р.

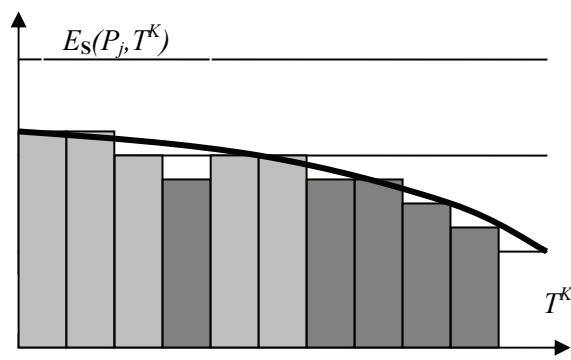


Рис. 2. Тренд зміни якості обслуговування поїзда 6072 Львів-Ходорів на станціях лінії Львів-Ходорів з 2006 до 2010 року (прийнято, що значення T^K зростає кожні 6 місяців).

$= \langle \mathbf{R}_{\mathbf{P}}, \mathbf{E}_{\mathbf{S}}(\mathbf{P}, T_k) \rangle_{R^M} / \langle \mathbf{R}_{\mathbf{P}}, \mathbf{1} \rangle_{R^M} = \langle \mathbf{R}_{\mathbf{S}}, \mathbf{E}_{\mathbf{P}}(\mathbf{S}, T_k) \rangle_{R^N} / \langle \mathbf{R}_{\mathbf{S}}, \mathbf{1} \rangle_{R^N}$, $k = \overline{1, K}$. Аналіз цієї послідовності дозволяє виявляти циклічні зміни якості обслуговування всіх поїздів, які проходять станціями лінії $[S_0, S_N]$ протягом інтервалу T_k .

Оцінку проходження сукупності поїздів $\{P_j\}_{j=1}^M$ послідовністю перегонів $\{D_i\}_{i=1}^N$, які розташовані на лінії $[S_0, S_N]$ за період часу T_k визначаємо за співвідношенням $E_{\mathbf{P},\mathbf{D}}(T_k) = \langle \mathbf{R}_{\mathbf{P}}, \mathbf{E}_{\mathbf{D}}(\mathbf{P}, T_k) \rangle_{R^M} / \langle \mathbf{R}_{\mathbf{P}}, \mathbf{1} \rangle_{R^M} = \langle \mathbf{R}_{\mathbf{D}}, \mathbf{E}_{\mathbf{P}}(\mathbf{D}, T_k) \rangle_{R^N} / \langle \mathbf{R}_{\mathbf{D}}, \mathbf{1} \rangle_{R^N}$, $k = \overline{1, K}$. Аналіз такої послідовності дозволяє виявляти циклічні зміни якості проходження всіх поїздів міжстанційними перегонами лінії $[S_0, S_N]$ протягом інтервалу T_k .

Оцінки обслуговування сукупності поїздів $\{P_j\}_{j=1}^M$ на послідовності станцій $\{S_i\}_{i=1}^N$ та проходження ними перегонів $\{D_i\}_{i=1}^N$, розташованих на лінії $[S_0, S_N]$, протягом часового інтервалу T^K визначаємо за співвідношеннями $E_{\mathbf{P},\mathbf{S}}(T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{E}_{\mathbf{P},\mathbf{S}}(\mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$ та $E_{\mathbf{P},\mathbf{D}}(T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{E}_{\mathbf{P},\mathbf{D}}(\mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$ відповідно. З послідовним збільшенням T^K значення $E_{\mathbf{P},\mathbf{S}}(T^K)$ та $E_{\mathbf{P},\mathbf{D}}(T^K)$ дозволяють відстежувати тренд та динаміку зміни якості обслуговування сукупності поїздів $\{P_j\}_{j=1}^M$ на станціях та проходження ними перегонів, розташованих на лінії $[S_0, S_N]$. Якщо узагальнена оцінка $E_{\mathbf{P}}(S_i, T^K)$ станції S_i за період T^K значно менша від $E_{\mathbf{P},\mathbf{S}}(T^K)$, то можна зробити обґрунтований висновок стосовно наявності суттєвих недоліків у стані її інфраструктури або організації роботи. Аналогічно, якщо узагальнена оцінка $E_{\mathbf{P}}(D_i, T^K)$ перегону D_i за період T^K значно нижча від $E_{\mathbf{P},\mathbf{D}}(T^K)$, то можна зробити обґрунтований висновок стосовно наявності у його стані суттєвих недоліків. Такі результати є вагомою підставою для позапланової перевірки стану чи якості функціонування відповідних об'єктів ЗТС.

Вище при узагальненні оцінок для станцій та перегонів ми виділяли їх, як для об'єктів ЗТС різних типів. Агрегована оцінка проходження сукупності поїздів $\{P_j\}_{j=1}^M$ по лінії $[S_0, S_N]$ загалом протягом періоду T_k визначається за співвідношенням $E_{\mathbf{P}}(T_k) = \rho_{\mathbf{S}} E_{\mathbf{P},\mathbf{S}}(T_k) + \rho_{\mathbf{D}} E_{\mathbf{P},\mathbf{D}}(T_k)$, $k = \overline{1, K}$, де $\rho_{\mathbf{S}}, \rho_{\mathbf{D}}$ – вагові коефіцієнти, які визначають пріоритетність об'єктів станційного та колійного господарства під час оцінювання. Так, після ремонту колії та відповідного періоду стабілізації, більша увага природно приділяється аналізу стану та ефективності роботи станцій. Аналіз останньої послідовності дає можливість виявляти циклічні зміни якості обслуговування сукупності поїздів $\{P_j\}_{j=1}^M$ на лінії $[S_0, S_N]$ загалом.

Усереднену оцінку проходження сукупності поїздів $\{P_j\}_{j=1}^M$ по лінії $[S_0, S_N]$ протягом часового інтервалу T^K визначаємо за співвідношенням $E_{\mathbf{P}}(T^K) = \langle \mathbf{1}, \mathbf{E}_{\mathbf{P}}(\mathbf{T}) \rangle_{R^K} / K$. З послідовним збільшенням T^K значення $E_{\mathbf{P}}(T^K)$ дозволяють відстежувати тренд та динаміку зміни якості обслуговування сукупності поїздів $\{P_j\}_{j=1}^M$ на лінії $[S_0, S_N]$. Якщо узагальнена оцінка окремого поїзда $E(P_j, T^K)$ значно нижча, ніж $E_{\mathbf{P}}(T^K)$, то можна зробити обґрунтований висновок стосовно можливого його незадовільного стану та необхідності додаткової перевірки.

Відстежуючи динаміку поведінки агрегованих оцінок усіх рівнів, із послідовним збільшенням значення T^K ми можемо визначати тренди зміни стану та якості функціонування відповідних об'єктів ЗТС. При цьому короткострокове прогнозування, одержане унаслідок екстраполяції оцінок на підставі відомої передісторії їхніх значень, дає можливість завчасно виявити ті об'єкти, які у найближчій перспективі можуть перейти «поріг безпеки», а отже потребують позапланового дослідження та відповідних дій. Довгострокове прогнозування, здійснене, наприклад, за допомогою апарата часових рядів, дозволяє відстежувати сезонні зміни у поведінці основних структурних елементів ЗТС та запобігати негативним тенденціям у їх розвитку.

Оцінювання напруженості роботи структурних елементів ЗТС. Послідовність затримок та вимушених компенсацій руху поїздів підвищує напруженість роботи ЗТС та пов'язані з цим ризики. Чисельно кількість компенсацій та зусилля для їх реалізації відображаються дробовими частинами оцінок $e(P_j, S_i, T_k)$ та $e(P_j, D_i, T_k)$. Так, оцінка станції $e(P_j, S_i, T_k) = 4,68$ означає, що робота на ній

організована достатньо ефективно, оскільки вона не лише своєчасно обслуговує поїзд, але й компенсує попередні затримки. Однак величина компенсації (0,68) означає, що ці затримки були достатньо суттєвими. Загальні показники компенсацій на станціях та перегонах затримок для поїзда P_j , який рухається лінією $[S_0, S_N]$ протягом часового інтервалу T_k , зведені до уточненої п'ятибальної шкали, визначаємо за співвідношеннями $q_S(P_j, T_k) = 5 \times \{1 - e(P_j, S, T_k)\}, 1 >_{R^N} / N$ та $q_D(P_j, T_k) = 5 \times \{1 - e(P_j, D, T_k)\}, 1 >_{R^N} / N$, де $\{x\}$ – дробова частина числа x . Значення $q_S(P_j, T_k)$ та $q_D(P_j, T_k)$, $j = \overline{1, M}$, $k = \overline{1, K}$, означають, що чим менше компенсацій, тим вища оцінка відповідних об'єктів ЗТС.

Як і раніше вважаємо, що рух одного поїзда не є підставою для обґрунтованих висновків. Однак, якщо для сукупності поїздів, які проходять по лінії протягом часового інтервалу T^K затримки в основному компенсуються на станціях, то це є опосередкованим, хоча й достатньо показовим свідченням стану поїзда або стану колії на міжстанційних перегонах. З іншого боку, якщо затримки загалом компенсуються на перегонах, то це є свідченням стану інфраструктури або ефективності роботи станцій. Якщо ж узагальнена оцінка компенсацій, яка є свідченням їх масовості, є нижчою, ніж агрегована оцінка об'єктів ЗТС, які утворюють лінію, то можна зробити обґрунтований висновок про те, що встановлений на ній графік руху поїздів є неоптимальним або чутливим до малих затримок.

Висновки. У роботі на прикладі аналізу функціонування пар «поїзд – лінія» запропоновано метод комплексного оцінювання взаємодії основних структурних елементів ЗТС, який дає можливість в періоди між плановими оглядами або аналізом результатів роботи оперативно визначати ті об'єкти Укрзалізниці, стан або якість функціонування яких є незадовільними та потребують окремого дослідження. Цей метод дозволяє прогнозувати стан основних структурних елементів ЗТС на коротко- та довгострокову перспективу, а також оцінювати ефективність організації процесу перевезень. Розроблене програмне забезпечення дає можливість оперативно орієнтуватися в одержаних висновках та локалізувати причини виявлених недоліків.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Филиппов М. М., Уздин М. М., Ефименко Ю. И. Железные дороги. Общий курс. – М.: Транспорт, 1991. – 295 с.
2. Вейт П. Прогнозирование изменения состояния верхнего строения пути // Железные дороги мира. – 2006. – № 3. – С. 72-77.

РЕФЕРАТ

Яджак М.С., Поліщук О.Д., Поліщук Д.О. Дослідження стану та якості функціонування залізничної транспортної системи: II. Інтерактивне оцінювання. / Михайло Степанович Яджак, Олександр Дмитрович Поліщук, Дмитро Олександрович Поліщук // Вісник НТУ. – К.: НТУ, 2012. – Вип. 26.

У статті запропоновано методи оцінювання взаємодії основних структурних елементів залізничної транспортної системи, аналізу циклічних змін і прогнозування трендів розвитку їхнього стану та якості функціонування, визначення ефективності організації процесу перевезень.

Основним способом контролю стану та якості функціонування станцій, міжстанційних перегонів та поїздів залізничної транспортної системи є їх планові огляди та регулярний аналіз результатів роботи. Зазвичай вони рознесені в часі, тобто задовільні результати останнього дослідження зовсім не означають, що вони збережуться такими ж до наступного огляду і стан об'єкта або якість його функціонування не перетне «порог безпеки». Отже, через низку причин цей спосіб може вчасно не виявити недоліків, які виникають «поза планом», наприклад, унаслідок кліматичних факторів, зсувів ґрунту, дефектів через процеси «старіння» тощо. Про такі недоліки, зокрема про різке погіршення плавності руху, можуть повідомити працівники залізниці (машиністи поїздів) чи сторонні особи, які помітили перешкоди на колії або її аварійний стан.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЗАЛІЗНИЧНА ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА, ІНТЕРАКТИВНЕ ОЦІНЮВАННЯ.

ABSTRACT

Jadzhak M.S., Polischuk O.D., Polischuk D.O. Research status and quality of rail tion of the transport system: II. Interactive evaluation. / Michael S. Jadzhak, Alexander D. Polishchuk, Dmitry Polishchuk // Bulletin of National Transport University - K. NTU, 2012. - Vol. 26.

The paper proposes methods for assessing interaction of the main structural elements of railway transportation system, analysis and prediction of cyclical changes in trends of their condition and quality of operation, determine the effectiveness of the process of transportation.

The main way to control one hundred and well as functioning state tions, mizhstantsiy, they race and train climbed nych tion of the transport system is their planned ord lyady and regular-tion analy sis results re - work. Usually they are separated in time, that is satisfactory to the recent - slidzhennya does not mean that they will remain the same until the next inspection and condition of the facility or the quality of its operations not cross the "threshold security". So, via the number of reasons, this method may fail to manifest thou disadvantages that arise "in according to plan," FW ryklad owing to climatic fac it ing, MAT conducte n December one defects through the processes of "a hundredaging" and so on. Such deficiencies, particularly of different make deterioration smooth movement can bal to wash employee nicks Railway (machinists poyzing) or a hundred enforcement person who noticed the obstacles on the track or emergency condition.

KEY WORDS: ZALZNYCHNA TRANSPORT SYSTEM, INTERACTIVE EVALUATION.

РЕФЕРАТ

Яджак М.С., Полищук О.Д., Полищук Д.О. Исследование состояния и качества функционирования железнодорожной транспортной системы: II. Интерактивное оценивание. / Михаил Степанович Яджак, Александр Дмитриевич Полищук, Дмитрий Александрович Полищук // Вестник НТУ - К.: НТУ, 2012. - Вып. 26.

В статье предложены методы оценки взаимодействия основных структурных элементов железнодорожной транспортной системы, анализа циклических изменений и прогнозирования трендов развития их состояния и качества функционирования, определение эффективности организации процесса перевозок.

Основным способом контроля ста ну и качества функционирования станций, мижстанций-ных гонок и поездов железндорожной транспортной системы является их плановые осмотры и регулярный анализ ре результатов работы. Обычно они разнесены во времени, т.е. удовлетворительные результаты последнего до - исследования вовсе не означают, что они сохранятся такими же до следующего осмотра и состояние объекта или качество его функционирования не пересечет «порог безопасности». Итак, через ряд причин этот способ может вовремя не проявления недостатков, которые возникают «по плану», например, вследствие климатических факторов, смещении почвы, дефектов через процессы «старения» и другие. О таких недостатках, о резком ухудшение плавности движения, могут сообщдо мыть работники железной дороги (машинисты поиздов) или стороннии лица, заметили препятствия на пути или ее аварийное состояние.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ЗАЛЗНИЧНА ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА, ИНТЕРАКТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ.

УДК 519.6+625.1

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ТА ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ: I. ЛОКАЛЬНЕ, ПРОГНОСТИЧНЕ ТА АГРЕГОВАНЕ ОЦІНЮВАННЯ

Яджак М.С., доктор фізико-математичних наук
Поліщук О.Д., кандидат фізико-математичних наук
Поліщук Д.О.

Вступ. Протягом останнього десятиліття здійснюються реальні кроки у напрямку модернізації залізничної транспортної системи (ЗТС) України, зокрема, на основних магістралях вводиться швидкісний рух, оновлюється рухомий склад, проводиться ремонт колій, вокзалів, станційних споруд [1] тощо. У той же час рівень спрацьованості рухомого складу становить понад 80 %, близько 40 % колій потребує заміни або перебуває в аварійному стані, майже половина відправлень прибуває у пункти призначення із затримкою, значна частина станційного господарства потребує реконструкції [2, 3]. Внаслідок цього кількість залізничних аварій в Україні подвоюється кожні десять років. Лише за останні роки сталося чимало таких випадків, частина з яких – під час перевезення небезпечних вантажів (так звана «фосфорна» катастрофа біля с. Ожидів на Львівщині у липні 2007 р. – зійшли з рейок