

Міністерство освіти і науки України

ПАТ «Українські залізниці»

**Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна**

Варшавська політехніка

Інститут залізничного транспорту (Варшава)

Державний економіко-технологічний університет транспорту

ПрАТ ПМТЗ «СТАНДАРТ»



ТЕЗИ

**II-ї Міжнародної науково-практичної конференції
«ЕНЕРГООПТИМАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕВІЗНОГО ПРОЦЕСУ»
(22.05.2017 - 26.05.2017)**

ТЕЗИСЫ

**II-й международной научно-практической конференции
«ЭНЕРГООПТИМАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПЕРЕВОЗОЧНОГО ПРОЦЕССА»
(22.05.2017 - 26.05.2017)**

ABSTRACTS

**The second international scientific-practical conference
"THE OPTIMAL ENERGY TECHNOLOGY
OF TRANSPORTATION PROCESS"
(22.05.2017 - 26.05.2017)**

м. Львів

Енергооптимальні технології перевізного процесу: Тези II-ї Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 22-26 травня 2017 р.) – Дніпро.: ДНУЗТ, 2017. – 119 с.

У збірнику наведені тези доповідей II-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Енергооптимальні технології перевізного процесу», яка відбулась 22-26 травня 2017 р. у м. Львів.

Збірник призначений для науково-технічних працівників залізниць, підприємств транспорту, викладачів вищих навчальних закладів, докторантів, аспірантів та студентів.

Тези доповідей друкуються на мові оригіналу у редакції авторів.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

д.т.н., проф. Козаченко Д. М.
д.т.н., проф. Кузнецов В. Г.
д.т.н., проф. Сиченко В. Г.
к.т.н., доц. Вернигора Р. В.
к.т.н., доц. Окороков А. М.
к.т.н. Болвановська Т. В.

Адреса редакційної колегії:
49010, Україна, м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

НАУКОВИЙ КОМІТЕТ КОНФЕРЕНЦІЇ

Співголовуючі:

Пшінько О. – д.т.н., проф., ректор Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДПТ);
Журковський А. – к.т.н., директор Інституту залізничного транспорту;
Яцина М. – д.т.н., проф., факультет транспорту Варшавської політехніки.

Члени наукового комітету:

Алейник В. – ПАТ «Українська залізниця»
Афанасов А. – д.т.н., проф. (ДПТ, Україна)
Бадьор М. – д.т.н., проф. (МПТ, Росія);
Бобровський В. – д.т.н., проф. (ДПТ, Україна)
Бялонь А. – к.т.н., (Інститут залізничного транспорту, Польща);
Вернигора Р. – к.т.н., доц. (ДПТ, Україна)
Козаченко Д. – д.т.н., проф. (ДПТ, Україна)
Кузнецов В. – д.т.н., проф. (ДПТ, Україна)
Палечек Й. – д.т.н., проф. (Остравський технічний університет, Чехія);
Вайчунас Г. – д.т.н., проф. (Вільнюський технічний ун-т ім. Гедимінаса, Литва);
Васяк М. – д.т.н., проф. (Варшавська політехніка, Польща).
Денисюк С. – д.т.н., проф. (НТУУ КПІ, Україна);
Козловський М. – д.т.н., проф. (Варшавська політехніка, Польща).
Максимчук В. – ПАТ «Українські залізниці»;
Омарбеков А. – д.т.н., директор (Науково-дослідний центр залізничного транспорту, Казахстан);
Сергейчик М. – д.т.н. (Інститут залізничного транспорту, Польща);
Сиченко В. – д.т.н., проф. (ДПТ, Україна)
Сокол Є. – чл.-кор. НАНУ (НТУ ХПІ, Україна);
Стасюк О. – д.т.н., проф. (ДЕТУТ, Україна);
Торок А. – к.т.н. (Будапештський університет технологій та економіки, Угорщина);
Худзикевич А. – д.т.н., проф. (Варшавська політехніка, Польща);
Шелонг А. – д.т.н., проф. (Варшавська політехніка, Польща);
Ягелло А. – д.т.н., проф. (Краківська політехніка, Польща).

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»

EFEKTYWNOŚĆ SZTUCZNYCH SIECI NEURONOWYCH W MODELOWANIU SYGNAŁU NAPIĘCIA GENERATORA UDARU KOMBINOWANEGO

Marek Dudzik¹, Ryszard Mielnik¹, Zofia Wróbel²

1 – Politechnika Krakowska

2 – PKP PLK S.A. Zakład Linii Kolejowych w Rzeszowie

Streszczenie

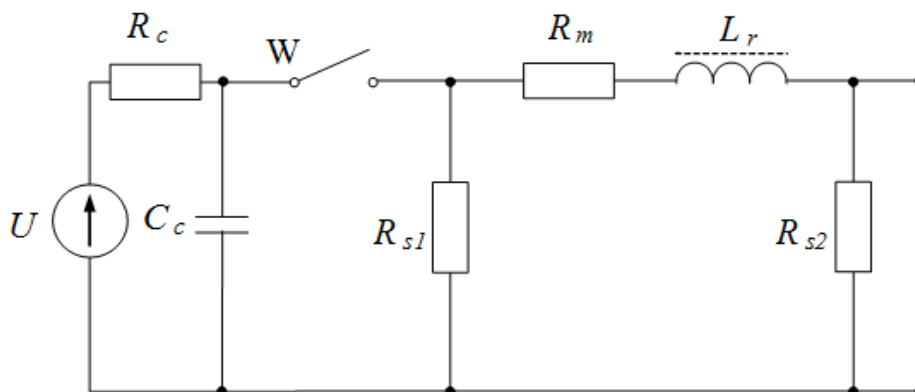
W artykule przedstawiono model generatora udaru kombinowanego w sieciach neuronowych dla potrzeb analizy pracy elementów i układów ochrony przeciwprzepięciowej. Jest to model typu feedforward o jednej warstwie ukrytej z czterema neuronami. Struktura ta przy wykorzystaniu algorytmu Levenberga-Marquardta umożliwia osiągnięcie wysokiej efektywności, nawet w przypadku braku algorytmu optymalizacji struktury sieci. Opracowany model udaru napięciowego siecią neuronową daje możliwość zastąpienia modelu matematycznego generatora. Podejście to umożliwia efektywne wykonywanie obliczeń symulacyjnych skutków przepięć pochodzenia atmosferycznego działających na układy ochrony przeciwprzepięciowych urządzeń elektrycznych.

Słowa kluczowe: generator udaru kombinowanego, modelowanie, sztuczne sieci neuronowe.

Wprowadzenie

Pomiary, wykonywane w warunkach laboratoryjnych, mające na celu sprawdzenie skuteczności działania projektowanych układów ochrony przeciwprzepięciowej są końcowym etapem badań i decydują o dopuszczeniu tych układów do stosowania [12], [13], [15]. Tego typu badania wykonuje się z zastosowaniem między innymi generatora udaru kombinowanego o przebiegu napięciowym 1,2/50 μ s, prądowym 8/20 μ s i efektywnej impedancji wyjściowej impedancji $2\Omega \pm 10\%$.

Na podstawie dokumentacji generatora oraz normy PN-EN 61000-4 dotyczącej: kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) [10] 5: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na udary (2014), na rys. 1 przedstawiono schemat zastępczy generatora udaru kombinowanego [9], [10].



Rys. 1 – Uproszczony schemat obwodu generatora udaru kombinowanego [9], [10],: U – źródło wysokiego napięcia, C_c – kondensator gromadzący energię, R_c – rezystancja ładowania; R_l , R_{s1} i R_{s2} – rezystory kształtujące czas trwania impulsu, R_m – Rezystor dopasowujący impedancję, L_r – dławik kształtujący czas narastania

Pomiar sygnału wyjściowego generatora udaru kombinowanego

Dla potrzeb opracowania modelu czasowego sygnału napięcia na wyjściu generatora udaru kombinowanego, przeprowadzono badania eksperymentalne stosując: generator udarowy Haefely PC6-288.1 i filtr Haefely FP 20/3-3.2 [15]. Rejestrację napięć udarów przeprowadzano przy pomocy czterokanałowego oscyloskopu cyfrowego LeCroy LS-140 umożliwiającego rejestrację przebiegów w paśmie częstotliwości do 100MHz, z dokładnością podstawy czasu 0,01 %. Oscyloskop zasilono poprzez transformator separujący typu Tma 630S. Do pomiarów zastosowano sondę LeCroy 6 kV, 50 MΩ, 1000:1.

Błąd pomiaru napięcia sondą wynosił $\pm 0,1$ % dla napięcia stałego i ± 2 % dla napięcia przemiennego o częstotliwości do 100 MHz.

W badaniach charakterystyk układów ochrony przepięciowej i ich elementów składowych [15], ważną rolę odgrywa powtarzalność wymuszeń udarowych. W celu sprawdzenia powtarzalności wyników pomiarów, na wstępie wykonano rejestrację dwudziestu pięciu wymuszeń dla każdego udaru napięciowego 1,2/50 μ s dla $U = 1$ kV. Wyniki pomiarów zapisywano w formacie PSPICE®, wybierając ostatecznie ten pakiet jako podstawowe narzędzie obróbki danych. Metodę oznaczania miar odpowiednich przebiegów napięciowych oparto na zależnościach [11]:

$$\bar{U}_m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_m(i) \quad (1)$$

$$\sigma_{U_m} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (U_m(i) - \bar{U}_m)^2}{N-1}} \quad (2)$$

$$\sigma_{\bar{U}_m} = \frac{\sigma_{U_m}}{\sqrt{N}} \quad (3)$$

gdzie:

$U_m(i)$ - wartość maksymalna kolejnego napięcia pomiaru

\bar{U}_m - wartość średnia wykonanej serii pomiarów.

Wyniki pomiarów udaru napięciowego rejestrowano w przedziałach czasowych $\Delta t_i = 0,1$ μ s (w formacie PSPICE®). Różnice pomiędzy maksymalnymi, mierzonymi wartościami nastawy na generatorze udaru kombinowanego a maksymalną wartością średnią, mieściły się w granicach 1 %. Jako wynik końcowy wyznaczono przedział dla wartości: $\bar{U}_m \pm 2\sigma_{\bar{U}_m}$. Na podstawie powyższych wyników, a szczególnie niskich wartości odchylenia standardowego na poziomie 0,3 % uznano powtarzalność warunków badań.

Zastowanie sztucznej sieci neuronowej do modelowania sygnału udaru napięciowego z generatora udaru kombinowanego

W badaniach naukowych sztuczne sieci neuronowe znajdują coraz większe zastosowanie [1], [2], [3], [6], [7]. Współcześnie badacze starają się analizować sygnały udaru napięciowego poprzez jego modelowanie oparte o teorię obwodów elektrycznych [4], [12], [14]. Dają one wymierne efekty jednakże prezentowane modele są skomplikowane. Otwiera to drogę badań wykorzystującą sztuczne sieci neuronowych do modelowania wyjściowego sygnału generatora udaru kombinowanego.

Celem przeprowadzonych badań było zamodelowanie funkcji przebiegu czasowego napięcia generatora udaru kombinowanego przy pomocy sztucznych sieci neuronowych. Ma to

umożliwić analizę pracy elementów i układów ochrony przeciwprzepięciowej w sieciach neuronowych bez konieczności korzystania z innych programów obliczeniowych.

Obliczenia nad podanym celem zostały przeprowadzone przy następujących ustawieniach:

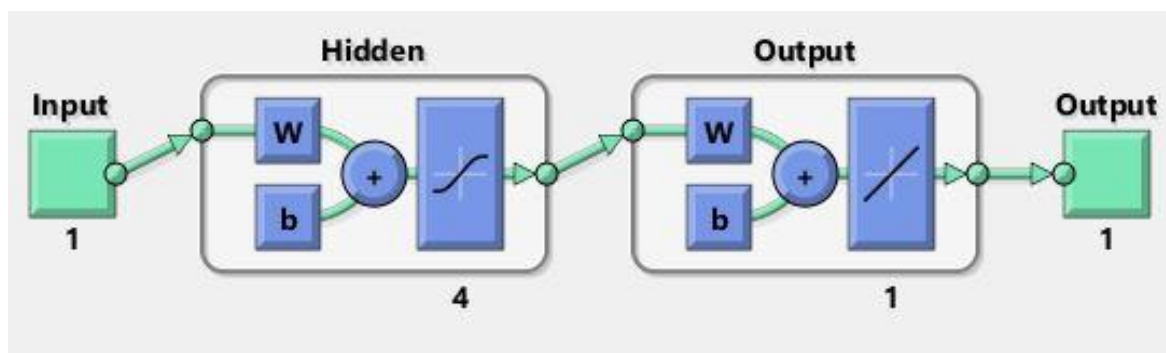
- maksymalna liczba epok uczenia się: 1000;
- współczynnik błędu treningu sieci: 0;
- współczynnik szybkości uczenia się sieci: 0,01;
- ilość błędnych powtórzeń treningu sieci: 12;
- momentum: 0,9;
- minimalny błąd gradientu treningu sieci: 10^{-10} ;
- ilość powtórzeń pomiędzy przedstawieniem wyniku uczenia się sieci: 25;
- maksymalny czas treningu sieci: nieskończoność.
- podział danych treningowych: 70 % trening, 15% walidacja, 15% test.

Do uczenia się sieci neuronowej zastosowano trening sieci jednokierunkowej (do 3 warstw) wg algorytmu Leveneberga-Marquardta.

Dane wejściowe i wyjściowe modelu

Przeprowadzone badania symulacyjne i uzyskane wyniki zostały zrealizowane z wykorzystaniem środowiska Matlab wersji R2011B. Dane do analizy, z wykorzystaniem SSN (Sztucznych sieci neuronowych), zapisano jako dwa wektory po 10000 par liczb. Do przetwarzania danych pomiarowych, wykorzystano sieć neuronową jednowarstwową typu feedforward [1], [3], [6]. Na rysunku 2 pokazano strukturę sieci neuronowej utworzonej w środowisku Simulink. Jest to struktura o jednej warstwie ukrytej (Hidden). Warstwa ta składa się z czterech neuronów. Na wejściu warstwy nie zaimplementowano opóźnień. Funkcją aktywacji w warstwie ukrytej jest funkcja tangensoidalna (tansig). W warstwie wyjściowej (Output) zastosowano liniową funkcję aktywacji.

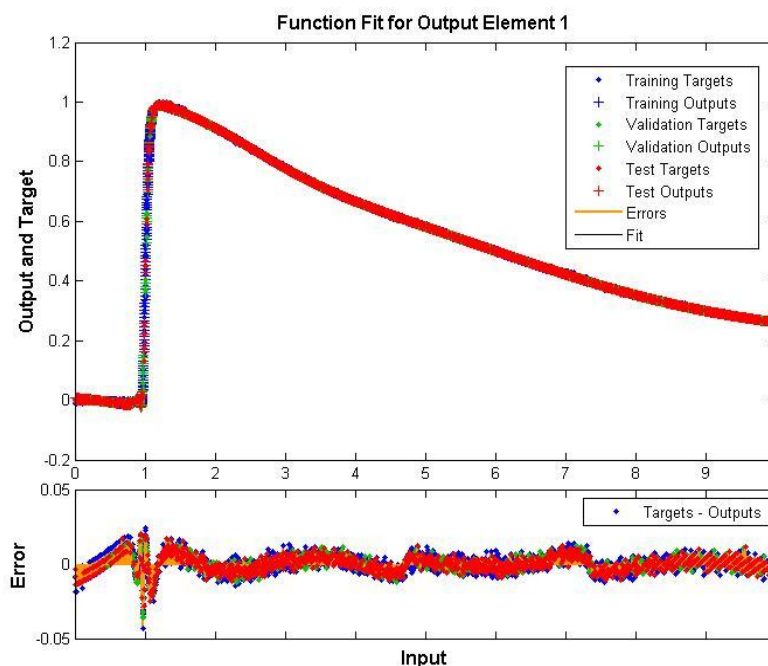
Danymi wejściowymi sieci były próbki (sample) czasu mierzonego sygnału napięcia generatora udaru kombinowanego. Natomiast danymi wyjściowymi były zarejestrowane próbki sygnału napięciowego tego generatora. Przy czym wartości próbek sygnału napięcia zostały wyskalowane w taki sposób, ażeby maksymalna wartość tego sygnału osiągnęła 1.



Rys. 2 – Struktura utworzonej sieci neuronowej. Źródło: opracowanie własne.

Wyniki z przeprowadzanych badań symulacyjnych

Na rysunku 3 przedstawiono wynik aproksymacji otrzymany z procedury uczenia się sztucznej sieci neuronowej. Na rysunku tym kropką oznaczono wartość rzeczywistą uzyskaną z pomiaru (Targets). Krzyżykiem zaznaczono wynik aproksymacji (wartości wyjściowe sieci na zadany sygnał wejściowy). Linie pionowe przedstawiają miarę błędu bezwzględnego pomiędzy wspomnianą wartością rzeczywistą a wynikiem uzyskanym z aproksymacji funkcji. Linia ciągłą zaprezentowano funkcję aproksymującą.



Rys. 3 - Wyniki aproksymacji funkcji z wykorzystaniem SSN. Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono model czasowego sygnału napięciowego generatora udaru kombinowanego zamodelowanego z wykorzystaniem sztucznej sieci neuronowej, typu feedforward o jednej warstwie ukrytej z czterema neuronami. Rezultaty z przeprowadzonych badań na kształtują się poziomie regresji równej 99,9 %. Wskazują one, że czasowy sygnał napięciowy generatora udaru kombinowanego może być modelowany przy wykorzystaniu sztucznej inteligencji. Może to posłużyć do stworzenia zupełnie nowej koncepcji związanej ze wspomnianą ochroną, podobnie jak rozwiązania zawarte w patencie [5] i koncepcjach [8].

Autorzy w kolejnych pracach będą podejmować wspomniane analizy wpływu struktury na osiągnięte rezultaty modelowania zjawiska. Początkowo będą to możliwie wszystkie struktury dla jednej warstwy ukrytej.

Literatura:

1. I. Chrabąszcz, S. Drapik, M. Dudzik, A. Kaczmarczyk i J. Prusak, „Analiza obciążeń zespołów prostownikowych, dla „inteligentnych” kolejowych podstacji trakcyjnych DC – wstępne badania symulacyjne wybranych przypadków,” *Logistyka* 6/2015, p. 990 – 999.
2. M. Dudzik, D. Łątka, M. Repelewicz, E. Stewarski i A. M. Stręk, „A preliminary feasibility study of a short-term prognosis of mining towers tops’ displacements with the use of artificial neural networks,” *Technical Transactions. Civil Engineering*, 2014.
3. M. Dudzik, S. Drapik i J. Prusak, „Approximation of overloads for a selected tram traction substation using artificial neural networks,” *Technical Transactions*, pp. 39-50, 2016.
4. G. P. Fotis, I. F. Gonos i I. A. Stathopoulos, „Simulation and experiment for surge immunity according to en 61000-4-5,” [Online]. Available: https://www.atecorp.com/ATECorp/media/pdfs/61000-4-5_Abstract.pdf.
5. A. S. Jagiełło, I. Chrabąszcz, S. Drapik, M. Dudzik, A. Kobielski i J. Prusak, „System do aktywnej regulacji obciążenia zespołów prostownikowych kolejowej podstacji trakcyjnej i sposób aktywnej regulacji obciążenia zespołów prostownikowych kolejowej

podstacji trakcyjnej, Numer zgłoszenia: P.411511, Nasz znak: 150102”. Poland 10 03 2015, Zgłaszający: Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki.

6. A. Kobielski, S. Drapik, M. Dudzik i J. Prusak, „Wstępne studium efektywności zastosowania sieci neuronowych w badaniach obciążeń kolejowych podstawacji trakcyjnych,” *Technika Transportu Szynowego : TTS*, 2014.

7. A. Malina i M. Dudzik, „Wykorzystanie algorytmów sieci neuronowych w celu zmniejszenia amplitud wahań momentu elektromagnetycznego w metodzie sterowania wektorowego DTC,” *Elektrotechnika w zastosowaniach trakcyjnych : [praca zbiorowa]*, Wydawnictwo PK, 2014.

8. R. Mielnik, „Synteza sterownika układu SZR urządzeń zasilania ruchem kolejowym z wykorzystaniem sieci Petriego oraz środowiska Labview,” *XVII Ogólnopolska Konferencja Trakcji Elektrycznej SEMTTRAK 2016, Zakopane*, pp. 379 - 386, 2016.

9. „PC6-288, Opis ogólny generatora impulsów uderowych dużej energii”.

10. „PN-EN 61000-4: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 4-5: Metody badań i pomiarów. Badanie odporności na udary,” 2014.

11. „Główny Urząd Miar, Wyrażanie niepewności pomiaru,” *Przewodnik*, © ISO 1995.

12. A. Siwik i Z. Wróbel, „Modelling and Metrological features in overvoltage protection testing efficiency of lightning arresters applied in the railway feed system”. *26th International Conference on Lightning Protection, Poland, Sep. 2002*.

13. Z. Wróbel, „Simulation Possibility of Performance of Avalanche Diode Using a Combination Wave Generator”. *2011 IEEE 20th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), 27-30 jun 2011, Gdańsk*.

14. Z. Wróbel, „Possibility of the modelling of combination waves generators,” *Przegląd Elektrotechniczny PL*, ISSN 0033-2097, R. 86 NR 9/2010, 289-292.

15. Z. Wróbel, „Analiza układów ochrony przeciwprzepięciowej urządzeń sterowania ruchem kolejowym”. *Rozprawa Doktorska, AGH Kraków, 2002*.

OCENA PÓL MAGNETYCZNYCH WYSTĘPUJĄCYCH NA PRZYSTANKACH TRAMWAJOWYCH – ANALIZA WYBRANEGO PRZYPADKU

Adam Jagiełło, Wasyl Hudym, Ireneusz Chrabąszcz, Kamil Nowak,
Janusz Prusak, Paweł Trębacz

Politechnika Krakowska

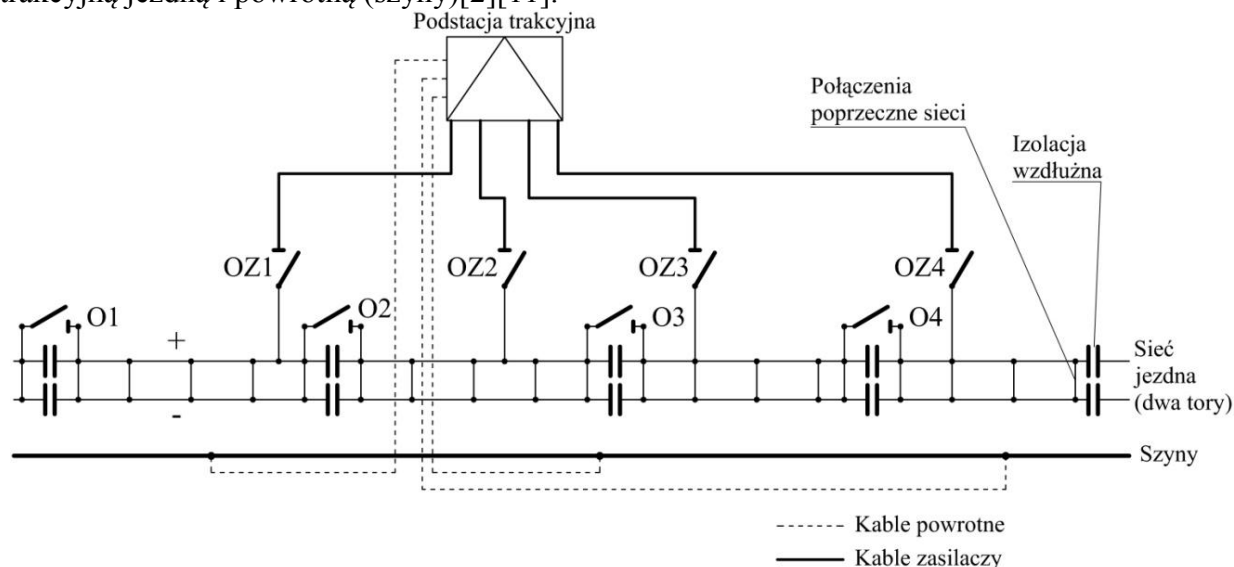
Wstęp

Przystanki tramwajowe dla pasażerów są lokalizowane bezpośrednio obok torowiska. Tak więc osoby zamierzające odbyć przejazd znajdują się stosunkowo blisko konstrukcji stanowiących obwody zasilania pojazdów tramwajowych. Wspomniane konstrukcje to sieci trakcyjne jezdne, oraz szyny stanowiące tzw. obwody powrotne. Przepływ prądu elektrycznego w obwodzie zasilania, który jest związany z poborem energii głównie na cele trakcyjne, powoduje powstawanie wokół niego pól magnetycznych[7][8][10][15][16]. W obszarze oddziaływań tych pól mogą się znaleźć przyszli pasażerowie przebywający na przystankach.

W artykule poniżej przedstawiono wyniki obliczeń wartości indukcji magnetycznej, która może się pojawić na przystanku wybranej linii tramwajowej. Zwrócono również uwagę na przepisy sanitarne określające zagrożenia wynikające z przekroczenia określonych poziomów wspomnianej wielkości fizycznej.

Specyfika zasilania sieci trakcyjnej tramwajowej

Na rys. 1 pokazano typowy schemat połączenia podstacji trakcyjnej tramwajowej z siecią trakcyjną jezdnią i powrotną (szyny)[2][11].



Rys. 1 – Schemat połączenia podstacji trakcyjnej tramwajowej systemu prądu stałego z siecią trakcyjną; OZ1 – OZ4 odłączniki zasilaczy, O1 – O4 odłączniki sekcyjne.

W trakcji tramwajowej stosowany jest przeważnie układ zasilania jednostronnego. Oznacza to, że obszar zasilania podstacji podzielony jest na szereg odcinków, z których każdy zasilany jest oddzielnym kablem.

W normalnych warunkach pracy odłączniki sekcyjne są otwarte. Natomiast sieć szynowa stanowi jeden obwód, do którego przyłączone są kable powrotne. Punkty przyłączenia kabli zasilających i powrotnych są zlokalizowane w różnych miejscach.

Zróznicowana budowa sieci jezdnej (górnej) i powrotnej (szyny), jak również zróznicowany sposób ich połączenia z podstacją trakcyjną w zauważalny sposób wpływa na rozpył prądów trakcyjnych. W szczególności na danym odcinku zasilania prądy w przewodach jezdnych i w szynach mogą mieć różne wartości. Fakt ten uwzględniono przy obliczeniach pola magnetycznego (indukcji magnetycznej) w obszarze analizowanego przystanku tramwajowego. Oczywiście w całym obwodzie zasilanym z podstacji trakcyjnej obowiązuje pierwsze (węzłowe) prawo Kirchhoffa.

Przepisy i unormowania dotyczące pól magnetycznych

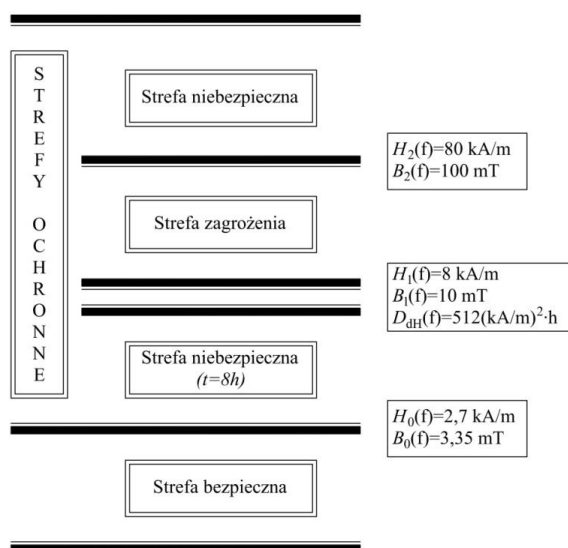
Oddziaływaniem pozytywnym lub negatywnym, pól magnetycznych na organizm ludzki zajmują się specjaliści z dziedziny medycyny. Na podstawie wyników badań formułowane są przepisy dotyczące zagrożeń związanych z występowaniem silnych pól magnetycznych w szerokim zakresie częstotliwości (f). Można zauważyć, że przepisy podawane przez różne kraje, czy instytucje różnią się między sobą [12]. Jest to widoczny dowód na złożoność tej problematyki. Nie dziwi więc, że prace badawcze są kontynuowane.

Poniżej, w tabeli 1, przedstawiono obowiązujące w Polsce unormowania dotyczące pól magnetycznych wg. Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej [6].

Tab. 1 – Dopuszczalne wartości natężenia pola magnetycznego $H_1(f)$ na granicy stref zagrożenia i pośredniej oraz doza dopuszczalnego pola magnetycznego $Dd_H(f)$.

Lp.	Zakres częstotliwości	$H_1(f)$ [A/m]	$Dd_H(f)$
1.	$0 \text{ Hz} \leq f \leq 0,5 \text{ Hz}$	8000	$512 (\text{kA/m})^2 \cdot \text{h}$
2.	$0,5 \text{ Hz} < f \leq 50 \text{ Hz}$	200	$0,32 (\text{kA/m})^2 \cdot \text{h}$
3.	$0,05 \text{ Hz} < f \leq 1 \text{ kHz}$	$10/f$	$800/f^2 (\text{kA/m})^2 \cdot \text{h}$
4.	$1 \text{ kHz} < f \leq 800 \text{ kHz}$	10	$800 (\text{kA/m})^2 \cdot \text{h}$
5.	$0,8 \text{ MHz} < f \leq 150 \text{ MHz}$	$8/f$	$512/f^2 (\text{kA/m})^2 \cdot \text{h}$
6.	$0,15 \text{ GHz} < f \leq 3 \text{ GHz}$	0,053	$0,022 (\text{kA/m})^2 \cdot \text{h}$

Na rys. 2 przedstawiono podział występowania pól magnetycznych wg. wspomnianego wyżej Rozporządzenia. Widać, że w zależności od wartości indukcji magnetycznej $B(f)$ lub natężenia pola magnetycznego $H(f)$ wyróżnia się strefy ochronne i strefę bezpieczną. Przedstawione na rysunku wartości graniczne tych wielkości, oraz dopuszczalnej dawki pola magnetycznego dotyczą przypadku trakcji elektrycznej prądu stałego, tak więc wtedy $f = 0 \text{ Hz}$.



Rys. 2 – Obszary występowania stref ochronnych dla trakcji elektrycznej prądu stałego[15].

W przypadku sieci trakcyjnych można analitycznie określić wartości indukcji magnetycznej B przyjmując następujące założenia [1][7][10][15]:

- sieć trakcyjna jest przewodnikiem prostoliniowym o nieskończonej długości;
- sieć trakcyjna znajduje się w środowisku jednorodnym i izotropowym, tzn. że właściwości tego środowiska są jednakowe we wszystkich punktach i nie zależą od kierunku;
- przy nakładaniu pól magnetycznych od poszczególnych składowych sieci trakcyjnej obowiązuje zasada superpozycji, tj. zasada niezależnego działania pól;
- sumując składowe pola magnetycznego należy brać pod uwagę, że B i H są wielkościami wektorowymi.

Opis wybranego przypadku

Poniżej przedstawiono, w skróty, podstawowe dane opisujące wybraną linię tramwajową, oraz występujące na niej obciążenie. Dane te były brane pod uwagę przy obliczeniach prądów trakcyjnych, jak i wywoływanych przez nie pól magnetycznych [12][14].

Charakterystyka linii i ruchu tramwajów:

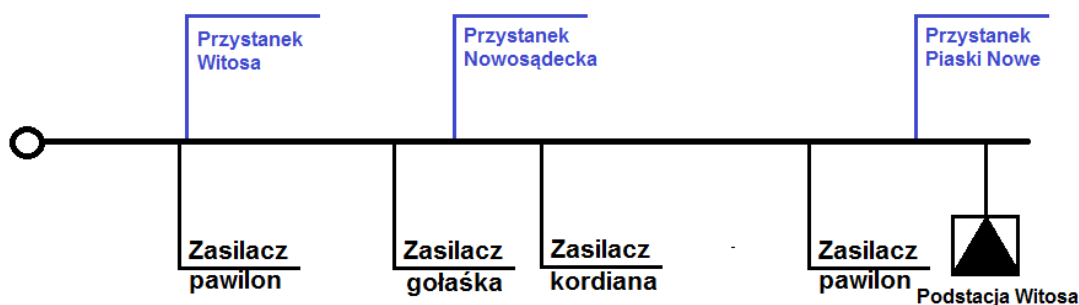
Wybrany odcinek linii tramwajowej, dla którego przeprowadzono wstępne analizy dotyczące pól magnetycznych zasilany jest w typowy sposób (rys. 1), czyli przez jedną podstawicę

trakcyjną. Jest to linia dwutorowa, krańcowa, zakończona pętlą. Długość odcinka przelotowego wynosi 1800 m, a długość pętli 300 m. Na rys. 3 przedstawiono przebieg tego odcinka linii na tle fragmentu planu miasta, gdzie kolorem żółtym zaznaczono odcinek przelotowy, a kolorem czerwonym pętlę.



Rys. 3 – Przebieg i lokalizacja wybranego odcinka linii tramwajowej.

Na rys. 4, w poglądowy sposób, przedstawiono lokalizację podstacji trakcyjnej (Witosa), czterech kabli zasilających oraz trzech przystanków zlokalizowanych na odcinku przelotowym analizowanej linii [12].



Rys. 4. Poglądowy schemat rozmieszczenia zasilaczy i przystanków tramwajowych [12].

W tab. 2 przedstawiono w zbiorczy sposób ilość pojazdów tramwajowych, dla przypadku poruszania się zgodnie z ustalonym rozkładem jazdy [13].

Tab. 2 – Ilość przejazdów dla poszczególnych linii.

Nr linii	Ilość przejazdów od pętli	Ilość przejazdów do pętli	Suma
Dni robocze			
6	73	76	149
24	57	55	112
50	144	144	288
Razem	274	275	549
Soboty			
6	36	36	72
24	54	53	107
50	87	86	173
Razem	177	175	352
Niedziele i święta			
6	-	-	-
24	51	49	100
50	84	83	167
Razem	135	132	267

Z powyższej tabeli widać, że w okresie kursowania tramwajów, tj. od 4:30 do 23:50, w dzień roboczy przemieszcza się 549 tramwajów, co daje 0,47 pojazdów na minutę. W godzinach szczytu na trasie porusza się średnio 0,7 pojazdów na minutę – oznacza to spore zagęszczenie ruchu tramwajów.

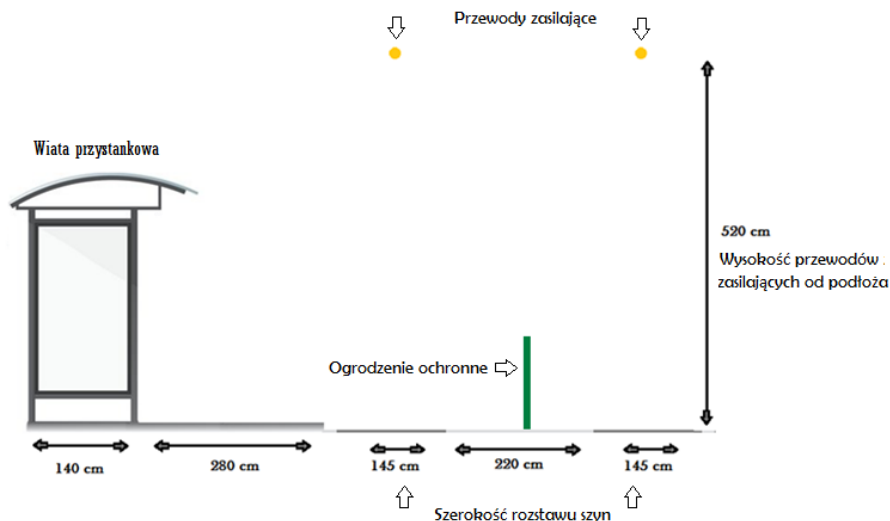
Wymiarowanie przystanku [12]:

Na rys. 5 przedstawiono zdjęcie typowego przystanku tramwajowego występującego na omawianej linii tramwajowej. Widać, że warunki lokalizacyjne pozwoliły na umieszczenie zadaszenia (wiaty) dla pasażerów w zauważalnej odległości od torowiska.



Rys.5 – Przystanek tramwajowy „Nowosądecka”.

Natomiast na rys. 6 pokazano zwymiarowany przekrój powyższego przystanku wraz z torowiskiem i siecią trakcyjną jezdnią.



Rys. 6 – Wymiary przystanku tramwajowego i sieci trakcyjnej.

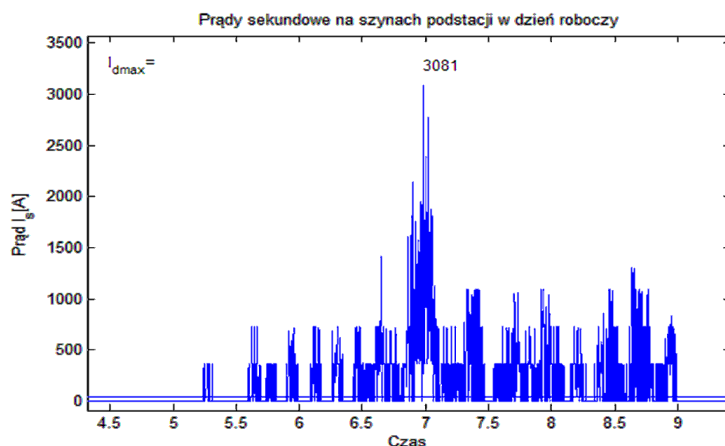
Wartości indukcji pola magnetycznego [12]:

Aby policzyć wartość indukcji pola magnetycznego należy najpierw określić wielkość prądów w sieci trakcyjnej jezdnej oraz w szynach [14]. Prądy te mają bardzo zmienny charakter, co potwierdzają przeprowadzone badania [3][4][5][13]. Jest to powodem m.in. trudności

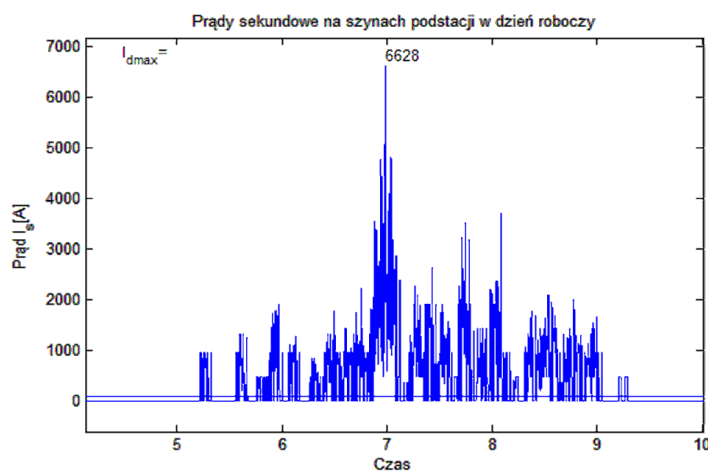
зwiązanych z projektowaniem układów zasilania [9], jak i oceną ewentualnych zagrożeń pochodzących od pól magnetycznych [1][8]15].

Na rys. 7 przedstawiono przykładowe przebiegi obciążeń tej samej podstacji trakcyjnej, w tym samym przedziale czasowym w dniu roboczym, ale dla różnych sytuacji związanych z ruchem tramwajów. Na rys. 7a obciążenie wynika z ruchu zgodnego z rozkładem jazdy, a na rys. 7b obciążenie jest związane z zagęszczeniem się ruchu np. po jakiejś awarii.

a)



b)

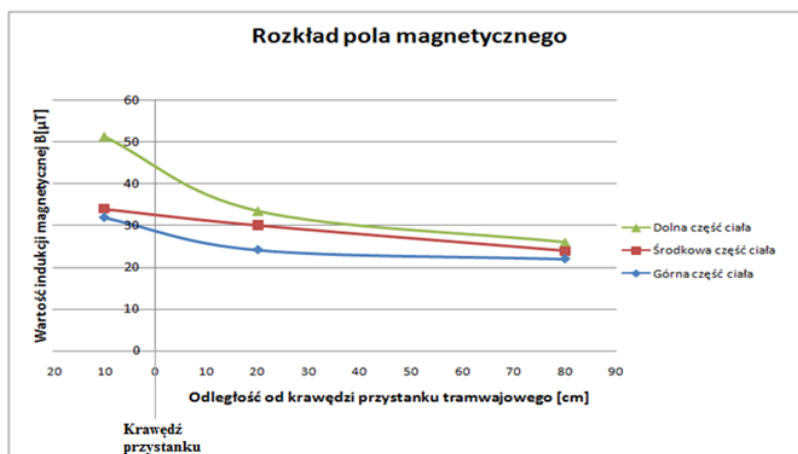


Rys. 7 – Przebieg obciążenia podstacji trakcyjnej w dniu roboczym; a) ruch tramwajów zgodny z rozkładem jazdy; b) zagęszczony ruch tramwajów.

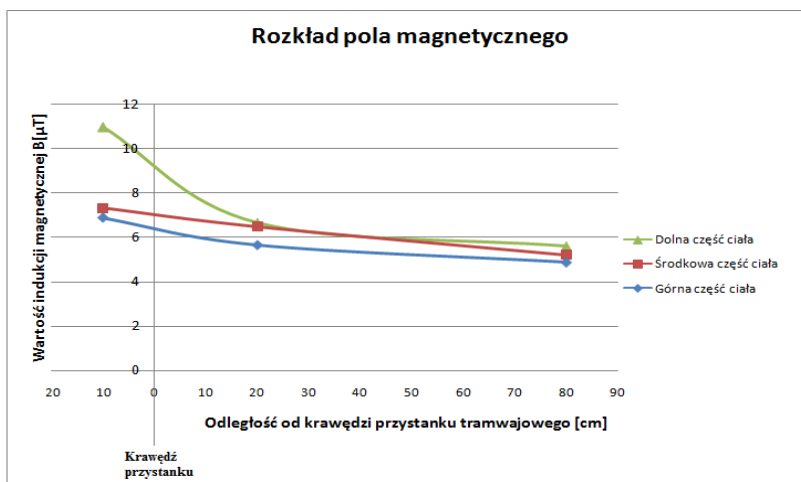
Jak łatwo zauważyć, oba przebiegi prądów wyraźnie się różnią co do kształtu przebiegu, jak i wartości maksymalnej. Taka sama sytuacja dotyczy prądów w sieci trakcyjnej. Na rys. 8 przedstawiono wyniki obliczeń pola magnetycznego mogącego oddziaływać na hipotetycznego pasażera oczekującego na przystanku (rys. 5 i rys. 6), który może znajdować się w różnych odległościach względem krawędzi tego przystanku. Rozróżniono wartości pól magnetycznych dla dolnej części ciała, środkowej i górnej [12]. Założono, że wspomniany pasażer jest wzrostu 180 cm. W przypadku rys. 8a, przyjęto, że prąd w przewodach jezdnych wynosi $I_p=1148$ A, a w szynach (sieć powrotna) $I_s=1200$ A. Natomiast rys. 8 b, dotyczy sytuacji gdy $I_p=250$ A, a $I_s=255$ A.

Представлене на рис. 8 результати підтверджують, що величини полів магнетичних (індукції магнетичної) можуть впливати, на пасажирів очікують на зупинках трамвайових залежать від значень струмів в мережі трамвайній та від відстані від шовків. Виразно вища є індукція при ногах ніж при голові – особливо в порів'язі кінцівки зупинки, що також не дивує спеціалістів, зорієнтованих в будові і функціях мережі повертної (шин). Бачачи під увагу тільки значення індукції магнетичної можна слушно ствердити, на підставі польських przepisów sanitarnych [6] (рис. 2), що в області зупинки існує зона безпечної ($B_0=3,35 \text{ mT}$). Вobec цього не має в цьому відношенні загрози для пасажирів.

a)



b)



Rys. 8 – Przykładowe wartości indukcji magnetycznej w obrębie przystanku tramwajowego dla różnych wartości prądów w przewodach jezdnych (I_p) i w szynach (I_s); a) $I_p=1148 \text{ A}$, $I_s=1200 \text{ A}$; b) $I_p=250 \text{ A}$, $I_s=255 \text{ A}$.

Uwagi końcowe

Znaczna zmienność obciążeń trakcyjnych przekłada się na złożony charakter polów magnetycznych pochodzących w szczególności od sieci trakcyjnych. Na rys. 8 widać, że indukcja magnetyczna, dla wziętych pod uwagę przypadków, może być porównywalna co do

wartości, z magnetyzmem ziemskim na naszej szerokości geograficznej (48 – 50 mikro T) [1][7][10]. Są jednak zauważalne różnice między tymi polami. Indukcja magnetyczna pochodząca od sieci trakcyjnej przyjmuje różne wartości wzdłuż ciała człowieka, oraz wykazuje wspomnianą już zmienność. Być może specjaliści – z dziedziny medycyny, uznają te fakty za warte sprawdzenia pod względem zdrowotnym.

Zachowując optymizm co do ewentualnych rozstrzygnięć wpływu specyfiki, omówionych wyżej, pól magnetycznych na organizm człowieka warto stosować się do starej angielskiej zasady „prudent avoidance” – roztropnego unikania. Dla prezentowanego w tym artykule przypadku, warto stać w pewnej odległości od krawędzi przystanku, jeśli tylko na to pozwalają miejscowe warunki.

Literatura

1. Braun W., Meisel R., Schneider E.: Elektrische und magnetische Felder in der Bahnstromversorgung. Elektrische Bahnen 96 (1998) 7 (str. 222 – 230).
2. Chrabąszcz Ireneusz, Prusak Janusz, Drapik Sławomir: Trakcja elektryczna prądu stałego. Układy zasilania; Podręcznik INPE dla Elektryków; Zeszyt nr 27; Wydawca: SEP-COSiW w Warszawie; Zakład Wydawniczy „INPE” w Bełchatowie; Listopad 2009.
3. Drapik Sławomir, Kobielski Andrzej, Prusak Janusz: Wybrane aspekty zmienności obciążeń kolejowych podstacji trakcyjnych. TTS Technika Transportu Szynowego, nr 4/2010 (str. 27 – 31).
4. Drapik Sławomir, Kuzniecowa Walery, Markowski Paweł, Prusak Janusz, Woszczyna Bartosz: Badanie skali zmienności obciążeń wybranej tramwajowej podstacji trakcyjnej na podstawie rzeczywistych wyników pomiarowych dla spójnego okresu czasowego obejmującego szesnaście tygodni. Logistyka nr 6/17 (str. 1026 – 1035).
5. Drapik Sławomir, Markowski Paweł, Prusak Janusz, Woszczyna Bartosz: Analiza obciążeń zespołów prostownikowych przed i po wystąpieniu przeciążenia na przykładzie wybranej tramwajowej podstacji trakcyjnej. TTS Technika Transportu Szynowego, nr 12/2015 (str. 427 – 434).
6. Dziennik Ustaw RP nr 69 z dnia 22 czerwca 1995r., poz. 351: Obwieszczenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 17 maja 1995 w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (str. 1918, E. Pola magnetyczne stałe i o częstotliwości 50 Hz).
7. Jaworski B., Dietlaf A., Miłkowska L.: Elektryczność i magnetyzm. Kurs Fizyki, tom II, PWN, Warszawa 1984.
8. Kotelnikow W. Aleksandr: Problemy elektromagnitnoj ekologii na zeleznodorożnom transportie (Tezisy dokłada). Materiały drukowane Konferencji Naukowo – Technicznej SEP nt. „Oddziaływanie Trakcji Elektrycznej na Środowisko”, Zakopane, 14-16 października 1999, (str. 41 – 43).
9. Kuznetsov V.G.: Elaboration of methodology for calculation of traction power-supply system with the help of renewal stream theory. [w:] Kuznetcov V.G., Vaiciunas G., Gediminas Technical University, Vilnius 2009 (str. 123 – 128).
10. Matusiak Ryszard: Teoria pola elektromagnetycznego. WNT, Warszawa 1976.

11. Mierzejewski Leszek, Szela Adam, Gałuszewski Marek: Systemy zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego; Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej; Warszawa 1989.
12. Nowak Kamil: Trakcja tramwajowa jako źródło pól magnetycznych – ocena zagrożeń. Praca dyplomowa, Politechnika Krakowska, Kraków 2016.
13. Oćwieja Dominik, Markowski Paweł, Prusak Janusz, Woszczyna Bartosz: Specyfika obciążeń zespołów prostownikowych tramwajowej podstacji trakcyjnej dla kilku wariantów pracy na przykładzie rzeczywistej linii tramwajowej. Materiały drukowane XVII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej z zakresu Trakcji Elektrycznej SEMTRAK 2016, Zakopane, październik 2016 (str. 215 – 224).
14. Podoski J., Kacprzak J., Mysiek J.: Zasady trakcji elektrycznej. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980. L14,
15. Prusak Janusz, Zając Waldemar: Sieci trakcyjne jako źródło pola magnetycznego. Materiały drukowane Konferencji Naukowo – Technicznej SEP nt. „Oddziaływanie Trakcji Elektrycznej na Środowisko”, Zakopane, 14-16 października 1999, (str. 103 – 110).

OKREŚLENIE PARAMETRÓW RÓWNOWAŻNYCH DLA OBLODZONEGO PRZEWODU SIECI TRAKCYJNEJ

Hudym V., Jagiełło A., Chrabąszcz I., Prusak J., Trębacz P.

Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej

W okresie zimowym aktualnym problemem staje się zapobieganie oblodzeniu przewodów sieci trakcyjnej, które może utrudniać normalną pracę elektrowozów. W Polsce wystąpił przypadek, gdzie powstawanie osadów na przewodach zasilających doprowadziło do opóźnień pociągów o kilka godzin, a w niektórych sytuacjach doszło do uszkodzenia elementów układu zasilania. W efekcie przełożyło się to na straty finansowe, które wynikły również z tego powodu, że duża część pasażerów przesiadła się na inny środek transportowy.

Autorzy artykułu uważają, że likwidacja oblodzenia na przewodach sieci trakcyjnej jest zagadnieniem aktualnym i ważnym. Zapewnienie niezawodności transportu zbiorowego, kolejowego bądź tramwajowego, pozwala ograniczyć ruch samochodowy wewnątrz dużych aglomeracji, a to z kolei może prowadzić do rozładowania korków.

Spośród wykorzystywanych sposobów usuwania oblodzenia z przewodów elektrycznych stosuje się m.in. mechaniczną metodę likwidacji osadu, którą przeprowadza się przy odłączonym od zasilania odcinku sieci. Konieczność wyłączenia zasilania jest wadą tej metody, ponieważ przy usuwaniu lodu trzeba korzystać z lokomotywy spalinowej. Ta operacja wymaga dużych nakładów czasowych co powoduje, że dana linia jest przez dłuższy czas wyłączona z użytkowania. Dobrą alternatywę dla usuwania lodu stanowi metoda nagrzewania przewodów jezdnych prądem o odpowiedniej gęstości, który byłby pobierany z podstacji trakcyjnych.

Z tego punktu widzenia najbardziej przydatne jest usuwanie lodu z przewodów sieci trakcyjnej poprzez jej nagrzewanie prądem stałym, który jednocześnie usuwa oblodzenie na całym odcinku, a ponadto pozwala nagrzać przewód do temperatury wyższej od zera i w ten sposób zapobiegać powtórному powstaniu osadu przez najbliższe 30 minut, zanim nadjedzie elektrowóz.

Rozwiązanie tego problemu wymaga odpowiedzi na ważne techniczne pytania. Przede wszystkim ile czasu jest potrzebne w celu zlikwidowania oblodzenia i jaką wartość prądu należy zapewnić. Należy również sprawdzić czy wystarczy mocy zainstalowanych prostowników do

zapewnienia potrzebnej gęstości prądu. Odpowiedzi na te pytania można otrzymać poprzez modelowanie matematyczne procesów nagrzewania układu. Jednak w tym przypadku konieczne jest określenie parametrów oblodzonego przewodu, np. współczynnika ciepła właściwego i gęstości układu przewód – lód.

Dlatego zadaniem postawionym w tej pracy jest opracowanie wzorów matematycznych dla współczynników równoważnych, które można wykorzystać do zamodelowania zjawisk występujących w trakcie topienia lodu na przewodach trakcyjnych. Wymienione wcześniej parametry to: równoważny współczynnik ciepła właściwego oraz równoważny współczynnik gęstości układu przewód - lód. Dodatkowo dokonano obliczeń czasu nagrzewania przewodu potrzebnego do stopienia lodu na przewodzie w zależności od grubości tego lodu. Obliczenia przeprowadzono dla wybranych wartości gęstości prądu.

Współczynniki ciepła właściwego miedzi, z której wykonany jest przewód, oraz lodu są różne i podczas rozpatrywania układu przewód – lód, konieczne jest określenie współczynnika równoważnego dla wymienionego układu. Wyprowadzenie wzoru na ten współczynnik oparto o prawo zachowania energii i bilans energii cieplnej. Wykorzystano do tego celu parametry ciepła właściwego, gęstości, masy przewodu oraz lodu pokrywającego rozpatrywany przewód. Ilość ciepła do ogrzania układu przewód – lód o długości 1 m, o 1 °C powinna być taka sama, jak ilość ciepła potrzebna do nagrzewania układu równoważnego. Można to zapisać wzorem (1):

$$C_m * m_m(\theta_k + \theta_o) + C_{lodu} * m_{lodu}(\theta_k + \theta_o) = C_r * m_r(\theta_k + \theta_o) \quad (1)$$

gdzie:

m_m – masa przewodu, C_m – ciepło właściwe miedzi, m_{lodu} – masa lodu, C_{lodu} – ciepło właściwe lodu, θ_k – temperatura docelowa, θ_o – temperatura otoczenia.

Wyrażono masę przewodu i lodu poprzez γ_m i γ_{lodu} oraz objętość poprzez promienie: przewodu (r_{pr}) i układu przewód – lód (R_r), a następnie po dokonaniu przekształceń otrzymano wzór ostateczny na równoważny współczynnik ciepła właściwego w postaci wyrażonej wzorem (2):

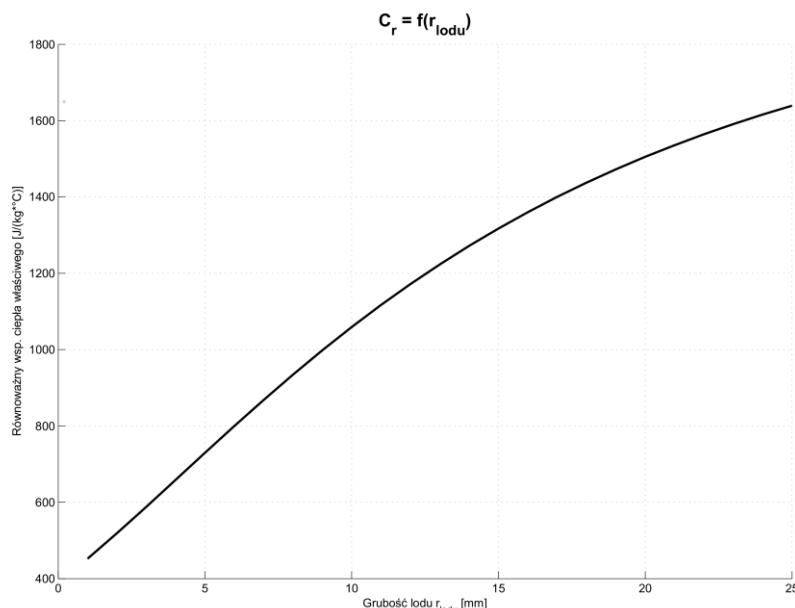
$$C_r = \frac{(\gamma_m * C_m - \gamma_{lodu} * C_{lodu}) + \gamma_{lodu} * C_{lodu} * \frac{R_r^2}{r_{pr}^2}}{(\gamma_m + \gamma_{lodu}) + \gamma_{lodu} * \frac{R_r^2}{r_{pr}^2}} \quad (2)$$

gdzie:

γ_m – gęstość miedzi, γ_{lodu} – gęstość lodu, R_r – promień przewodu pokrytego lodem, r_{pr} – promień przewodu.

Należy zauważyć, że ten współczynnik jest zależny od wymiarów geometrycznych przewodu oraz grubości pokrywy lodowej. Dlatego na rysunku 1 przedstawiono zależność współczynnika C_r od promienia oblodzenia liczonego od powierzchni przewodu do zewnętrznej warstwy lodu.

Przyjmując, że maksymalna grubość oblodzenia wyniesie 25 mm przeprowadzono obliczenia, które zostały przedstawione na rysunku 1.



Rysunek 1 – Wykres zależności równoważnego współczynnika ciepła właściwego od grubości oblodzenia.

Analizując wykres możemy zauważyć, że dla oblodzenia o grubości 1 mm wartość równoważnego współczynnika ciepła właściwego wynosi $452,2 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$. Przy zwiększaniu grubości warstwy lodu do 25 mm powyższy współczynnik uzyskuje wartość $1639 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$.

W celu uzyskania równoważnego współczynnika gęstości dla układu przewód – lód należy skorzystać ze wzoru na masę wymienionego układu. Wzór ten można zapisać w oparciu o gęstość miedzi i lodu, a następnie zakładając pewien współczynnik równoważny porównać lewą i prawą stronę otrzymanego równania. W efekcie wyznaczony równoważny współczynnik gęstości, uzależniony od promienia przewodu sieci trakcyjnej i promienia układu przewód – lód, został określony wzorem (3):

$$\gamma_r = \frac{r_{pr}^2 \cdot (\gamma_m - \gamma_{\text{lodu}}) + R_r^2 \cdot \gamma_{\text{lodu}}}{R_r^2} \quad (3)$$

Zmienna grubość lodu od 1 do 25 mm określa przedział zmian równoważnego współczynnika gęstości w zakresie od 6758 do $1209 \frac{kg}{m^3}$. Stąd oczywisty wniosek, że im grubsza warstwa lodu tym wartość równoważnego współczynnika gęstości bardziej zbliża się do gęstości lodu wynoszącej $916,7 \frac{kg}{m^3}$.

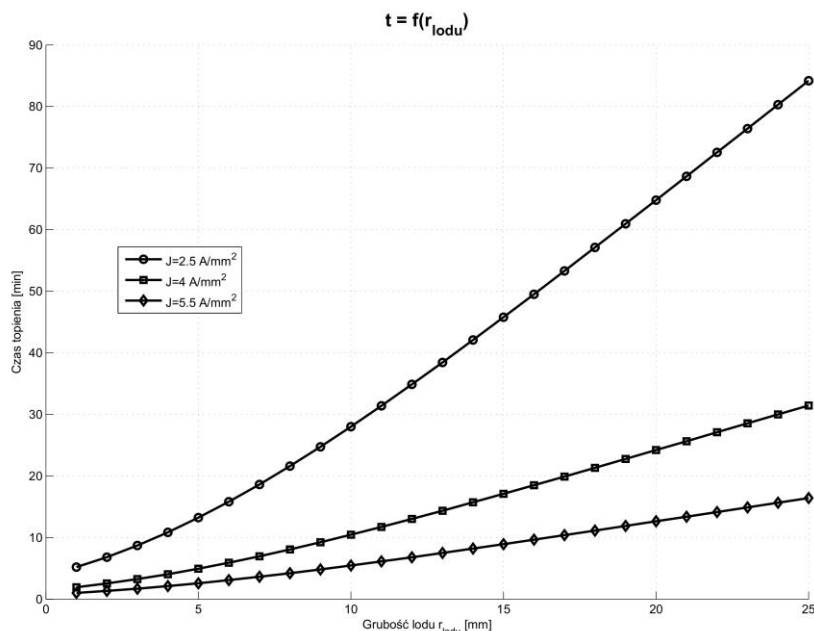
Wzór na zależność temperatury od czasu nagrzewania przewodu, podany w artykule [1], zmodyfikowano o wartość równoważnego współczynnika ciepła właściwego oraz równoważny współczynnik gęstości. Wprowadzono również promień przewodu pokrytego lodem o zmiennej grubości od 1 do 25mm. Zmodyfikowany wzór przyjmuje postać (4):

$$t = \frac{\gamma_r \cdot R_r \cdot C_r}{2\alpha} \cdot \ln \left[\frac{\rho \cdot J^2 \cdot r_{pr}^2}{2\alpha \cdot \left(\frac{\rho \cdot J^2 \cdot r_{pr}^2}{2\alpha} + \theta_o - \theta_k \right)} \right] \quad (4)$$

gdzie:

γ_r – równoważny współczynnik gęstości, α – współczynnik wiatru, ρ – rezystywność miedzi, J – gęstość prądu.

Rezultat obliczeń został przedstawiony w postaci wykresu, na rysunku 2.



Rysunek 2 – Wykres zależności czasu topienia od grubości oblodzenia dla wybranych wartości gęstości prądu.

Analizując wykres można określić, jak zmienia się czas topienia lodu zależnie od jego grubości i gęstości prądu, przykładowo usunięcie oblodzenia o grubości 10 mm można wykonać przy gęstości prądu $4 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$ w czasie 10 minut i 28 sekund, co jest wartością, jak sądzą autorzy, zadowalającą. Otrzymane wzory do określenia równoważnych współczynników pozwalają na obliczenie czasu likwidacji oblodzenia z dokładnością do 10 %.

Literatura:

Hudym V., Jagiełło A., Prusak J., Chrabąszcz I., Trębacz P. Kaczmarczyk A., *Metodyka usuwania oblodzenia z sieci trakcyjnej*, Kraków, 2015, Logistyka nr 6.

ENERGY-EFFICIENT METHOD FOR DIAGNOSING OF THE RELAY AUTOMATION SYSTEMS

Havryliuk V. I.

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan, Ukraine

Despite of significant progress in development of microelectronic railway automatic systems observed in recent decades, relay-contact devices are still widely used in railway signalling systems, that are fundamental to the safe operation of railways and must perform predictably and reliably. So, signalling relays used for safety critical and safety related applications in railway signalling systems must be properly maintained and tested to ensure that they perform safely and reliably throughout their expected life.

The aim of the work is the fault features extraction for the diagnosing of railway signalling relay that based on measuring of relay transient currents with using wavelet transform.

In this regard, the paper will appear as follows: a brief review of electromechanical processes in the railway signalling relay and wavelet transform theory, measurement technique, results and discussion. The last section concludes the paper. With the aim of the fault features extraction for the diagnosing of the railway signalling relay the time dependences of transient

currents during relays switching have been investigated for relays in operable condition and for relays with artificially created defects of contact springs. The measured data have been analyzed in time and frequency domain with using the wavelet transform modifications. Analyses of the transient currents were performed by using of segmentation of the relay current characteristics. The transient currents at the first and third segments that corresponded to unmovable anchor, increased with time approximately as the exponential function. The time constants calculated by fitting of the transient current at first segment by using of the exponential function were practically independent on contact springs faults but strongly depended on condition of relay coil and magnetic circuit. Such behavior allows us to conclude that time constants for first segment can be used for monitoring of relay electromagnetic system condition. The faults caused by defects of armature and contact springs led to the appearance of additional features on the second segment of the transient current which corresponded to the movement of the armature. In the case of incipient faults these features are small and for their identification were used wavelet transform modifications, which allowed to clearly extract fault features. Since the number and amplitude of spikes on DWPT energy plots increased with increasing of armature and contact springs faults, it allows us to use single integrated parameter for the fast monitoring of the relay armature and contacts condition. It was shown that for these purposes can be used the WEPSE of transient current, which values increased with the increasing of the faults in relay contact springs.

THE EFFECTIVE COMPLEX METHOD FOR INVESTIGATING OF THE ELECTROMAGNETIC INFLUENCE OF A TRACTION SYSTEM ON TRACK CIRCUITS

Havryliuk V. I.

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan, Ukraine

The new types of electrical rolling stock (ERS) with an asynchronous traction motors and pulse width modulation (PWM) generate strong electromagnetic interferences that jeopardize normal functioning of track circuits and can cause failures in the operation of railway signalization systems. To eliminate these failures the new samples of rolling stock are usually subject to the electromagnetic emission tests including measurements of the disturbance current in rail lines in the vicinity of the testing sample. Disturbance interference in rails directly characterize electromagnetic environment and allow making conclusion on electromagnetic compatibility of rolling stock with rail circuits. However it is necessary to execute tests on EMC for all operating modes of rolling stock electric equipment, specified by normative documents, but in general case it is practically impossible. Also it is not possible to totally separate the effects of the railway system and the rolling stock under test. Therefore, in addition to measurements in rail lines, the disturbances in rolling stock electrical circuits are usually measured during tests. These results are used for preparing of EMC conclusion on base of physical or mathematical modeling of influence of traction current harmonics, generated by rolling stock, on rail circuits' receivers.

The sets of mathematical models that describe interference propagation in rail lines have been developed last time. Nevertheless investigations of a correlation between traction current harmonics measured in the rolling stock power circuits and in rail lines aren't published in literature. These investigations can be used for performing overall EMC analysis with taking into account of track circuits configuration and theirs parameters variations with possible unfavorable coincidence of their parameters for rail circuits operation

The aim of this work is theoretical and an experimental investigation of traction current harmonics propagation in rail lines for double-track railway line from electrical rolling stock. To achieve the aim the following tasks were solved: the mathematical model describing traction current harmonics propagation in rail lines and its computer realization in MatLab were developed; statistical analyses of traction current harmonics parameters were carried out for experimental data obtained during tests of ERS with PWM. For development of the model a double-track railway line was chosen as a basic railway configuration. Distances between traction substations, quantity and current coordinates of ERS on each track, type of a traction current (AC/DC), frequencies and a level of the traction current harmonics, parameters of a traction circuits and others were chosen as variable parameters of the model.

ADVANTAGES OF WAYSIDE ENERGY STORAGE SYSTEMS FOR DC TRACTION APPLICATIONS

Kosariev Yevhen

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan, Ukraine

Traction power systems experience some of the most extreme variations in local power loads as compared to most other large scale electric power supply networks. These variations create challenges in the construction of reliable electric power delivery systems and in the performance of the rolling stock dependent on power supplied by the system. Distributed traction power system with photovoltaic (PV) power sources offers a solution by smoothing out these power variations and increasing voltage as it drops. Although PV systems exhibit good power capability during steady-state operation, the dynamic response of PV during transient and instantaneous peak power demands is relatively slow. Therefore, the PV system can be hybridized with energy storage systems (ESS) to improve the performance of the PV system during transient and instantaneous peak power demands of an electric rolling stock and to recover energy through regenerative braking.

In energy recovery applications, energy storage is used to reduce energy consumption through the capture and release of regenerated energy from rolling stock. Typically, energy produced by the train during braking is consumed by other trains operating in the vicinity. In the circumstance where there are no other trains available (insufficient electrical load), the excess energy is typically dissipated as heat by an on-board, or wayside, resistor bank. Energy storage can be used to store energy that would otherwise have been consumed by the resistor bank, and then release it back into the traction power system when there is sufficient electrical load.

In general, electrical energy can temporarily be stored in a variety of ways including electrostatic, mechanical, and electrochemical form. Technologies for storing electrical energy are quickly evolving as research and development efforts are continually improving the efficiency and performance of each type of energy storage. Each technology has its characteristic strengths and benefits. In many cases, more than one technology may be suitable for a particular application.

Energy storage systems form part of an integrated traction power supply and distribution system consisting of many different types of devices, each with their characteristic behavior and operating logic. Energy storage interacts with other devices on the traction power network acting the way they behave as well as how they interact with each other.

Common applications of energy storage in traction power systems include the following: Energy recovery, Voltage regulation, Peak shaving, Load shifting.

In voltage regulation applications, energy storage is used to reduce the level of fluctuation in the traction power system voltage. Trains are normally designed to operate within a given range of voltage. If voltage fluctuates outside this range, train operation can be adversely acted. Energy storage can be used to help keep voltage fluctuations within the operating limits of the train. Under voltage conditions are caused by momentary overloading of the power system, usually from too many trains operating in close proximity, or simultaneous acceleration of several trains in a single area. Energy storage can be used to supplement the traction power substations to help mitigate excessive voltage sag. Overvoltage conditions are caused by regenerative braking of trains in locations where there is insufficient electrical load available to absorb the energy produced by the trains. Energy storage can help ensure there is sufficient electrical load available to mitigate such overvoltage conditions. This operation is similar to the energy-recovery application.

In peak shaving applications, energy storage is used to store and release energy with the intent to reduce short-term fluctuations in transit system power demand. The objective of peak shaving is to reduce peak power demands to minimize size of power delivery equipment and/or realize financial benefit through reduction of utility power demand charges.

Load shifting is similar to peak shaving applications but with the intent to shift bulk amounts of electrical energy from one time period to another. The objective of load shifting is to realize financial benefit through reduction of utility energy and/or power demand charges by storing energy in periods of inexpensive electricity and then to release back into the transit system during periods of relatively expensive electricity.

ENERGY EFFICIENT DISTRIBUTED TECHNOLOGY OF POWER TRANSMISSION TO VEHICLES

Kuznetsov V. G.¹, Sychenko V. G.¹, Bialon A.², Hubskeyi P.¹

1 – Dnipropetrovsk National University of Railway Transport
named after Academician V. Lazaryan, Ukraine,

2 – (IK, Poland)

Efficient transport is a fundamental condition for sustainable wealth and prosperity in Europe. Transport drives employment, economic growth and global exports. It provides European citizens, societies and economies with essential resources and means of mobility, while technological advances in transport stimulate and accelerate knowledge acquisition, innovation and European integration. All of this makes transport a corner stone of the European Union's strategy for achieving the greatest knowledge-based economy in the world.

But the increasing demand for mobility is also a major challenge. Rising levels of traffic bring increased safety and health concerns. The environment suffers from transport activities, with CO² emissions now having a real impact on climate change. Meeting transport challenges will require radical solutions, highlighting the essential role of research. The recent enlargement of the EU has raised the total population of the Union by 27%, while the land surface is some 34% larger. People and goods need access to mobility across Europe to ensure economic development and free movement of resources (Dr. András Siegler. Sustainable Surface Transport Research. 7th Framework Programme 2007-2013. Project Synopses - Volume 1). The competitive advantages of our transport industries need to be ensured and enhanced. And, of course, transport is an important factor in many international agreements and key policies, including trade, competition, employment, cohesion, security, maritime and internal market policies, as well as the Kyoto Agreement and its successors.

Thus, the railway transport should constantly find effectively the reserves for decreasing the cost of transportation process to compete with other means of transport. Support of environmentally friendly, energy saving technologies in the sphere of railway transport is the European trend.

Energy consumption for passenger and freight transport has exploded together with transport demand in the last decades – worldwide as well as in Europe – putting heavy pressure on fossil fuel resources as well as increasing the emission of industrial greenhouse gases. Railways are very energy efficient compared to other modes of motorised transport mainly due to lower rolling and air resistance combined with a controlled driving pattern. In order to stay economically competitive and act socially responsible towards the environment, railways must increase their energy efficiency – not the least to enjoy a continued strong political support. Three main reasons for the railway sector to act now are (European railway energy roadmap: towards 2030):

1. Rising energy costs. The European railway networks are spending billions of Euros annually on energy and the energy costs have increased significantly over the last few years (more than 10% per year). The continued increase in oil prices to a level of 100 \$ per barrel underlines the necessity for improved energy efficiency, also because the electricity prices are highly influenced by the prices on coal, crude oil and gas.

2. Energy security & independency. Energy security is getting more important as well. More and more countries want to be independent of foreign energy supplies. Also for the railways, reducing the energy demand will reduce the dependency. In addition, with improved energy efficiency the railways in some cases could be able to accommodate more traffic growth before reaching the technical limits of the railway (electrified or nonelectrified) infrastructure (e.g. maximum power feed etc).

3. Climate protection. Climate change has become a strategic cornerstone for the railways. Railways are fortunate to run 80% on electricity in Europe but it is not possible for all industrial electricity consumers to switch to renewable energy sources at once. Therefore improved energy efficiency is vital when the railways want to achieve their individual CO₂ targets.

Energy saving on railway transport in the conditions of market economy is one of priorities of scientific and technical policy. Currently, the traction power system evolve towards intellectualization and the using of Smart grid systems.

Classical approaches to the circuitry of traction power supply systems (PSS) are based on the fact that it consists of traction converter substations, which supplied by centralized power system from an external power supply system and traction line that includes power feeders, and contact and rail lines. One of the drawbacks of such PSS is the fact that with a voltage of 3.3 kV on traction substation in case of lines with dense traffic they are placed at a distance of less than 20 ÷ 25 km from each other, cross-sectional area of contact line is 300 ÷ 600 mm² in copper equivalent to one track . Especially critical this drawback become in the case of the implementation on lines electrified with DC current with speeds greater than 160 km / h that are rigidly standardized with value of voltage 2.9 kV on the pantograph of rolling stock.

Taking into account that in Poland completely, and in Ukraine, as well as on the railways of the countries in the world, about a half of lines with electric traction system is electrified on direct current, it is necessary to carry out reconstruction of DC electric traction system in order to increase the transport and carrying capacity. At the same time there have to be most realized advantages of this system with the minimum additional capital investments.

To improve the technical and economic parameters of the existing sections of electric railways DC it is used a number of technical and organizational measures, but greater effect can be achieved by use of distributed power supply, i.e. the transition to the new circuit design of

PSS. Decentralized or distributed system Traction Power DC does not require additional investments in external power supply system providing increased traffic capacity of DC electrified railway lines in connection with the introduction of high-speed traffic. The advantage of this system is also only need in feeding contact network, requiring no additional aggregate power and the use of alternative energy significantly reduces the electricity consumption of centralized power.

At the same time, solving technical problems during the implementation and operation of electrified DC lines including distributed power system is impossible without solving the problem of electromagnetic compatibility (EMC) with adjacent systems, rail transport and with external power supply systems (EPS). The main measure to reduce the interfering influence of higher harmonic components in rectified voltage is installation on all traction substations passive smoothing filter (FS), designed to minimize harmonic amplitudes of canonical inherent specific rectification circuit. Conducted studies have established that the DC railways in Poland and Ukraine apply different schematics in FS. At the present stage of development of semiconductor technology it is possible the development and practical implementation of different schemes of active smoothing filter (SAF) on DC traction substations. Its use on DC substation allow to save 100-150 thousand kWh hours by reducing energy losses. In turn, the use of distributed PSS reduces power losses of higher harmonics from circulation by 2-4%.

Proposed technology of distributed traction power supply system with alternative sources of energy and active filter will increase the efficiency of canalization of electric energy to the traction rolling stock by reducing the basic and additional energy losses in the traction line and at the same time assure the compliance with the indicators of electromagnetic compatibility.

METHODS OF STABILIZATION OF THE ADHESION COEFFICIENT OF WHEEL WITH RAIL

Gerlici Juraj¹, Gorbunov Mykola², Kravchenko Kateryna³,
Domin Rostislav², Lack Tomáš¹, Vladimír Hauser¹

1 – Department of Transport and Handling Machines, Faculty of Mechanical Engineering,
University of Žilina, 2 – Department of Rail Transport, Institute of Transport and Logistics,
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

3 – Department of Dynamics and Strength, branch “Rail Transport Scientific and Engineering
Institute” of public joint stock company “Ukrainian railway”

The variants of technical solutions on multifunctional (temperature, abrasive) controlling tribocontacts by of energy air, air-abrasive stream or pellets of dry ice, electrified sand supply are proposed. Achieving optimum amount of supplied sand in the wheel-rail tribocontact is proposed through the use of his electrifying tribostatic or electrostatic methods.

To date, research schools and centers in many countries (Great Britain, USA, France, Japan, Germany, The Netherlands, etc.) tested such methods of increasing the cohesion in the wheel-rail system – arc, laser, plasma, chemical and blast cleaning, supply of abrasive materials of different properties in the contact and other. Many of the established methods yielded positive results, but had not received wide dissemination and implementation because of their inherent flaws. Therefore, the experts conducted a further search of the most effective methods to control the cohesion.

In the research works of Kazarinov, Luzhnov, Verbeke it is indicated that contamination of the roll surfaces of wheel and rail, forming an intermediate layer, called the third body, adversely affects the cohesion quality of the locomotive. To improve traction in conditions of usage the

most widespread are special feeder in the contact zone of abrasive material and cleaning of roll surfaces. Luzhnov proposed to regulate the quantity of supplied sand to the contact depending on the quantity of moisture or contamination of the rail surface and the speed of the locomotive. In the paper Gorbunov's the cleaning front wheel rails in pairs effect on the coefficient of friction is researched. According to research Lapushkin's the coefficient of friction depends on the nonequilibrium state of the surface nanolayers of wheel and rail in the contact area caused by the increase of temperature in them up to 103 K. In research works of Kamenev's, Osenin's showed that to ensure a high cohesion qualities of the locomotive to the wheel contact with the rail should be supplied a certain amount of sand. There are other ways of increasing the cohesion in the contact of wheel with rail, however, due to the difficulty and complexity of the research question improve gripping qualities of the locomotives remains open.

In the world practice of rail transport operation, the most common method of regulating the cohesion is the supply of sand to the rails. The study of different designs of sand systems allowed to identify their shortcomings, which are mainly related to:

- excess supply of sand, which causes contamination of the rail ballast and rail-sleeper grid, negatively affects the railway facilities;
- increasing resistance to the movement of the passing train due to the remaining sand on the rails, after the passage of the locomotive, sand under the wagons, about 10-12 %, which directly affects the consumption of fuel and energy resources;
- increased abrasive wear and damage of rails and wheels of rolling stock;
- clogging of the gap between the point and rail frame in railroad switch, thereby disrupting the functioning of the transfer mechanism, which affects the safety of train movement;
- contamination of the elastic strips between the bottom of the rails and the sleepers, which leads to their deterioration and change in the stiffness of rail-sleeper grid.

For many years at the Department of railway transport of Volodymyr Dahl East Ukrainian national University conducted theoretical and experimental researches on increase and stabilization of the coefficient of cohesion of wheel and rail. Developed laboratory and bench equipment as well as research software systems. Given the shortcomings inherent in existing systems of improving the cohesion of wheels and rails, based on the experience and research of predecessors created, tested and brought to the model samples of promising ways of controlling the cohesion of wheels and rails for different designs of prospective and existing rolling stock:

1 – impact one - or two-phase air or air-abrasive stream (with different temperature) on the contact surfaces of wheel and rail.

2 – cleaning contact surfaces with dry ice pellets – the most environmentally friendly and efficient method of combined control of tribological contact condition (temperature, roughness) (Patent UA №94498. A method of increasing the cohesion in the contact zone of wheel and rail);

3 – jet-abrasive impact on the rolling surface of wheel and rail, regardless of their initial friction condition provides the value of the coefficient of friction of 0.25 above, reduces the abrasive material amount by 3-7 times, depending on the operating conditions of the locomotive;

4 – supply of electrified abrasive material into contact, thus reducing its costs by 25 times.

Achieving optimum amount of supplied sand in the wheel-rail tribocontact is proposed through the use of his electrifying tribostatic or electrostatic methods. When electrostatic charging of the electrization the particles occurs under the influence of the field of high-voltage corona charge (Patent UA on useful model № 56033. Locomotive sand system). The main disadvantage of this method is the difficulty of obtaining high voltage and the associated increased requirements to safety. The advantage of this method of electrification is the high performance, due to the almost 100 % charge small particles.

Tribostatic charging is based on the friction of abrasive particles on pipe wall with inserts of dielectric (e.g. Teflon) (Patent UA on useful model №48520. Method of improving the wheel

and rail cohesion). Transfer charge to the particles of sand does not require additional equipment to produce a high voltage, for electrostatic charging. The complexity of the method lies in the selection and location of dielectric material. Both of this methods are acceptable for use on the locomotive.

To estimate the radius of the wastage of sand necessary to determine the contact area depending on the rolling stock, the type of wheel pairs and the vertical load on the wheelset on the rails. It is proposed to use the calculation method of the contact area, developed by colleagues at the Department of transport and handling machines of the University of Žilina. There are used the modified “FASTSTRIP” method for the tangential stresses computation.

After analyzing the methods of increasing and stabilizing the wheel cohesion with the rail, the authors have developed an innovative method, consisting in the purification of the interacting surfaces with dry ice pellets (Patent UA №94498. A method of increasing the cohesion in the contact zone of wheel and rail). As known, dry ice is solid carbon dioxide (CO₂), low temperature product.

Intensive cleansing action of this method is provided by three effects:

1. The mechanical cleaning effect of the dry ice pellets hitting the surface to be cleaned with a high speed.

2. Cleaning due to the thermal energy the abrupt cooling of the surface of dry ice having a temperature of – 79 °C, leads to the formation of small cracks of the layer of pollution due to the large temperature difference.

3. Purification through sublimation – emerging through the cracked contamination of the dry ice pellets penetrate their layers and are sublimated in them with more than 400-fold expansion in volume, causing the explosion effect and pollution detach from the surface.

ОЦІНКА РЕСУРСУ ЕЛЕМЕНТІВ ПАРИ ТЕРТЯ «КОНТАКТНИЙ ПРОВІД – СТРУМОЗНІМАЛЬНИЙ ЕЛЕМЕНТ»

Антонов А. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Ресурс системи «контактний провід – струмознімальний елемент» являється важливою техніко-економічною характеристикою і дуже часто її середній фактичний ресурс виявляється набагато меншим встановленого. Це значить, що фактичний ресурс не досягає оптимального значення з економічної точки зору.

Зі збільшенням швидкостей руху електрорухомого складу загострюється проблема підвищення якості струмознімання та актуалізується задача збільшення ресурсу роботи елементів пари тертя «контактний провід – струмознімальний елемент» для магістрального залізничного транспорту.

Світовий досвід експлуатації швидкісних електрифікованих залізниць визначає основні вимоги до забезпечення якісного струмознімання при швидкостях руху до 200 км/год:

- забезпечення якісного регулювання ланцюгових контактних підвісок, що вже експлуатуються на ділянках;
- збільшення натягу проводів та тросів;
- використання сучасних струмоприймачів на електрорухомому складі;
- використання нових матеріалів контактних проводів та струмознімальних елементів.

Невідповідність інфраструктури електрифікованих залізниць цим умовам при збільшенні швидкості руху електрорухомого складу, призводить до появи частих виходів з ладу контактної мережі, струмоприймачів та до збільшення збитків залізниці через зупинку поїздів.

На ділянках постійного струму напругою 3 кВ особливо гостро постає питання підвищення ресурсу контактного проводу, термін експлуатації якого, на головних ділянках колії становить 10 – 15 років. Подібна ситуація викликана використанням в якості струмознімальних елементів електровозів мідних пластин. Також на цих самих ділянках експлуатуються електропоїзди зі струмоприймачами, які обладнані графітовими вставками, пробіг яких становить близько 5 тис. км, що більше ніж в 5 разів менше встановленого ресурсу для цього типу матеріалу.

Під поняттям технічного ресурсу виробу необхідно розуміти наробіток об'єкту від початку експлуатації до настання граничного стану. В якості міри тривалості експлуатації об'єкту обираються параметри, які характеризують тривалість експлуатації. Для контактних проводів таким параметром є кількість проходів струмоприймача, а для струмознімальних елементів – пробіг в кілометрах. А в якості міри для визначення величини зносу контактних проводів та струмознімальних елементів – площа поперечного перерізу та висота, відповідно.

Для дослідження процесів зношування використовуються фізичні та математичні моделі трібопар, проводяться дослідження реальних об'єктів на спеціалізованих стендових установках та під час експлуатаційних випробувань.

Проведення таких досліджень дозволяє досягнути наступних цілей:

- Оцінити поєднання елементів контактної пари;
- Провести зрівняльні дослідження;
- Визначити оптимальні умови експлуатації;
- Спрогнозувати строк служби елементів контактної пари.

Існуючі системи, що моделюють взаємодію струмоприймачів з контактними підвісками, дозволяють досліджувати вплив їх конструктивних особливостей на якість струмознімання без проведення натурних експериментів, але навіть моделі провідних компаній в цій не враховують вплив параметрів пари тертя «контактний провід – струмознімальний елемент» на процес зношування.

Рішенням задачі з підвищення ресурсу контактних проводів та струмознімальних елементів електрорухомого складу може бути створення фізичної моделі та використання отриманих зрівняльних даних для побудови математичної моделі, що враховувала б параметри взаємодіючих систем, прогнозувала інтенсивність зношування елементів пари тертя та їх ресурс.

ТЯГОВЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД АВТОНОМНОГО МОТОРВАГОННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Афанасов А. М., Арпуль С. В.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

Опытная эксплуатация гибридного тягового и моторвагонного подвижного состава с использованием в качестве источника электроэнергии современных тяговых аккумуляторов в настоящее время ведется на железных дорогах целого ряда стран Западной Европы, Японии, США. Повышение интереса к гибридным локомотивам и

электропоездам у ведущих мировых производителей железнодорожной техники связано, прежде всего, с высокими достижениями производителей накопителей электроэнергии.

Решение задачи выбора структуры и параметров тягового привода перспективных автономных поездов будет определять как технические возможности создания такого подвижного состава, так и экономическую эффективность его эксплуатации. Одним из важных вопросов в данном решении является выбор типа тягового двигателя, который будет определять себестоимость всего электропривода, его надежность, а также суммарные расходы на содержание и ремонт перспективного подвижного состава.

Ведущие мировые производителей электроподвижного состава используют в качестве тяговых двигателей, как правило, асинхронный привод, тем не менее, высокую конкуренцию асинхронному приводу в последнее время составляет синхронный. На рынке тягового электромашиностроения появился синхронный тяговый двигатель с постоянными магнитами «12LCS3550C» компании Alstom. Удельная масса данного тягового двигателя составляет всего 0,87 кг/кВт, что на порядок меньше этого же показателя современных коллекторных электродвигателей и в 3 ÷ 4 раза меньше удельной массы современных асинхронных тяговых двигателей той же компании Alstom. Следует отметить, что достижение таких показателей стало возможным, в том числе, благодаря повышению номинальной частоты вращения электродвигателя до значения 3500 об/мин. Это весьма существенно для тяговых двигателей и стало достижимым благодаря использованию специальных подшипников.

Система управления автономным поездом должны обеспечивать автоматический пуск и рекуперативное торможение со стабилизацией тягового или тормозного усилия (ускорения), а также стабилизацию скорости с автоматическим переходом из режима тяги в режим рекуперативного торможения. Суммарная мощность тягового привода должна выбираться из расчета обеспечения на площадке пускового ускорения $0,7 \text{ м/с}^2$. В качестве дополнительного накопителя энергии, применяемого в режимах пуска и остановочного торможения, необходимо использовать суперконденсаторы, разряд и заряд которых возможен с высокими значениями мощности при незначительных потерях.

Структура силовой схемы электропоезда в режиме тяги должна обеспечивать питание тяговых двигателей и от аккумуляторной батареи, и от суперконденсаторов, как с понижением, так и повышением напряжения относительно уровня напряжения на источнике. В режиме рекуперативного торможения силовая схема должна обеспечивать возможность заряда и аккумуляторной батареи, и суперконденсатора, как с понижением, так и повышением напряжения относительно уровня напряжения на тяговом двигателе.

УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ КАЧЕСТВ ЛОКОМОТИВОВ КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОВ

Афанасов А. М., Арпуль С. В.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

Анализ существующих вариантов возможного решения проблемы «колесо-рельс» показывает, что условия сцепления рассматриваются как фактор, безусловно влияющий на износ бандажа и рельсов, но не лимитирующий. Такой подход обусловлен общей тенденцией наращивания мощности тягового подвижного состава и увеличением массы поездов. При этом не принимается во внимание, при каком физико-химическом состоянии

поверхностей рельсов и каким методом достигается увеличение реализуемого физического коэффициента сцепления. Условия сцепления, как правило, не рассматриваются и в качестве фактора, влияющего на удельный расход энергетических ресурсов на тягу поездов.

Существенное ухудшение сцепления наблюдается на кривых участках пути с малыми значениями радиуса кривых. То есть именно в тех условиях, которые являются наиболее неблагоприятными с точки зрения износа гребней. Применение песка в кривых в режиме реализации предельных сил сцепления, характеризующимся увеличенным проскальзыванием, в сочетании с перечисленными выше факторами приводит к многократному возрастанию показателя износа. При этом увеличивается сопротивление движению поезда и удельный расход энергоресурсов на тягу.

Существующей практикой вождения поездов использование песка никак не лимитируется, а сам расход песка не контролируется. Зачастую подача песка используется машинистами, как превентивная мера, еще до появления боксования. Сами правила определения весовых норм предусматривают применение песка. Движение поездов нормированной массы на расчетных подъемах при неблагоприятных метеоусловиях всегда сопровождается подсыпкой песка.

Одним из наиболее негативных последствий применения песка является сведение практически до нуля эффективности смазывания гребней колес подвижного состава и рельсов. Применение смазки гребней, кроме снижения интенсивности износа колес и рельсов, обеспечивает снижение расхода энергоресурсов на тягу и вероятность вкатывания колеса на рельс в кривых, но при этом несколько ухудшают условия сцепления. Таким образом, существует противоречие, заключающееся в том, что преодоление участков со сложным профилем и, как правило, планом пути с использованием смазки гребней требует дополнительных мер улучшения сцепления.

Влияние условий сцепления на износ гребней может быть оценено с помощью наиболее часто используемого энергетического критерия. В качестве фактора износа в данном критерии принимают работу сил трения в контакте «колесо-рельс», приходящуюся на единицу пройденного пути. Этот же критерий может быть использован и для определения дополнительных затрат энергоресурсов на тягу, вызванных проскальзыванием поверхности колеса локомотива по рельсу. При этом необходимо рассматривать как продольное проскальзывание поверхности катания, так и трение гребня колеса по боковой поверхности гребня.

РОЗРОБКА КОНТАКТНИХ ПЛАСТИН БРЗГ-1 ТА БРЗГ-2 ДЛЯ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Баб'як М. О., Мінеєв О. С., Залеський Л. І.

Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Для локомотивних депо гостро стоїть питання постачання контактних пластин для струмоприймачів електрорухомого складу, особливо постійного струму.

На основі багаторічного досвіду співпраці колективу локомотивного депо Львів-Захід та авторів розробки контактних пластин марки БрЗГ у 2004-2009 рр. були виготовлені дослідні партії цих пластин в умовах депо.

Основними компонентами складу пластин БрЗГ є бронза, залізо та графіт, які підібрані у такому співвідношенні, що забезпечує утворення самовідновлювальної політури на поверхні тертя «накладка – контактний провід».

За попередніми даними, ресурс контактних пластин марок БрЗГ перевищував ресурс контактних пластин ВЖЗП у 3,72...4,24 рази, контактних пластин МГ-487 у 1,76 рази, ПКД-2 у 2,44 рази.

Враховувавши зауваження і досвід експлуатації, автори розробки удосконалили технологію виготовлення пластин, отримавши покращений склад БрЗГ-1 (фазовий склад пластини – бронза – 35-40% об, залізо – 27-34% об, вуглець – 27-30% об).

На даний час авторами розробки проведені лабораторні дослідження покращеної композиції для контактних пластин струмоприймачів електрорухомого складу постійного струму БрЗГ-2 (масова частка вуглецю в політурі перевищує 35%), що дозволить зменшити знос контактного проводу, з підвищенням ресурсу самої пластини.

Враховуючи розміри контактних пластин марок БрЗГ-1 (8x30x225) та БрЗГ-2 (9x30x225) можна сказати, що на один полоз струмоприймача їх необхідно 5+3+5, тобто 13 пластин, на відміну від контактних пластин марок ПКД-1 і ПКД-2 розмірами (8x30x200) при необхідності 6+4+6, тобто 16 пластин, що в загальному на один електровоз складає економію 12 пластин (18,75 %). При вартості пластин ПКД-2 майже 400 грн., це близько 4800 грн. на один електровоз, не враховуючи трудові затрати.

Якщо нові контактні пластини марок БрЗГ-1 та БрЗГ-2 будуть мати більший ресурс ніж контактні пластини марок ПКД-1 і ПКД-2, тоді додатково значно знизяться загальні витрати на закупівлю пластин і зменшаться затрати робочого часу на їх монтаж-демонтаж.

При річній потребі залізниці понад 600000 шт. пластин марки ПКД-2 економічний ефект може скласти 45 млн.грн.

ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ РУХОМОГО СКЛАДУ

Баб'як М. О.¹, Шидловський Р. М.², Недужа Л. О.¹, Луніс О.³

1 - Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
мені академіка В. Лазаряна, 2 - Львівський коледж транспортної інфраструктури, Україна,
3 - Технічний університет, Вільнюс, Литва

Для ресорного підвішування електровоза застосовується як одноступінчасте, так і двоступінчасте ресорне підвішування. Застосування того або іншого визначається багатьма причинами:

- 1) можливістю забезпечення необхідного статичного прогину вживаним елементом ресорного підвішування;
- 2) конструкцією тягового приводу;
- 3) конструкційною швидкістю електровоза.

На даний час при конструюванні ресорного підвішування застосовують такі елементи: листові ресори, виті пружини, гумометалеві елементи, пневморесори, комбіновані елементи (гідродемпфери).

Ресорні комплекти створюють так звану систему ресорного підвішування, яка забезпечує взаємну рухливість окремих частин механічної системи електровоза і передачу сил від мас кузова і візків на колісні пари. За допомогою системи ресорного підвішування конструктивно реалізується "принцип розділення мас" електровоза.

Важлива роль у візкових електровозах належить облаштуванню передачі сили тяги і гальмування від візків на кузов. Для цього використовують шкворневі (у вигляді вертикального стержня) або повідкові пристрої. Останнім часом отримали поширення пристрої, що складаються із стержневих елементів, розташованих горизонтально або похило по відношенню до площини залізничної колії. Стержні або тяга в порівнянні із шкворневою передачею сили тяги дозволяють збільшити використання зчіпної ваги електровоза і відмовитися від ненадійного шкворневого пристрою, схильного в місцях з'єднання його з візком поверхневому зносу.

Підвішування може бути незалежним і збалансованим (зв'язаним). Якщо навантаження рами візка передається на кожну буксу через окремі еластичні елементи (ресори, пружини, гумометалеві блоки), не пов'язані з еластичними елементами інших колісних пар, то таке підвішування називається незалежним. При незалежному підвішуванні тиск коліс на рейки залежить від коливань надресорної будови, правильності розважування, стану елементів підвішування та інших чинників (нерівність навантажень погіршує використання зчіпної ваги, обмежує величину сили тяги, що розвивається електровозом). Для рівномірного розподілу (статичного і динамічного) навантажень по колісних парах одного візка еластичні елементи підвішування сполучають між собою балансирами. Властивості отриманого таким шляхом збалансованого підвішування залежать від його конструкції. Для поліпшення роботи система повинна мати мінімальне тертя і інерцію.

Розрізняють верхню, нижню і проміжну системи підвішування. У першому випадку еластичні елементи розташовуються над буксами (надбуксове підвішування), а в другому – під буксами (підбуксове підвішування) колісних пар. Третя система, проміжна, - характеризується розташуванням еластичних елементів збоку від букс при одному або різних рівнях (верхнє застосовувалося на ВЛ8, нижнє застосоване на ВЛ11, ВЛ80, ЧС2, проміжнє застосоване на ЕР2).

У вантажних електровозів конструкція буксового ступеня ресорного підвішування уніфікована.

Букса є частиною першого ступеня буксового ресорного підвішування. Перша ступінь підвішування є проміжною еластичною ланкою між рамою візка і колісними парами: призначення її – пом'якшувати удари, що передаються кузову електровоза, що викликані нерівностями колії, передавати вагу кузова і візків на окремі колісні пари і вирівнювати навантаження на колісні пари, а також зменшувати дію електровозів на колію.

Елементи системи ресорного підвішування можна об'єднати в дві основні групи: дисипативні і пружні. До першої групи відносяться листові ресори, гідравлічні і фрикційні гасителі коливань, тобто такі елементи, в яких виникає сила тертя (дисипації), що сприяє гасінню коливань. До другої групи відносять циліндричні ресори (пружини).

Нами проводяться дослідження роботи ресорного підвішування електрорухомого складу на основі реальних даних з ПрАТ "Львівський локомотиворемонтний завод", та локомотивних депо. Особливо цікавими є дослідження елементів ресорного підвішування вантажних електровозів постійного струму, що працюють в умовах карпатського перевалу.

СЕЛЕКТИВНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОШКОДЖЕНОГО ФІДЕРА ЗА ОДНОФАЗНОГО ЗАМИКАННЯ НА ЗЕМЛЮ

Базилевич М. В., Сабадаш І. О.

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Однофазні замикання на землю (ОЗЗ) – найбільш поширений вид пошкоджень в мережах 6÷35 кВ. Селективний захист за ОЗЗ вдалося створити порівняно недавно, з використанням досягнень мікропроцесорної техніки і застосуванням складних алгоритмів обробки сигналів. Додатковим ускладненням створення селективного захисту за ОЗЗ є різноманіття способів уземлення нейтралі: ізольована нейтраль, заземлена через дугогасну котушку, заземлена через високоомний- чи низькоомний опір. В деяких мережах застосовують ще й комбіноване уземлення нейтралі через паралельно з'єднані резистор і компенсаційну котушку. Відомий принцип побудови селективного захисту за ОЗЗ із визначенням пошкодженого фідера по спрямуванню фронтів струму нульової послідовності $3I_0$ і напруги нульової послідовності в перший момент перехідного процесу. Для пошкодженого приєднання напрямки фронтів $3I_0$ і $3U_0$ співпадають в перший момент перехідного процесу, для непошкоджених приєднань – фронти протилежно направлені. Даний алгоритм успішно використовується в пристроях захисту за ОЗЗ «Альтра32» (виробництво ІМСКОЕ).

Задачею досліджень було встановити як різні види уземлення нейтралі впливають на селективність визначення приєднання з ОЗЗ. Було створено модель типової електричної мережі 10 кВ. В моделі враховувались всі основні елементи, що впливають на характер координат за ОЗЗ: силові трансформатори, трансформатор напруги, кабельні лінії і вид уземлення нейтралі. Досліджували ОЗЗ за різної кількості ліній, введених в роботу. Також змінювали місце ОЗЗ.

Дослідження проводились для дугових ОЗЗ, як найбільш поширених видів ОЗЗ. Встановили, що при ОЗЗ рівень високочастотних вільних складових фазних напруг, напруги нульової послідовності та струмів нульової послідовності $3I_0$ сильно залежить як від місця ОЗЗ, так і місця розташування захисту. Пояснюється це тим, що вільні складові струмів протікають по контурах із різними поздовжніми параметрами за замикань в різних точках мережі. Вимушені складові фазних напруг і струмів $3I_0$ набагато менше залежать від місця ОЗЗ.

За дугових ОЗЗ визначити пошкоджене приєднання можливо тільки використовуючи інформацію про координати режиму під час горіння дуги. Після погасання дуги визначити пошкоджене приєднання неможливо – на величину та напрям струмів $3I_0$ впливають заземлюючі пристрої. Тому алгоритм визначення пошкодженого фідера по спрямуванню фронтів $3I_0$ і $3U_0$ має перевагу перед іншими алгоритмами, оскільки з самого початку розрахований на аналіз координат ОЗЗ в перехідному процесі.

Дослідження показали, що різні види уземлення нейтралі суттєво впливають на величину струмів $3I_0$, в тому числі на їх частотний спектр та величину. Також було встановлено, що вільні складові струмів $3I_0$ мають вищі частоти, ніж вільні складові в напрузі $3U_0$. У фазних напругах та напрузі $3U_0$ високочастотні складові мають меншу частоту вільних коливань (порівняно із $3I_0$).

В результаті проведених досліджень було встановлено, що для пошкодженого приєднання фронти напруги $3U_0$ і струму $3I_0$ є спрямовані в одному напрямку, а для непошкодженого приєднання – протилежно. Ця властивість виконується за будь-якого виду уземлення фази та за ОЗЗ в будь-якому місці мережі. На визначення пошкодженого приєднання не впливає конфігурація мережі.

Висновок: алгоритм захисту за ОЗЗ, що використовує дані про спрямування фронтів струмів $3I_0$ та напруги $3U_0$ надійно працює за дугових замикань в мережах 6÷35 кВ із будь-яким видом уземлення нейтралі.

ЦИФРОВІ ЗАХИСТИ ФІДЕРІВ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Данилов О. А., Холод А. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Для захисту фідерів контактної мережі постійного струму використовують швидкодіючі вимикачі. Складність визначення аварійного чи нормального режиму роботи тягової мережі приводить до великої кількості хибних спрацьовувань. З появою цифрових захистів з'явилася можливість з більш високою точністю виявляти короткі замикання в тяговій мережі. У той же час нові засоби захисту повинні мати високу надійність і бути зручними в експлуатації. Одночасно вони можуть виконувати додаткові функції, пов'язані з роботою елементів автоматики і, у деяких випадках, здійснювати контроль за правильністю послідовності дій при виконанні переключень.

Робочі і аварійні режими роботи фідерів контактної мережі постійного струму сильно відрізняються від роботи не тільки високовольтних ліній, але навіть від фідерів контактної мережі змінного струму, то зрозуміло, що для їх захисту необхідні спеціалізовані мікропроцесорні комплекти. Такі захисти почали розроблятися в кінці 90-х років.

На залізницях України використовують цифрові захисти МРЗС-05А-02 (ПО "Київприлад"), ЦЗАФ-3,3 (зараз ІнТер-3,3 ТОВ «НПЕФА-ЕНЕРГО») і SMTN-3 (ПАО «Плутон»). Ці багатофункціональні мікропроцесорні захисти незважаючи на однакові вимоги мають ряд відмінностей. Це насамперед обумовлено тим, що комплект ЦЗАФ-3,3 зразу проектувався для захисту контактної мережі постійного струму з урахуванням специфіки режимів роботи тягового електропостачання. Конструктори намагалися не тільки реалізувати в одному пристрої відомі захисти фідерів постійного струму, але і поліпшити їхні характеристики.

Комплект МРЗС-05А-02 створювався пізніше на базі багатофункціонального програмованого мікропроцесорного захисту МРЗС-05. Комплекс МРЗС-05 має гнучку архітектуру внутрішніх зв'язків. Є можливість активувати з набору необхідні захисти і потім програмувати логіку їхньої взаємодії, можна призначати входам і виходам різні функції.

Електротехнічні фірми, які виробляють високовольтне комутаційне обладнання для електрифікованих залізниць 3,3 кВ, комплектують швидкодіючі вимикачі цифровими засобами контролю і захисту. Відомі виробники і назви мікропроцесорного комплексу:

- SEPCOS Secheron (Швейцарія);
- ENTEC Enhanced Technology (Корея);
- U-MLC Infrastructure (Італія);
- GRX-200 Toshiba (Японія);

Всі вони мають майже однакові види захисту: максимальний струмовий захист, захист по мінімальній і максимальній напрузі, захист по збільшенню струму за проміжок часу, захист по швидкості зростання струму, термічний захист, функцію визначення напрямку потужності

Всі цифрові захисти мають широкі можливості зв'язку з зовнішніми приладами. Через оптопорт пристрій отримує дані про величину струму і напруги, через інтерфейс

RS-232 підключається до комп'ютера, через RS-485 може підключатися до інших мікропроцесорних приладів, що знаходяться на підстанції. Також, через входи дискретних сигналів, може контролювати сигнали від інших приладів автоматики.

Сучасні мікропроцесорні пристрої захисту додатково можуть виконувати наступні функції: функції автоматики, управління швидкодіючими вимикачами, управління лінійним вимикачем, функції сигналізації, реєстрації подій і аварійних процесів, - функції самодіагностики.

ОСОБЕННОСТИ ЗАЩИТЫ ИЗОЛЯЦИИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ОТ АТМОСФЕРНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Дьяков В. А., Шевченко Е. В.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

Наибольшую опасность для изоляции контактной сети представляют атмосферные перенапряжения. При прямом ударе молнии в опору контактной сети, ригель жёсткой поперечины или в землю вблизи полотна железной дороги в проводах контактной сети возникают индуктированные перенапряжения. Контактная сеть вследствие большой протяжённости подвергается частому воздействию атмосферных перенапряжений, которые легко распространяются на значительные расстояния и воздействуют на изоляцию оборудования электроподвижного состава и тяговых подстанций.

При отсутствии защитных устройств или понижении электрической прочности изоляции в процессе эксплуатации перенапряжения могут приводить к повреждениям контактной сети, электрооборудования электроподвижного состава (ЭПС) и тяговых подстанций. В этой связи для защиты изоляции контактной сети, электрооборудования ЭПС и тяговых подстанций от атмосферных перенапряжений используются разрядники (роговые, трубчатые, вентильные) или ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН).

Эффективность действия разрядников и ОПН определяется защитным уровнем, который представляет собой наибольшее напряжение, возникающее в месте подключения защитных устройств при нормированных параметрах воздействующих перенапряжений. Выбор соотношения между защитным уровнем разрядников (ОПН) и электрической прочностью изоляции контактной сети, электрооборудования ЭПС и тяговых подстанций зависит от электротехнических характеристик изоляции и условий ее эксплуатации. Выбор этих соотношений получил название координации уровней изоляции.

Учитывая, что вольт-амперная характеристика рогового разрядника представляет из себя линейную зависимость, при пробое искровых промежутков разрядника под воздействием перенапряжений на нем возникает остающееся напряжение, которое может превышать электрическую прочность изоляции контактной сети. В этой связи замена роговых разрядников на ОПН при новом строительстве, модернизации, реконструкции и капитальном ремонте контактной сети целесообразна, так как, протекающий через ОПН импульсный ток вследствие высокой нелинейности резисторов не создает опасного для изоляции контактной сети повышения напряжения обеспечивая координацию изоляции. Однако роговые разрядники по сравнению с ОПН не имеют в своей цепи дополнительных резисторов, что позволяет более существенно снижать амплитуду набегающей на изоляцию электрооборудования тяговых подстанций и ЭПС волны индуктированных атмосферных перенапряжений. Это, в свою очередь, облегчает защиту от

индуктированных атмосферных перенапряжений изоляции электрооборудования ЭПС и тяговых подстанций.

В этой связи для обоснования замены установленных на контактной сети роговых разрядников на ОПН необходимо производить дополнительные исследования.

ВИПРОБУВАННЯ ДОСЛІДНИХ ГАЛЬМІВНИХ КОЛОДОК ВИРОБНИЦТВА ODLEWNIA ZELIVA BYDGOSZCZ НА РУХОМОМУ СКЛАДІ УКРАЇНИ

Залеський Л. І.¹, Горобець В. Л.², Баб'як М. О.², Груник А. І.³, Шидловський Р. М.⁴

1 - представник в Україні ТОВ «Чавуноливарний завод Бидгощ», Польща,

2 - Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, 3 - регіональна філія "Львівська залізниця",

4 - Львівський коледж транспортної інфраструктури, Україна

Оскільки кожен вид рухомого складу має свої специфічні конструктивні особливості, то такий елемент, як гальмівні колодки, що забезпечують безпеку руху, теж має різноманіття конструкцій в залежності від призначення рухомого складу та виробника.

Так, наприклад, у тягового рухомого складу (вантажні локомотиви) за звичай використовують так звані гребеневі гальмівні колодки, що мають спеціальну виїмку під реборду (гребінь) колеса. Проте, наприклад, у пасажирських електровозів серії ЧС, використовується безгребенева колодка, як і у пасажирських вагонах типу РЩ. Традиційно це чавунні гальмівні колодки. Моторвагонний рухомий склад використовує гальмівні колодки, аналогічно як і у пасажирських та вантажних вагонах. Такі колодки можуть бути виготовлені як з чавуну, так і з композиційних матеріалів. Сказати однозначно, що на даний момент усі колодки однаково добре виготовляються та надійні в експлуатації, неможливо без проведення випробувань.

Науковцями ДНУЗТ спільно з працівниками структурних підрозділів регіональної філії «Львівська залізниця» ПАТ «Українські залізниці» ведеться тісна співпраця по випробуваннях гальмівних колодок виробництва Odlewnia Zeliva Bydgoszcz, Польща, конструктивною особливістю яких є наявність канавок на поверхні колодки, яка контактує з колесом.

Випробовування локомотивних гальмівних колодок проводилися у локомотивному депо Львів-Захід (ТЧ-1) на магістральних електровозах змінного струму, маневрових і магістральних тепловозах та у локомотивному депо Мукачеве (ТЧ-9) на магістральних електровозах постійного струму. При цьому секцію "А" електровоза було обладнано дослідними гальмівними колодками типу W14 виробництва Odlewnia Zeliva Bydgoszcz, а секцію "Б" цього ж електровоза було обладнано чавунними гальмівними колодками МТРУЗ 38.90.712205 виробництва Івано-Франківського тепловозоремонтного заводу.

На тепловозах порівняння проводилися по візках, які аналогічно до секцій були обладнані гальмівними колодками типу W14 та МТРУЗ 38.90.712205. Інтенсивність зносу колодок типу W14 порівняно з колодками типу МТРУЗ 38.90.712205 за період дослідної експлуатації менша на 15-20% на електровозах та на 14-17% на тепловозах. Дані випробовувань підтвердили результати попередніх досліджень 2011 року, що проходили у локомотивних депо Вільнюс та Львів-Захід.

Під час випробовувань в умовах моторвагонного депо Львів (РПЧ-1) дослідні гальмівні колодки типу D0380 виробництва Odlewnia Zeliva Bydgoszcz були встановлені на електропоїзди ЕР-2 №1331 (вагони № 01, 06) та ЕР-2 №1340 (вагони № 09, 10), а колодки типу Ф встановлено на електропоїзди ЕР-2 №1331 (вагони № 04, 09) та ЕР-2 №1340 (вагони № 02, 01).

Інтенсивність зносу експериментальних колодок типу D0380 порівняно з колодками типу Ф за період дослідної експлуатації менша на 24,30 %, зокрема, на моторних вагонах - 22,55 %, на причіпних вагонах - 26,86 %. За період дослідної експлуатації зауважень зі сторони ремонтного персоналу та локомотивних бригад до дослідних гальмівних колодок типу D0380 та W14 виробництва Odlewnia Zeliva Bydgoszcz не зафіксовано.

Відколів, раковин колодок типу D0380 та W14, а також механічних пошкоджень і дефектів на поверхні катання бандажів колісних пар не виявлено. Під час гальмування з різною силою натиску гальмівними колодками типу W14 та типу D0380 виробництва Odlewnia Zeliva Bydgoszcz не спостерігається іскрового утворення за рахунок спеціальних конструктивних канавок на робочій поверхні колодок, що задовольняє вимоги безпеки руху на залізницях України.

ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ СИСТЕМИ ПОЗДОВЖНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НЕТЯГОВИХ СПОЖИВАЧІВ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗМІННОГО СТРУМУ

Земський Д. Р.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Підвищення ефективності передачі електричної енергії є задачею, яку визначає стратегія розвитку Енергетики України до 2030 року. Відповідно до статистичних даних Міністерства енергетики та вугільної промисловості України за перший квартал 2017 р. величина загальних втрат електроенергії на її транспортування електричними мережами становила 12,3% (4,9 млрд. кВт·год) від загального відпуску електроенергії в мережу. Для порівняння, у державах Євросоюзу цей показник становить 6-8%. Передбачається зменшення цих втрат у 2030 р. до 9 % через модернізацію розподільчих і магістральних мереж.

Укрзалізниця на одному рівні з великими регіональними енергетичними компаніями здійснює ліцензовану діяльність із постачання та продажу електроенергії у побутовому та промисловому секторі. Споживачі, що розташовані поряд з електрифікованими на змінному струмі залізничними лініями, отримують живлення від трифазної мережі напругою 25 кВ виконаної за системою «два проводи-рейка» (ЛЕП ДПР). Її експлуатація має низку недоліків, які виникають у наслідок близького розташування контактної мережі, різної конфігурації системи векторів вихідної напруги між суміжними тяговими підстанціями та неоднорідністю самої лінії. Ступінь негативного впливу тягової мережі на якість електроенергії залежить від інтенсивності руху поїздів, кількості колій на ділянці, схеми та режиму роботи системи електропостачання. Втрати електроенергії у ДПР, що визначені як різниця показань лічильників, перевищують відносно значення загальних витрат електроенергії у країні і становлять 14%. Тому існує думка про демонтаж ліній ДПР, проте цей варіант є матеріаломістким та може призвести до переходу споживачів до іншого постачальника.

Система поздовжнього електропостачання залізниць змінного струму не вичерпала свого потенціалу до модернізації, а задача підвищення ефективності роботи ДПР продовжує бути актуальною. Так, одним із варіантів вирішення проблеми може бути перетворення лінії ДПР у ЛЗФ-25 кВ або вдосконалення штучного заземлювача КТП-25 кВ, що дасть можливість зменшити несиметрію напруги у лінії. Залишається не вирішеною проблема організації двостороннього живлення ліній ДПР. Основним питанням, що виникає при цьому, є критерій економічної доцільності, тобто

співвідношення необхідних витрат до очікуваної користі. Загалом пошук нових рішень потребує комплексного підходу та відповідних досліджень.

Ускладнює також електричний розрахунок і специфічна конструкція лінії та вплив тягового струму на неї. Аналітично визначання втрат електроенергії у ДПР здійснюється за методикою, яку приведено в Інструкції розрахунку технологічних витрат електроенергії в пристроях електропостачання (ЦЕ-0007). Представлений підхід до розрахунку має низку спрощень, тому не дозволяє достатньо точно оцінити втрати електроенергії у лінії. Також потребують уточнення дані про вплив на втрати у ДПР системи тягового електропостачання.

З цих причин дослідження енергетичних процесів, аналіз умов роботи ДПР потребує уточнення прийнятих підходів до розрахунку втрат у мережі електропостачання нетягових споживачів.

ВИКОРИСТАННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ГЕНЕРАТОРІВ ТЕГ НА МАНЕВРОВИХ ТЕПЛОВОЗАХ, З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Кінтер С. О.

Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Залізничний транспорт є одним із найбільших споживачів паливно-енергетичних ресурсів, а тому розв'язання проблеми енергозбереження стосується не лише транспорту, але й економіки країни в цілому. Очевидно, що виникає необхідність у розробленні системного підходу до проблеми, яка передбачає як стимулювання оптимізації енергоспоживання, так і впровадження науково-технічних заходів, які стабілізують рівень енерговитрат і знижують непродуктивні витрати на транспорті.

Одним з найбільш раціональних шляхів енергозбереження та підвищення екологічних показників рухомого складу є впровадження гібридної передачі на тепловозах, що дозволить встановити на них ДВЗ меншої потужності зі збереженням його потужнісних характеристик.

Доцільність застосування гібридної передачі для маневрових тепловозів, режим роботи яких близький до «міському циклу» автомобілів, в яких гібридна передача довела свою спроможність і ефективність (наприклад, Toyota-Prius серійно випускається з 1997 року), видається очевидною. Більш того, в усьому світі робляться спроби впровадити гібридну передачу на залізничному транспорті. Це і американо-канадський проект «Green Goat», і проекти таких компаній, як "Alstom", "GE", "Hitachi" і багато інших.

Проте, усі маневрові тепловози, що експлуатуються і виготовляються в Україні, мають передачу без накопичувачів енергії. Наявність накопичувачів енергії (НЕ) у складі гібридної передачі дозволить більш раціонально використовувати акумульовану енергію. Поповнення заряду накопичувача можливе такими способами: за рахунок вільної потужності двигуна, використовуючи енергію гальмування поїзда та енергію альтернативних джерел енергії.

Відомо, що компанією Strukton Rail Equipment були проведені дослідження з використання сонячної енергії на тяговому рухомому складі залізниці. Ними ж розроблена концепція використання сонячних панелей на локомотивах.

Згідно з даними дослідження зовнішнього теплового балансу двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), істотна частина хімічної енергії палива не реалізується у вигляді роботи і

відводиться, в тому числі, з відпрацьованими газами (ВГ) у навколишнє середовище. У двигунах з іскровим запалюванням частка необоротних втрат теплоти, що відводиться з двигуна з ВГ, становить 30 ... 55%, що відповідає 12 ... 23 МДж на 1 кг витраченого палива. У дизелях та ж складова енергетичних втрат в тепловому балансі досягає 40 %.

З урахуванням вищесказаного пропонується впровадження технології перетворення теплової енергії вихлопних газів в електричну, яка заснована на використанні ефекту Зеебека. Система «огортання» частини вихлопної труби TEG, що містить в собі термоелектричні пластини Пельтьє, дозволить перетворити теплову енергію відпрацьованих газів в електричну, і направити її до НЕ. Дана технологія сприятиме скороченню як витрат палива, так і зменшенню кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Відомо, що інженери BMW разом із фахівцями американського аерокосмічного агентства NASA, а також компанія Caterpillar також працюють над впровадженням аналогічних технологій на автомобільному транспорті. Слід зазначити, що в останні роки активно ведуться роботи з підвищення ККД термоелектричних генераторів фахівцями компанії Panasonic та агентства NASA.

Підсумовуючи, необхідно зазначити, що тенденція щорічного погіршення екологічного стану довкілля та скорочення викопних енергоресурсів говорить про необхідність більш раціонально їх використовувати та неминучість розширення меж впровадження альтернативних, поновлюваних джерел енергії.

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ НА ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЯХ

Куліш І. А., Матусевич О. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

На сьогодні необхідно підвищувати ефективність використання наявного устаткування електроенергетичної інфраструктури залізничного транспорту України, скорочувати експлуатаційні витрати і переходити на ресурсо і енергозбережні технології. Рішенню цих проблем сприяє впровадження новітніх розробок в області енергозабезпечення тяги потягів. Для ефективного функціонування системи тягового електропостачання необхідно забезпечити підтримування певного рівня напруги на шинах підстанцій.

Основним засобом регулювання напруги є трансформатори тягових підстанцій (ТП), оскільки за їх допомогою можна вирішити вимоги до напруги близьких і віддалених споживачів. В основному на цей час широко застосовується регулювання під напругою (РПН), регулювальні відгалуження виконуються на стороні високої напруги ВН трансформатора, яка має менший робочий струм, при цьому спрощується пристрій перемикачів.

Однак є нові методи регулювання напруги, це застосування тиристорних пристроїв РПН. Даний метод є перспективним напрямком розвитку систем регулювання напруги, але на теперішній час використання цих пристроїв обмежується вузлами середньої і низької напруги з невеликою потужністю трансформаторів внаслідок відсутності напівпровідникових ключів на великі напруги і струми.

Сучасний розвиток напівпровідникових приладів в бік підвищення робочої напруги і струму дозволяють вирішити цю проблему. Застосування тиристорних пристроїв РПН

дозволять усунути ряд недоліків механічного перемикачів пристрою і залишити основну його перевагу – збереження синусоїдальній форми кривої напруги. Можливість з допомогою напівпровідникових пристроїв здійснити комутацію без спотворення синусоїди у момент переходу через нуль дозволяє усунути і такий суттєвий недолік механічних перемикачів – дискретність. Це дає змогу виконати стабілізатори напруги будь-якого ступеня точності, засновані на принципі дискретного регулювання перемикачів трансформатора без розриву струму спотворення кривої напруги.

В деяких системах для ефективного керування трансформатором використовують контроль положення пристрою перемикачів. Це дає можливість контролювати відпрацювання команд перемикачів і вчасно діагностувати вихід з ладу механізму пристрою РПН. Слід зазначити, що при застосуванні сучасної елементної бази вартість розробки і собівартість мікропроцесорного пристрою значно нижчі, ніж однакового за функціями аналогового, але ефективність системи значно вища.

Сучасний етап розвитку електроенергетики зумовив необхідність застосування простого і потужного середовища для наскрізного спостереження функціонування розподільчого комплексу електричних мереж залізниць в напрямі керування тяговими підстанціями.

Отже, це є один з напрямів вирішення проблеми побудови систем керування силовим електрообладнанням ТП, які повинні мати високий ступінь інтеграції в системи оперативно-диспетчерського керування, належну надійність та швидкодію.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Мілянчик А. Р.

Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту
ім. академіка В. Лазаряна, Україна

Механічна обробка на металорізальних верстатах деталей залізничних вагонів як у процесі їх виготовлення, так і на стадії ремонтно-відновлювальних робіт є основним формоутворюючим методом як у машинобудуванні взагалі, так зокрема у вагонобудівній галузі народного господарства, тому заходи по підвищенню її ефективності мають не лише теоретичне, але й значне практичне значення. Радикальним ефективним рішенням на даний час задач підвищення продуктивності механічної обробки є оптимізація технологічних режимів процесів багатоінструментальної обробки, налагоджування якої у більшості випадків реалізується на токарно-гвинторізному верстатному обладнанні.

На даний час токарно-автоматне обладнання та, відповідно, його ефективна технологія одержали широке застосування лише у багатосерійному та масовому виробництві. Основна ж тенденція сучасного вагонобудівного та ремонтного виробництва полягає в підвищенні їх мобільності – багатосерійне та масове виробництво відходить у минуле, майбутнє за мобільним, швидко переналагоджуваним серійним- та дрібносерійним виробництвом, що є властивим для промисловості засобів залізничного транспорту. Тому досить важливим є не втратити, а навпаки перенести накопичений досвід такого радикального підвищення ефективності технології, як багатоінструментальна обробка в сучасні умови мобільного гнучкого виробництва.

Одним із домінуючих факторів ефективності багатоінструментальної верстатної механічної обробки є вимоги до металорізального інструменту стосовно його тривалої експлуатації, стійкості в роботі за умов експлуатації у високошвидкісних режимах та

обробки деталей із твердого матеріалу. Один із прикладів застосування математичної моделі оптимізації періоду стійкості металорізального інструменту – цільова функція, виражена сумарним періодом стійкості T_{Σ} , що є функцією геометричних параметрів інструменту, елементів режимів різання та періоду стійкості між пере заточуванням. Задача полягає у визначенні величин технологічних параметрів, наприклад, періоду стійкості між переточками (T), які досягають максимуму цільової функції при накладанні на величини вхідних параметрів обмежень, встановлених їх фізичною природою.

У роботі з питання оптимізації технологічних режимів при обробці на одно- та багатоінструментальних верстатах автором розглядаються різні стратегії заміни інструментів. Наведено, як ці стратегії визначають оптимальні умови різання. Щоб отримати необхідні для цього співвідношення, необхідно:

1. Розробити модель зміни вартості в залежності від стратегії заміни та параметрів різання: подачі, швидкості та глибини різання.
2. Вважати стійкість інструменту випадковою величиною i , використовуючи відповідні статистичні критерії, вибрати ймовірнісну модель, яка встановлює розсіювання стійкості.
3. Ввести дану ймовірнісну модель у рівняння вартості.
4. Визначити оптимальний інтервал заміни та оптимальні параметри різання.

Автором використовуються моделі надійності, отримані за результатами лабораторних та виробничих спостережень при певних умовах різання, які у подальшому уточнювались на нових оптимальних умовах. Такий підхід вимагає знання функціонального співвідношення між стійкістю інструменту та режимами різання. У представленому теоретичному дослідженні такий підхід використовується для наступних стратегій заміни інструменту: 1) профілактичних заміни; 2) періодичних заміни; 3) заміни при відмові. Наведені стратегії заміни були розроблені для одно- та багатоінструментальних металорізальних систем.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ТО І РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ ТП

Міронов Д. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

На сьогоднішній день ситуація в електроенергетичній інфраструктурі залізничного транспорту України досить складна: значна частина обладнання, що знаходиться в експлуатації, вже вичерпала свій ресурс і потребує заміни або поетапної реконструкції та оновлення. Розвиток швидкісного і високошвидкісного руху та зростання його інтенсивності, застосування електрорухомого складу нового покоління, вимагають заміни застарілого обладнання та елементів низької експлуатаційної надійності на високотехнологічні пристрої підвищеної надійності і збільшеного ресурсу, впровадження нових методів діагностики технічного стану обладнання та вдосконалення існуючої системи технічного обслуговування та ремонту пристроїв електропостачання. Надійність обладнання зростає, насамперед, у результаті застосування сучасних елементів управління у системах електропостачання інфраструктури.

Для вирішення завдання підвищення якості управління процесом ТО і ремонту обладнання ТП був виконаний структурно-функціональний аналіз цього процесу на

дистанціях електропостачання. В якості лінгвістичного забезпечення для вирішення цього завдання був використаний пакет Міжнародних стандартів моделювання IDEF (Icam Definition), що дозволяє аналізувати процеси з трьох ключових точок зору одночасно, - IDEF0 (Integrated Definition for Function Modeling), IDEF3 і DFD (Data Flow Diagram). IDEF-моделювання — це спосіб зменшити кількість дорогих помилок за рахунок структуризації процесу на ранніх етапах створення інтелектуальної системи, поліпшення контактів між користувачами і розробниками і згладжування переходу від аналізу до проектування. Виходячи з положень IDEF- моделювання, складна задача ТО і ремонту була розбита на ряд простих задач, рішення яких дозволило найпростіше впоратися з початковою проблемою. Структурно- функціональне моделювання з виділенням подій робилося по методології IDEF0, опис процесів - за методологією IDEF3, а для побудови діаграм потоків даних використовувався метод DFD.

Проведений структурно-функціональний аналіз показав, що на деяких етапах даного процесу неодноразово потрібне оперативне визначення різних видів ресурсів, необхідних для виконання ремонтних робіт. Також необхідно відмітити, що на дистанціях електропостачання, на прикладі яких був виконаний структурно-функціональний аналіз, відсутня комплексна оцінка результативності і ефективності діяльності ремонтної служби, необхідна для впровадження процесного підходу.

Процесний підхід до управління розглядає підприємство як мережу пов'язаних між собою бізнес-процесів, а не сукупність розрізнених функцій. Кожен бізнес-процес представляється послідовністю операцій, які націлені на досягнення певного результату. Процесний підхід до управління підприємством робить його орієнтованим на результат. Застосування процесного підходу в керуванні електроенергетичною інфраструктурою залізничного транспорту України покликане забезпечити поліпшення якості електропостачання за рахунок підвищення показників надійності енергоукомплектування, рівня обслуговування споживачів електроенергії, корінних змін виробничих процесів, спрямованих на підвищення ефективності діяльності.

ПЕРЕДОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИБОРІВ

Муха А. М., Бондаренко Ю. С., Петрук Я. М., Михайлець Є. С.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Напівпровідникові прилади (НПП) широко застосовуються у багатьох галузях промисловості та транспорту. Залежно від свого функціонального призначення та особливостей експлуатації такі прилади мають різне конструктивне виконання та виготовляються за різними технологіями. Так, на сьогоднішній день на підприємствах різних галузей України в широкому обсязі продовжують застосовуватися прилади паяної та притискної конструкції технологія виробництва яких була винайдена ще у 50-70х роках минулого століття. Безліч досліджень вітчизняних та світових вчених вказують на необхідність модернізації технологій виробництва напівпровідникових приладів, що визначається необхідністю підвищення їх надійності відповідно до потреб їхнього застосування у сучасному обладнанні.

Основним показником надійності НПП є циклістійкість, що визначає кількість циклів комутації до виходу з ладу за номінального режиму роботи. За цим показником прилади

притискної конструкції значно переважають своїх аналогів паяної конструкції проте і на сьогоднішній день така технологія виготовлення є морально застарілою.

Аналіз відповідних фахових видань провідних фірм-виробників НПП. загалом вказує на тенденцію поступової відмови від паяних з'єднань і заміну їх більш сучасними:

- дифузійне спікання (Diffusion sintering);
- дровове склеювання (Wire bonding);
- притискання (Pressure contact).

Так, ще у 1988 році, компанією ABB Semiconductors AG було започатковано технологію Press-Pack, яка в той час широко застосовувалась для виготовлення традиційних напівпровідникових приладів силової електроніки таблеткової конструкції.

Різновидом технології Press-Pack є технологія SKiiP (Semikron integrated intelligent Power Module) від компанії Semikron, основна ідея якої полягає у виключенні зі складу приладу опорної мідної основи з встановленням DBC-кераміки (Direct Bonded Copper (прямо присоединённая медная металлизация)) безпосередньо на охолоджувач що призводить до відсутності великої площі пайки.

Окрім технології Press-Pack широкого застосування набуває технологія низькотемпературного зварювання з використанням ультразвуку (Wire bonding). Вона являє собою процес низькотемпературного зварювання, де ультразвукова енергія використовується для приєднання алюмінієвих провідників до алюмінієвих, мідних або золотих поверхонь. Особливістю цієї технології є те, що весь процес протікає за кімнатної температури, а її відносна простота та дешевизна робить найбільш перспективною технологією виготовлення у подальшому.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕЗДОВ ОТ ИСТОЧНИКОВ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГИИ

Павличенко М. Е.¹, Кузнецов В. В.²

1 – ООО «ДДК», Екатеринбург, Россия, 2 – НМетаУ, Днепр, Украина

Успехи в развитии альтернативных источников энергии позволяют рассмотреть новые принципы электроснабжения различных объектов, включая объекты железнодорожного транспорта. С момента изобретения солнечных панелей цена на них снизилась в 150 раз, за последние 5 лет – в 2,5 раза. Стоимость установленного 1 Вт составляет \$5,5 в атомной энергетике, \$4 - в солнечной и \$2 – в ветровой. Происходящий в последние года взрывной рост возобновляемых источников энергии (ВИЭ) позволяет пересмотреть некоторые схемы электроснабжения традиционных потребителей. Наиболее подходящими объектами для такой электрификации можно считать маломощных потребителей, удаленных от надежных источников электроэнергии.

Для таких потребителей прокладка ЛЭП и её содержание требует значительных ресурсов, что не всегда оправдано экономически. Генерация энергии непосредственно на объекте позволяет повысить надежность электроснабжения и сэкономить значительные средства. В перспективе возможно создание распределенного электроснабжения, что дает определенные преимущества перед централизованным электроснабжением. Это и более высокая надежность, и меньшая зона повреждения в случае аварийных ситуаций.

Рассмотрим железнодорожный переезд. Согласно расчетам, пост дежурного по переезду потребляет 45,5 кВт*ч в неделю, из них 34,3 кВт*ч расходуется на освещение. В результате расчетов было выбрано следующее оборудование – инвертор мощностью 3 кВт,

контроллер МРТТ 60А, тяговые батареи глубокого цикла 48*225А/ч, солнечные поликристаллические панели 8*200 Вт.

Из расчетов следует, что аккумуляторные батареи являются наиболее дорогим и наиболее уязвимым элементом автономной системы электроснабжения. В зависимости от конфигурации, стоимость аккумуляторов доходит до 75% от общей стоимости системы без учета различных сроков службы панелей и аккумуляторов. В настоящее время в различных странах ведутся интенсивные работы по созданию более совершенных накопителей энергии, основанных на различных физических принципах. Главный недостаток традиционных химических накопителей энергии (кислотных, щелочных, литий-ионных и пр.) – ограниченный температурный диапазон и ограниченность циклов заряд-разряд. Другим недостатком является снижение параметров накопителей в зависимости от срока эксплуатации, то есть параметры емкости аккумуляторов со временем выходят за рамки расчетных значений.

Опыт эксплуатации систем электроснабжения на солнечных панелях показывает, что данные системы позволяют беспрепятственно генерировать электроэнергию с избытком в период с марта по октябрь, что связано с продолжительностью светового дня. Регулирование угла наклона позволяет избавиться от необходимости удаления снега с панелей.

Развитие подобных систем ставит под вопрос необходимость использовать переменный ток. Более удобным становится постоянный ток, который в настоящее время достаточно просто и надежно преобразовывать с использованием надежного оборудования.

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ЦЕНТРИФУГИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОПОР

Павличенко М. Е.

ООО «ДДК», Екатеринбург, Россия

В настоящее время считается, что коррозия железобетонных опор происходит из-за протекания тока из рельсовых цепей через неисправный искровой промежуток, через консоль на арматуру опоры и затем, стекая с арматуры, ток вызывает коррозионное разрушение металлической арматуры опоры, что снижает её несущую способность.

В качестве подтверждения этой версии часто звучит аргумент о наличии «блестящего металлического контакта» между арматурой стойки и деталями консоли. По мнению некоторых исследователей, существуют сомнения в том, что блестящая поверхность стали может свидетельствовать о прохождении тока, а скорей всего свидетельствует об отсутствии протекания тока и о наличии механического перемещения деталей.

Для уточнения численных показателей существующей теории на протяжении ряда лет производились эксперименты по измерению величины потенциала арматуры опоры относительно земли и его изменения при различных потенциалах «рельс-земля». Проведенные исследования позволяют усовершенствовать подходы к диагностике коррозионного состояния арматуры опоры и к прогнозированию её несущей способности.

В результате проведения исследований ни на одной из исследованных опор не удалось найти следов протекания тока через консоль. Выяснилось, что потенциал «арматура-земля» не зависит от потенциала «рельс-земля» и лишь незначительно изменяется при резком изменении потенциала рельса.

Из этого следует, что измерение омического сопротивления опоры не может нести полной информации об её коррозионном состоянии. При измерении данного

сопротивления различные приборы дают значения, отличающиеся в разы и даже на порядки. Более полную информацию могут дать измерения, при которых опора рассматривается, как активно-емкостное нелинейное сопротивление.

Можно предположить, что первоначальные трещины в защитном слое бетона вызываются механическими причинами, а дальнейшие коррозионные разрушения арматуры происходят за счет изменения потенциала в земле. Потенциал арматуры исследованных опор находился в диапазоне $0,4 \pm 0,2$ В. Вряд ли данный потенциал может быть причиной нарушения пассивирующего защитного слоя арматуры. При измерении сопротивления опоры в настоящее время используется прибор ПК-2, который подает на опору разряд величиной 600 В.

Можно предположить, что смешанное армирование – не самый лучший способ борьбы с коррозионным разрушением арматуры. Разработана конструкция железобетонной предварительно напряженной стойки опоры контактной сети без ненапряженной арматуры, что позволяет экономить на каждой опоре около 100 килограмм металла без снижения несущей способности с одновременной повышенной стойкостью к коррозии и увеличенным сроком службы.

С учетом результатов проведенных исследований диагностику состояния арматуры железобетонных опор контактной сети возможно проводить на основе измерения величины потенциала арматуры относительно земли и характера его изменения при изменении потенциала рельса. Данный способ позволяет однозначно сделать вывод об отсутствии или наличия протекания тока с консоли на арматуру. Применение данного высокотехнологичного метода позволяет отказаться от малоэффективного метода откопок опор.

СУЧАСНА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Пулін М. М.¹, Курочка О. М.²

1 – Львівська залізниця, 2 – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Україна

Сучасний стан електрифікованих залізниць обумовлюється необхідністю забезпечення конкурентоспроможності з іншими видами транспорту, як при перевезенні пасажирів, так і при доставці вантажів. При цьому необхідно забезпечувати високий рівень комфортності і швидкості доставки. Рішення цих завдань зумовлює впровадження швидкісного і високошвидкісного пасажирського транспорту, а також великовагового руху потягів, що обумовлює необхідність нарощування провізної здатності залізниць.

Необхідна потужність СТЕ залежить від багатьох факторів, основними з яких є маса поїзда, швидкість руху, основний опір руху, інтервали між поїздами, частота чередування режимів руху і розгону, можливість рекуперативного гальмування, план і профіль колії, характеристики мережі тягового електропостачання. Параметри електротягової мережі для забезпечення необхідної точності повинні визначатися за допомогою сучасного методу фізико-математичного моделювання процесу високошвидкісного руху поїздів.

Сучасність тягового електропостачання постійного струму характеризується зростаючим дефіцитом електричної енергії для забезпечення необхідного режиму напруги в тяговій мережі при впровадженні швидкісного та високошвидкісного руху. Використання існуючих засобів підсилення в багатьох випадках не забезпечує необхідних енергетичних показників і є досить дорогим. Зростаючий дефіцит енергоресурсів ставить

задачу дослідити можливість використання незалежних джерел електричної енергії для живлення пунктів підсилення тягової мережі (ПП).

Інтеграція джерел розподіленої генерації (ДРГ) в систему тягового електропостачання постійного струму вимагає розробки нових принципів проектування, функціонування та керування режимами роботи тягового електропостачання. Необхідність їх розробки обумовлена наступними факторами: змінюється структура електричної системи, потужність генерації ДРГ визначається зовнішніми факторами (в першу чергу інтенсивністю сонячного випромінювання та вітрового потоку) і мало залежить від режиму роботи електричної мережі, до якої вони під'єднанні, установки ДРГ можуть мати коливальний або переривчастий характер генерації потужності, що може призвести до сильних коливань потужності в системі та впливати на режими її роботи, більшість сонячних генераторів під'єднанні до мережі за допомогою силових електронних перетворювачів (інверторів), які дуже чутливі до рівнів напруг. Звідси, необхідно вирішувати низку питань: визначення впливу ДРГ на стабільність роботи тягових підстанцій, тягових та інших споживачів, що приєднані до шин тягової підстанції з урахуванням допустимих режимів роботи споживачів, розробка рекомендацій щодо особливостей приєднання даного типу генерації до електричних мереж залізниць, функціонування пристроїв релейного захисту та автоматики, забезпечення необхідного рівня надійності електропостачання споживачів з необхідними якісними характеристиками, тощо.

Перевага живлення ПП від ДРГ полягає в тому, що немає необхідності в монтажі додаткової живильної лінії від тягової підстанції і незалежність їх роботи від неї. До питань, підлягаючих вирішенню слід віднести: тип джерела поновлюваної електричної енергії; компенсація впливу погодних умов на рівень генерованої енергії; схемотехніка, компоновка і елементна база; техніко-економічне обґрунтування їх застосування з прив'язкою до надійності забезпечення живлення тягового навантаження з необхідними енергетичними характеристиками.

Запропонована енергоефективна система тягового електропостачання відповідає встановленим критеріям для впровадження високошвидкісного руху: забезпечують підтримання необхідного рівня напруги не нижче 2900 В, а також мінімізує втрати потужності у тяговій мережі.

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ПРИ ШВИДКІСНОМУ РУСІ

Пулін М. М.¹, Рогоза А. В.², Сиченко В. Г.²

1 – Львівська залізниця, 2 – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Україна

Для впровадження швидкісного руху поїздів не допускається зниження напруги на струмоприймачах електрорухомого складу нижче рівня 2900 В. Тому дослідження, направлене на забезпечення статичної та динамічної стійкості системи тягового електропостачання за напругою є актуальним.

Стійкість системи тягового електропостачання за напругою полягає у тому, що в поточному режимі при збільшенні напруги величина наявної потужності у тій самій зоні повинна збільшуватись. Динамічна стійкість за напругою пов'язана з оцінкою та підтримкою напруги впродовж 1-2 с відразу після великого збурення. Критерієм її оцінки є коефіцієнт запасу динамічної стійкості. Статична стійкість за напругою належить до

форми стійкості, що визначається переважно статичними характеристиками навантаження та параметрами мережі. Статичну стійкість оцінюють за допомогою значення коефіцієнта запасу з напруги K_U у вузлах навантаження. Статична стійкість ділянки розраховується з огляду на коефіцієнт

запасу напруги, цей коефіцієнт повинен бути $> 0,15$. Як показують результати попередніх досліджень, навіть якщо система динамічно стійка – вона може бути у нестійкому режимі статично.

Коливання струмів, що споживаються електровозами, котрі слідують з поїздами в зонах живлення тягових підстанцій, значно впливають на зміну напруги на струмоприймачі як свого, так і інших електровозів, а також на шинах тягових підстанцій та у системі зовнішнього енергопостачання. Рівень напруги на струмоприймачах електровозів, а отже і стійкість за напругою, залежить від зміни напруг в первинній системі електропостачання, схеми живлення електрорухомого складу, зміни числа поїздів, що одночасно знаходяться у зонах. Дослідження проблеми стійкості по напрузі є фундаментом розробки технічних заходів по плануванню резервів потужності у системі тягового електропостачання постійного струму, направлених на підвищення режимної безпеки у ній як сьогодні, так і в найближчій перспективі. Це дозволить не лише дослідити стійкість по напрузі для існуючих режимних умов, а також визначити вплив запланованого розширення полігону швидкісного руху, прогнозованого зростання навантаження та запланувати зміни у структурі системи електропостачання для забезпечення стійкості перспективних режимів.

Дослідженнями встановлено, що в системі електропостачання постійного струму для забезпечення статичної та динамічної стійкості за напругою необхідно підвищити рівень напруги у тяговій мережі, що призведе практично до пропорційного підвищення швидкості руху поїздів. Для поїздів, що рухаються зі сталими швидкостями, підвищення середньої напруги на струмоприймачі електровоза з 3000 до 3600 В дозволить підвищити коефіцієнт корисної дії електровозів у середньому на 0,5-0,6 %, загальний коефіцієнт корисної дії (електровоз – тягова мережа) – на 5,4-5,5 %, а також до зниження середніх струмів електровоза на 9-17 %, що, в свою чергу, призводить до зниження питомих втрат електроенергії.

Також встановлено, що система підсилення тягової мережі, побудована з урахуванням стійкості по напрузі, матиме несиметричний характер. Одним з додаткових напрямків підсилення може бути впровадження систем генерації відновлювальної енергії.

ПРИНЦИП ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛОМ СТРУМУ РЕКУПЕРАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В СИСТЕМІ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Саблін О. І.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Інтелектуальні системи управління, що використовують апарат штучних нейронних мереж і нечітку логіку, дозволяють проводити ідентифікацію складних нелінійних динамічних об'єктів і синтезувати для них нелінійні закони управління, що дає можливість вирішувати завдання синтезу управління в умовах невизначеності на основі наявних експериментальних даних, отриманих на об'єкті.

Найважливішою перевагою апарату нейронних мереж є можливість їх навчання та адаптації. Не потрібно знання математичної моделі про об'єкт. На основі вхідних і заданих еталонних сигналів нейронна мережа може навчитися керувати об'єктом. Нейронні мережі складаються з величезної кількості взаємопов'язаних простих елементів, які називаються нейронами. На жаль спосіб проектування подібних систем ґрунтується радше на інтуїції, ніж на існуючих закономірностях. До теперішнього часу не існує способу розрахувати кількість шарів і нейронів у структурі мережі для конкретного застосування. Проте, після закінчення навчання нейронні мережі стали незамінним механізмом у вирішенні завдань розпізнавання образів, апроксимації, оптимізації, задачах класифікації та управління.

Застосування нейронних мереж в задачах управління має суттєвий недолік: інформацію про об'єкт управління нейронна мережа отримує в процесі навчання, а для цього необхідний великий обсяг експериментальних даних. Уникнути цього недоліку можливо шляхом застосування структур нечіткої логіки, що дозволяє забезпечити формалізацію якісних, розмитих в смисловому плані, понять і зв'язків. На основі методів нечіткої логіки вдається проектувати системи управління, здатні ефективно функціонувати в умовах наявності інформації про об'єкт управління лише якісний характер. Об'єднання обох підходів дозволяє привнести здатність до навчання в системи нечіткого управління і додати до формалізму нейронної мережі інтелектуальну складову, засновану на складених експертом правилах.

Систему нечіткого управління можна представити у вигляді багатошарової нейронної мережі з прямим розповсюдженням сигналу. Для їх навчання, до теперішнього часу успішно використовується алгоритм зворотного поширення помилки.

Багатошарова нейронна мережа, призначена для навчання нечіткої системи управління розподілом енергії рекуперації в системі тягового електропостачання з накопичувачами, інверторами та регуляторами вихідної напруги буде мати чотири шари L1...L4.

Елементи шару L1 реалізують функцію приналежності в формі функції Гауса, з параметрами x^k та σ^k . До цього слою надходять вхідні сигнали системи прийняття рішень $\langle E(t), I_1(t), U_1(t), U_2(t), U_3(t) \rangle$, де $E(t)$ – поточний рівень заряду накопичувача; $I_1(t)$ – тягове електроспоживання в зоні рекуперації; $U_1(t)$ – напруга на струмоприймачі рекуперуючого поїзда; $U_2(t)$ – напруга на виході тягової підстанції (ТП); $U_3(t)$ – напруга зовнішньої мережі (на вході ТП). На даному шарі формуються значення функції приналежності для цих сигналів. Параметри x^k і σ^k , інтерпретуються як центр і ширина кожної функції, вони будуть модифікуватися в процесі навчання, що дозволить поліпшити підбір нечітких множин. Кількість елементів шару L1 дорівнює кількості всіх множин з різними видами функцій приналежності. В разі N нечітких правил і п'яти вхідних змінних, з чотирма нечіткими термами отримуємо $5 \cdot 4 \cdot N$ вузлів слою.

Шар L2 це мультиплікатори, відповідають блоку правил нечіткої системи. На виході шару формується результат у вигляді функції приналежності $\mu(y)$ відповідний значенню кожного правила. Кількість елементів шару відповідає кількості правил N. Вузол мережі відповідає правилу, пов'язаному з відповідними посилками з шару L1. Операція мультиплікатора відповідає логічному мінімуму, що застосовується для нечіткого висновку.

Шар L3 і L4 представляють реалізацію блоку дефазифікації, ваги зв'язків y^k інтерпретуються як центри функцій приналежності нечітких множин виходів з кожного правила. Ці ваги будуть модифікуватися в процесі навчання, як і величини x^k і σ^k , у L1. На виході шару L4 формується чітке значення виходів системи управління. Така структура являє собою нейронну мережу, засновану на ідеї нечіткого виводу. На відміну

від класичних нейронних мереж, кожен елемент має інтерпретацію, засновану на інформації отриманій з експертних даних, в процесі складання нечіткої моделі.

Завдання алгоритму зворотного поширення помилки полягає в корекції параметрів модуля нечіткого управління x^k , σ^k и y^k , так щоби міра похибки ε була мінімальною.

Алгоритм зворотного поширення помилки відноситься до градієнтних методів. Їх ідея полягає в зменшенні попереднього значення ваги на величину похідної від міри похибки, помножену на деякий коефіцієнт. Процес повинен тривати так довго, щоб похибка на виході системи досягла апріорно встановленої мінімальної величини.

Представлені залежності визначають спосіб модифікації ваг. На першому етапі вхідний вектор $\langle E(t), I_1(t), U_1(t), U_2(t), U_3(t) \rangle$ поширюється в мережі в прямому напрямку, і послідовно розраховуються всі значення виходів $\langle I_{рек2}(t), I_{рек3}(t), I_{рек4}(t), I_{рек5}(t) \rangle$, де $I_{рек2}$ – частина струму рекуперації, що утилізується в гальмівних реостатах; $I_{рек3}$ – частина струму рекуперації, що перетікає на суміжні міжподстанційні зони (до віддалених поїздів); $I_{рек4}$ – частина струму рекуперації, що споживається накопичувачем; $I_{рек5}$ – частина струму рекуперації, що споживається зовнішньою мережею (через перетворювач ТП). На другому етапі розраховуються нові значення ваги $y^k(t+1)$, $x^k(t+1)$ и $\sigma^k(t+1)$, після чого старі значення замінюються новими, і лічильник кількості ітерацій t збільшується на 1. Це повторюється для всіх вхідних сигналів з навчальних даних.

Таким чином, представлений принцип нечіткого управління набуває можливості навчатися, на відміну від класичних систем нечіткого управління, що використовують тільки знання експерта. Застосування нейро-нечітких систем управління дозволяє підвищити якість одержуваного управління, завдяки навчанню на експериментальних даних.

ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГООБЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Сиченко В. Г.¹, Коваленко І. В.¹, Кузнецов В. В.²

1 – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, 2 – Національна металургійна академія України

За витратами паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на одиницю транспортної продукції залізничний транспорт, що забезпечує переважну більшість обсягів перевезень у державі, є найбільш економним. З точки зору енергозбереження є величезний резерв в оптимізації споживання енергоресурсів як на самому залізничному транспорті, так і в підрозділах інфраструктури, тією чи іншою мірою причетних до перевезень.

Найчастіше системи тягового електропостачання експлуатуються не в номінальних режимах, а електрообладнання та мережі СТЕ виявляються недовантаженими або перевантаженими. Це призводить до збільшення частки втрат у трансформаторах та обладнанні, до зниження коефіцієнта потужності в системах електропостачання. Причинами низької енергоефективності систем електропостачання є:

- технічна зношеність електроустаткування, яке виробило свій розрахунковий ресурс, що істотно знижує безпеку обслуговування вузлів навантаження і надійність усієї системи електропостачання;

- нерациональні режими роботи основного електроустаткування;
- застарілі схемні рішення живлячих і розподільчих мереж;

- значні перетікання реактивної потужності у мережах СТЕ;
- стабільна нерівномірність добових графіків навантажень тягових підстанцій;
- істотні відхилення показників якості електроенергії від нормованих.

Як відомо, ефективний режим електроенергетичної системи – це такий режим (з області припустимих), який задовольняє умовам надійності технічних засобів, що входять в систему, якості електроенергії, і при якому забезпечується мінімум сумарної витрати ресурсів. Як правило, поняття ефективного функціонування електроенергетичних систем розглядається в комплексному вигляді для тривалих і короткострокових режимів роботи.

Підвищення ефективності функціонування СТЕ може досягатися через зниження втрат електричної енергії в системі трансформації, розподілу і перетворення (трансформатори, розподільчі мережі, електрорухомий склад, системи зовнішнього та внутрішнього освітлення і т. і.), а також через оптимізацію режимів експлуатації обладнання. Як відомо, ефективний режим електроенергетичної системи – це режим (з області припустимих), який задовольняє умовам надійності технічних засобів, що входять в систему, якості електроенергії, і при якому забезпечується мінімум сумарної витрати ресурсів. Як правило, поняття ефективного функціонування електроенергетичних систем розглядається в комплексному вигляді для тривалих і короткострокових режимів роботи.

Якість електропостачання і умови використання енергії залежать від різних чинників, включаючи опір електричних мереж, а також вплив деяких видів устаткування і використання енергії на характеристики електропостачання. У енергетичних системах украй бажані стабільність напруги, а також відсутність спотворень форми напруги і струму.

Враховуючи специфіку енергообмінних процесів у СТЕ, актуальною є проблема розробки теорії та методів розрахунку показників енергоефективності постачання електричної енергії в сучасних електричних мережах з урахуванням несиметричного, нелінійного та швидкозмінного характеру споживання електричної енергії сучасними споживачами.

На сьогодні до основних критеріїв ефективності функціонування електроенергетичних систем тягового електропостачання, зазвичай, відносять наступні:

- кількість спожитої електричної енергії;
- втрати електроенергії в елементах системи електропостачання;
- рівень напруги;
- несиметрію і несинусоїдальність напруги;
- рівень вищих гармонік.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ ТЯГОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З НАКОПИЧУВАЧАМИ ЕНЕРГІЇ

Сулим А. О., Хозя П. О., Мельник О. О.

ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»)

The review and analysis of the energy efficiency research of traction rail transport through the use of energy storage. According to the generalized analysis results of research is estimated the possible amount of savings resources through the implementation of energy storage on different types of rail traction transport.

Підвищення енергетичної ефективності перевізного процесу на тяговому залізничному транспорті є однією з важливих проблем, яка потребує своєчасного

вирішення. Одним з основних напрямків вирішення зазначеної проблеми є більш ефективне використання ресурсів за рахунок впровадження накопичувачів енергії. При цьому важливим та актуальним питанням є вивчення сучасного стану розвитку тягового залізничного транспорту з накопичувачами енергії.

Мета роботи – визначення перспективи впровадження накопичувачів енергії та оцінка потенціалу заощаджень ресурсів від їх використання на різному типі тягового залізничного транспорту.

Основні тенденції розвитку тягового залізничного транспорту з накопичувачами енергії проаналізовано шляхом огляду значної кількості досліджень вітчизняних та іноземних науковців. Результати узагальненого аналізу досліджень щодо питання потенціалу економії та поліпшення використання ресурсів при впровадженні накопичувачів енергії на різному типі тягового залізничного транспорту, зображено на рис. 1–2.

<p>Електровози</p>  <ul style="list-style-type: none">● Скорочення витрат електроенергії на тягу до 13 %● Підвищення тягових властивостей до 13 %● Скорочення витрат електроенергії в тяговій мережі до 12 %	<p>Приміські електропоїзди</p>  <ul style="list-style-type: none">● Скорочення витрат електроенергії на тягу до 30 %● Зменшення встановленої потужності тягових підстанцій до 12 %	<p>Рудникові електровози</p>  <ul style="list-style-type: none">● Скорочення витрат електроенергії на тягу до 30 %● Зниження викидів шкідливих речовин не менше ніж в 3 рази (для дизельно-контактних електровозів)
<p>Електропоїзди метрополітену</p>  <ul style="list-style-type: none">● Скорочення витрат електроенергії на тягу до 50 %● Зменшення встановленої потужності тягових підстанцій до 20 %	<p>Трамваї</p>  <ul style="list-style-type: none">● Скорочення витрат електроенергії на тягу до 30 %● Зменшення встановленої потужності тягових підстанцій до 15 %	

Рис. 1 – Оцінка потенціалу заощаджень ресурсів на неавтономному тяговому залізничному транспорті

<p>Маневрові тепловози</p>  <ul style="list-style-type: none"> ● Зниження витрат палива до 50 % ● Зниження викидів шкідливих речовин у 3-10 разів ● Зменшення потужності силової дизельної установки до 40 % 	<p>Дизель-поїзди</p>   <p>(Експлуатуються в Німеччині)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Зниження витрат палива до 25 % ● Зниження викидів шкідливих речовин у 2-10 разів ● Зменшення потужності силової дизельної установки до 35 % 	<ul style="list-style-type: none"> ● Зниження витрат палива до 25 % ● Зниження викидів шкідливих речовин у декілька раз ● Зменшення рівня шуму під час експлуатації
---	---	--

Рис. 2 – Оцінка потенціалу заощаджень ресурсів на автономному тяговому залізничному транспорті (на прикладі маневрового тепловоза ЧМЕЗ, дизель-поїзда ДЕЛ-02, дизель-поїзда VT642)

Узагальнений аналіз існуючих досліджень щодо сучасних тенденцій розвитку тягового залізничного транспорту з накопичувачами енергії дозволив отримати наступні висновки:

1. Дослідження із застосування накопичувачів на тяговому залізничному транспорті в основному здійснюється за трьома напрямками: створення систем для запуску двигунів внутрішнього згорання автономного залізничного транспорту, створення гібридного автономного транспорту та ефективного використання електроенергії рекуперативного гальмування неавтономного електротранспорту. Впровадження вищезазначених систем дозволить знизити потужність та збільшити термін служби акумуляторних батарей, зменшити витрати на їх обслуговування, а також забезпечити стабільний запуск двигуна при низьких температурах навколишнього середовища. Використання накопичувачів енергії на гібридному залізничному дозволить знизити витрати пального, шкідливі викиди та рівень шуму, а також підвищити його тягові можливості. Впровадження накопичувачів енергії на залізничному електротранспорті дозволить зменшити витрати електроенергії на тягу, знизити встановлену потужність тягових підстанцій, стабілізувати напругу контактної мережі.

2. Значні перспективи впровадження накопичувачів має тяговий залізничний транспорт з різкозмінним навантаженням, зокрема електровози, приміські електропоїзди та дизель-поїзди, маневрові тепловози, кар'єрні рудникові електровози, трамваї, поїзди метрополітену. Визначено резерви заощаджень палива та електроенергії при впровадженні накопичувачів енергії на перелічених типах тягового залізничного транспорту. Серед автономного транспорту найбільші перспективи впровадження накопичувачів мають маневрові тепловози (скорочення витрат палива до 50 %), серед неавтономного – метрополітени (скорочення витрат електроенергії на тягу до 50 %).

3. Одним з найбільш перспективних видів транспорту для впровадження накопичувачів енергії є метрополітен в силу особливостей умов експлуатації його рухомого складу: стабільний графік руху у порівнянні з іншими видами залізничного транспорту; чітко виражений імпульсний характер навантаження; незначні відстані між перегонами, як наслідок, часті пуски та гальмування; часто змінюваний профіль колії; необхідність частого розгону та сповільнення внаслідок зміни обмежень швидкості для різних ділянок колії. Вищевказане свідчить, що при впровадженні накопичувачів енергії в метрополітені можна досягти значний техніко-економічний ефект, який можливо оцінити точніше від інших видів залізничного транспорту на етапі теоретичних досліджень за рахунок стабільних умов експлуатації рухомого складу метрополітену.

ОСОБЛИВОСТІ АСИНХРОННОГО ТЯГОВОГО ПРИВОДУ ДЛЯ ШВИДКІСНОГО ТА ВИСОКОШВИДКІСНОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Шаповалов О. С.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Світові тенденції будівництва швидкісного та високошвидкісного рухомого складу вказують на доцільність і економічну рентабельність використання асинхронного тягового приводу. Це пояснюється беззаперечними його перевагами над колекторним приводом. До основних переваг асинхронного приводу відносяться:

а) майже в два рази більша питома потужність по зрівнянню з колекторними тяговими електричними двигунами (ТЕД);

- б) менші витрати матеріалів при виготовленні асинхронного ТЕД;
- в) завдяки відсутності колекторного вузла, знімаються комутаційні обмеження пов'язані з іскрінням на колекторі і умовами струмозйому на високих частотах обертання;
- г) порівняно більше значення коефіцієнта корисної дії та ін. показників.

Як показує досвід електровозобудування для руху локомотива зі швидкістю 200 км/год і більше необхідний електровоз з потужністю ТЕД близько 1400-1800 кВт, при цьому максимальна частота обертання ротора досягає значень 4000-5000 об/хв. Це ще один фактор на користь використання асинхронного тягового привода, оскільки асинхронні ТЕД дозволяють реалізувати зазначену величину потужності при існуючих габаритах та інших обмеженнях.

При проектуванні асинхронного тягового двигуна для швидкісного та високошвидкісного рухомого складу особливу увагу необхідно приділяти вибору підшипників кочення, на які опирається вал двигуна; важливим чинником при розрахунку є використання сучасних електроізоляційних матеріалів з високою нагрівостійкістю, класу не нижче Н; в якості провідників обмотки ротора бажано використовувати мідь; виконувати підвішування двигуна та редуктора опорно-рамне 3 класу.

За результатами виконаних розрахунків можна зробити висновок, що асинхронні двигуни при потужності 1400 кВт і вище мають порівняно високі енергетичні та ресурсні показники. Тому подібні ТЕД рекомендується використовувати при виготовленні нового пасажирського електрорухомого складу для залізниць України.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГООПТИМАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОМИНАЛЬНОГО РЕЖИМА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Арпуть С. В., Гетьман Г. К.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

Первоочередной технической проблемой освоения растущих объемов пассажирских перевозок и обеспечения конкурентоспособности железнодорожного транспорта есть его техническое переоснащение с целью сокращения времени перемещения пассажиров и расходов электроэнергии. Успешное решение этой проблемы невозможно без ввода в эксплуатацию тягового электроподвижного состава, в частности электропоездов, отвечающих современным требованиям, так как пассажирский электроподвижной состав железных дорог Украины требует кардинального обновления. По данным «Укрзалізниці» средний износ парка электропоездов составляет 90 %. В 2017 году из инвентарного парка пассажирских электропоездов необходимо изъять около 95 % электропоездов серии ЧС2 и 75 % – серии ЧС4 у которых закончился срок службы, уже продленный до 45 лет.

В связи с этим перед Укрзалізницею возникает задача по выбору параметров перспективных тяговых средств, использование которых обеспечит высокие значения показателей эксплуатационной работы.

Чтобы избежать приобретения малоэффективного подвижного состава, необходима разработка новых подходов к определению основных параметров электроподвижного состава – скорости и силы тяги номинального режима.

Решение задач тягового обеспечения базируется на результатах выполнения тяговых расчетов, в связи с чем возникает необходимость в разработке методик определения управляющих параметров в уравнении движения поезда при неизвестных характеристиках электроподвижного состава.

В данной работе предлагаются подходы к определению тяговых характеристик пассажирских тяговых средств и их рациональных параметров – скорости и силы тяги номинального режима.

В качестве критерия рациональности при выборе параметров номинального режима используется минимум расхода электроэнергии на осуществление перевозок при заданном времени движения поездов. Такой подход представляется оправданным, поскольку затраты на электроэнергию составляют существенную долю эксплуатационных расходов железных дорог.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНТАКТНИХ ПЛАСТИН БРЗГ ДЛЯ СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

Баб'як М. О.¹, Горобець В. Л.¹, Залеський Л. І.¹, Мінеєв О. С.¹, Груник А. І.²

1 - Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, 2 - регіональна філія "Львівська залізниця", Україна

Для удосконалення технології виготовлення контактних пластин струмоприймачів електрорухомого складу, а також враховуючи пропозиції та зауваження з локомотивних та моторвагонних депо, що були надані під час попередніх випробувань, нами було виготовлено шість різних комплектів для електровозів постійного та змінного струму та для електропоїздів постійного струму, що відрізнялися як масо-габаритними параметрами, так і за складом компонентів, з яких виготовляється контактна пластина БрЗГ.

У локомотивному депо Львів-Захід (ТЧ-1) регіональної філії "Львівська залізниця" ПАТ "Українські залізниці" були задіяні електровози постійного струму ВЛ10, ВЛ11 та електровози змінного струму ВЛ80т, на яких відпрацьовувалися технології нижнього кріплення контактних пластин та зменшення кількості контактних пластин в одному ряді.

Так, наприклад, для електровозів постійного струму відпрацьовано контактну пластину БрЗГ-3 для трирядного компонування з габаритами контактної пластини 225×30×8 мм, що дозволяє використовувати на одному положі струмоприймача 13 пластин а не 16, як при традиційних габаритах 200×30×8 мм.

Для електровозів змінного струму передбачене кріплення вугільних вставок у два ряди. Проте, висота вставки становить 30 мм, тому було розроблено контактну пластину БрЗГ-4, у якій збільшено відсоток вуглецю, та збільшено висоту пластини до 10 мм., що продовжує ресурс пластини на 17..20 %, у порівнянні з БрЗГ-1.

У моторвагонному депо Львів (РПЧ-1) відпрацьовано технологію нижнього болтового кріплення контактних пластин БрЗГ-4, а також розроблено покращену композицію зі зміцненим нижнім шаром контактної пластини БрЗГ-5, що дозволяє кріплення пластини до каркасу полоза як за допомогою шпильки, так і за допомогою гвинта.

Одним з головних показників роботи контактної пари "пластина - контактний провід" є ресурс обох контактуючих поверхонь. Тому, нами розроблено і на електропоїзді перевірено комплект контактних пластин БрЗГ-6 зі збільшеним відсотком просочування, що забезпечує покращене змащування контактного проводу зі зменшенням іскріння в зимовий період.

На даний час формується модельний ряд контактних пластин типу БрЗГ, яку замовник може обирати для своїх умов експлуатації електрорухомого складу, наприклад, в залежності від роду струму, або його величини - для пасажирського або вантажного електровоза. Також суттєвою складовою економії коштів є використання контактних пластин БрЗГ для літнього або зимового періоду.

ДОСЛІДЖЕННЯ РУЙНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЧНОЇ ЧАСТИНИ РУХОМОГО СКЛАДУ

Баб'як М. О.¹, Шидловський Р. М.², Недужа Л. О.¹, Луніс О.³

1 - Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, 2 - Львівський коледж транспортної інфраструктури, Україна
3 - Технічний університет, Вільнюс, Литва

Механічна частина електровоза включає в себе візки, тяговий привод, кузов і ударно-тягові пристрої. До механічної частини локомотивів відносяться вузли, що призначені для створення у взаємодії з рейками сили тяги, передачі вертикальних навантажень на рейки, тягових і гальмових зусиль складу поїзда, а також для сприйняття напрямних зусиль при русі в рейкової колії. Механічна частина локомотивів по міцності, динамічним якостям і дії на колію повинна відповідати відповідним нормам для сучасних і перспективних умов експлуатації.

Конструкція механічної частини залежить від потужності і максимальної швидкості руху; на неї робить вплив улаштування залізничної колії. На механічну частину діє навантаження від маси обладнання електровоза.

Конструкція і розрахунок механічної частини електровозів визначаються в основному потужністю локомотиву, його швидкістю руху і міцністю верхньої будови колії, а тому не залежать від роду струму і напруги.

У процесі експлуатації у деталей механічної частини електровозів відбувається природний знос частин, що труться, можлива поява тріщин, задирів, зламів, послаблення посадки або кріплення деталей, їх зміщення, вигин, викривлення, корозія і, при русі по рейковій колії, піддається дії навантажень, що багаторазово повторюються (циклічних).

У реальних умовах експлуатації навантаження не мають строго вираженого синусоїдного характеру, і у більшості своїй представляють суму різних по амплітуді і періоду (тривалість зміни амплітуди) складових. Навантаження, що циклічно змінюються в часі за величиною або за величиною і по знаку, можуть привести до руйнування конструкції при напруженні, істотно меншому, ніж межа плинності або межа міцності. Таке руйнування прийнято називати "втомним". Втомене руйнування - руйнування матеріалу під дією повторно-змінної напруженості.

Втома матеріалу - поступове накопичення ушкоджень в матеріалі під дією змінної напруженості, що призводить до утворення тріщин в матеріалі і його руйнування.

Механізм втомного руйнування пов'язаний з неоднорідністю реальної структури матеріалу (зернистість, різна орієнтація зерен, різні включення - шлаки, і так далі). У зв'язку з неоднорідністю структури при змінній напрузі на межах окремих включень, мікроскопічних порожнеч, різних дефектів виникає концентрація напруги, яка призводить до мікропластичних деформацій деяких зерен металу і накопичення зрушень зерен, а це веде до розвитку зрушень в мікротріщини, їх ріст і злиття в макротріщину. Краї тріщини під дією змінного навантаження притираються один об одного і тому зона росту тріщини відрізняється гладкою поверхнею. У міру росту тріщини поперечний переріз деталі усе більш слабшає і, нарешті, відбувається раптове крихке руйнування деталі – так званий "долом". Область "долому" має крупнозернисту кристалічну структуру як при крихкому руйнуванні.

Нами проводяться дослідження руйнування елементів механічної частини на основі реальних даних з ПрАТ "Львівський локомотиворемонтний завод", який виконує капітальний ремонт усім видам електровозів постійного та змінного струму, а також електрорухомому складу промислового транспорту.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ УКРАИНСКОГО ЗЕРНА

Вернигора Р. В.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

В течение нескольких последних лет Украина уверенно занимает лидирующие позиции как один из крупнейших производителей и экспортеров зерна (в 2016 году при общем объеме производства 66 млн. т. объем экспорта зерновых составил более 39 млн. т.). Экспорт зерновых требует стабильной и эффективной работы всех звеньев соответствующей логистической цепи поставок зерна от производителей до пунктов перевалки (морских портов). Важной составляющей этой логистической цепи является система хранения зерна в районах производства.

Система хранения зерна в Украине представлена зерноскладами сельхозпроизводителей, линейными и перевалочными, заготовительными и коммерческими элеваторами, терминальными емкостями и элеваторами перерабатывающих предприятий. Зернохранилища можно разделить на «сертифицированные зерносклады» (в основном силосного типа) и «зернохранилища в условиях сельхозпроизводителей» (в основном с напольным хранением). До отмены обязательной сертификации (в апреле 2014 г.) в Украине функционировало около 800 сертифицированных зернохранилищ общей емкостью 33,5 млн. т. В настоящее время, по оценкам экспертов АПК-Информ система хранения зерна представлена около 1200 зернохранилищами общей емкостью более 45 млн. т., однако около 46% емкости (21 млн. т.) обеспечивают склады напольного хранения с низким уровнем механизации и автоматизации. Среди сертифицированных зерновых складов около 82% являются частными, 18% находятся в государственной собственности.

По регионам Украины зернохранилища расположены весьма неравномерно. Наибольшую общую емкость имеют зернохранилища, расположенные в Полтавской (3,6 млн. т.), Одесской (3,2 млн. т.), Винницкой (2,7 млн. т.), Харьковской (2,3 млн. т.), Днепропетровской (2,2 млн. т.) областях. Крупные сертифицированные элеваторы обеспечивают обработку и единовременное хранение более 300 тыс. т. зерна: например, Степановский элеватор (Сумская область) – 488 тыс. т., Заводской (Полтавская область) – 446 тыс. т., Бобровицкий (Черниговская область) – 307 тыс. т.

Основным перевозчиком, который обеспечивает доставку более 60% объемов экспортного зерна от производителей (линейных элеваторов) в порты, является железнодорожный транспорт. Следует отметить, что среди сертифицированных элеваторов более 80 % имеют возможность отгрузки на железнодорожный транспорт, в то же время среди «полевых» элеваторов такую возможность имеют около 15 %.

Среди разных типов зернохранилищ ключевую роль в логистической цепи доставки зерна играют линейные элеваторы, которые располагаются, как правило, на стыке железнодорожных и автомобильных дорог, а также водных путей. Основные задачи таких элеваторов: прием зерна с железнодорожного и автомобильного транспорта, классификация, взвешивание, очистка, сушка, хранение и отгрузка в автомобили, вагоны или на водный транспорт для транспортировки на производственные или портовые элеваторы. В настоящее время стоимость услуг таких элеваторов, отнесенная на 1 т хранения зерна в течение месяца варьируется в пределах 8,5...13 USD; при этом значительная доля этой стоимости (до 50%) приходится на отгрузку зерна на автомобильный или железнодорожный транспорт.

Нужно отметить, что, несмотря на экономические трудности, многие агропредприятия, как крупные холдинги, так и средние хозяйства развивают свои элеваторные мощности, увеличивая при этом общую емкость хранения зерна на 1...2 млн. т. ежегодно. Таким образом, до 2020 г. планируется довести общую мощность украинских элеваторов до 55 млн. т.

Одной из основных проблем, возникающих при организации железнодорожной перевозки зерна от линейного элеватора в пункт перевалки (порт), является низкая погрузочная мощность элеваторов, которая в большинстве случаев составляет 10...12 вагонов в сутки. Такая ситуация в совокупности с значительной распыленностью станций погрузки зерна приводит к невозможности отгрузки зерновых грузов отправительскими маршрутами. Так, при среднем уровне отправительской маршрутизации по Укрзализныце 40..45%, маршрутизация перевозки зерна составляет всего около 10%. При организации же перевозки зерна повагонными отправками существенно ухудшаются показатели эксплуатации вагонного парка зерновозов, в первую очередь, увеличивается оборот вагона (в 2016 г. составил 9,9 сут.), что ведет к увеличению рабочего парка зерновозов. Вместе с тем, в последние годы в период пиковых перевозок зерна (август-декабрь) в Украине стабильно наблюдается дефицит вагонов-зерновозов (500...1000 вагонов в сутки), что связано с критическим уровнем износа подвижного состава, с которым Укрзализныця пока борется путем ремонта имеющихся вагонов.

Выходом из этой ситуации является концентрация погрузки зерна в вагоны на узловых элеваторах. При этом такой элеватор должен обеспечивать отгрузку зернового маршрута (54 вагона) в период до 7 суток. По экспертным оценкам для обеспечения отгрузки 1 маршрута в сутки элеватор должен соответствовать следующим параметрам: емкость единовременного хранения от 30...50 тыс. т и выше; производительность системы для загрузки железнодорожных вагонов 150...200 т/час; наличие накопительных железнодорожных путей из расчета (900...1200 м); подъездной путь, обеспечивающий подачу 54 вагонов за сутки; собственный маневровый тепловоз; накопительные силосы, по 2 шт. на каждый вагон общей емкостью 100...130 т. При этом средняя общая стоимость сооружения такого элеватора (включая проектирование, оборудование, монтаж и строительные работы) составит около 250 USD на 1 т. хранения. Заинтересовать инвесторов в строительстве новых или модернизации существующих элеваторов могла бы система дифференцированных тарифов для повагонных и маршрутных отправок, которая в данное время в Украине отсутствует (для сравнения в РФ при перевозке грузов маршрутами действует скидка 10%, в странах ЕС – до 34%, в США – до 60%).

В целом наличная элеваторная инфраструктура обеспечивает существующие объемы экспорта украинского зерна. Однако для обеспечения стабильного роста объемов экспорта, снижения логистических расходов и, соответственно, повышения конкурентоспособности отечественного зерна на мировых аграрных рынках необходимо совершенствование и наращивание мощности элеваторной инфраструктуры. Успешное решение данной задачи требует совместных действий, как инвесторов, так и государства в сфере либерализации тарифной политики на железнодорожные перевозки.

ФОРМУВАННЯ ЕКСПОРТНО-ОРІЄНТОВАНОЇ МЕРЕЖІ РАЙОНІВ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНА

Вернигора Р. В.¹, Рустамов Р. Ш.²

1 – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, 2 – Регіональна філія «Одеська залізниця» ПАТ
«Укрзалізниця» Україна

Зерно є важливою та суттєвою складовою українського експорту, а зернова галузь в цілому є базою та джерелом стійкого розвитку агропромислового комплексу України. В останні роки Україна впевнено посідає місце серед світових лідерів з експорту зерна, поставивши у 2015/2016 маркетинговому році вітчизняний рекорд, експортувавши 39 млн. т. зернових (при загальному виробництві 66 млн. т.). Для забезпечення таких обсягів експорту необхідна потужна та ефективна транспортно-логістична система доставки зерна від виробників (польових елеваторів) до пунктів перевалки на експорт у морські порти. Більше 60% від загального обсягу експорту зернових доставляється у порти залізницею; при цьому, як показує аналіз, саме в цьому сегменті перевезень спостерігається найбільше проблем як технічного, так і організаційного характеру. Тому удосконалення системи організації залізничних перевезень при експорті зернових є важливою та актуальною задачею.

Ефективним напрямком підвищення ефективності залізничних перевезень масових вантажів є відправницька маршрутизація. В Україні маршрутизацією охоплено лише близько 10% від загального обсягу перевезень зерна при середньому рівні маршрутизації на УЗ близько 43% (для порівняння у США маршрутизацією охоплено більше 90% перевезень зернових). Широке впровадження відправницької маршрутизації зернових вантажів передбачає створення мережі районів концентрації навантаження зерна з виділенням спеціалізованих (вузлових) станцій навантаження маршрутних поїздів.

Під час виконання дослідження з використанням методів кластерного аналізу у множині S з 630 залізничних станцій навантаження зерна було виділено 41 вузлову станцію s_u можливого навантаження зернових маршрутів та відповідно сформовано 41 район концентрації навантаження R_u , до яких всього увійшли 76 станцій з загальним обсягом річного навантаження 15 млн. т. Однак, більшість отриманих множин (районів) R_u ($u=1, 2, \dots, 41$) є пересічними, тобто один або кілька елементів (станцій) однієї множини (району) є одночасно елементами інших множин (районів). Таким чином, в отриманій множині районів R необхідно виділити таку підмножину R^* , всі m^* елементів якої, були б взаємно непересічними множинами. При цьому сумарний обсяг навантаження зерна Q в підсумковій підмножині R^* повинен бути максимальним, а загальна величина витрат E , пов'язаних з концентрацією навантаження зерна і формуванням зернових маршрутів, мінімальною:

$$\sum_{i=1}^{m^*} Q_{r(i)} \rightarrow \max \quad \sum_{i=1}^{m^*} E_i \rightarrow \min \quad (1)$$

Підмножина $R^* \subset R$ являє собою таке об'єднання непересічних множин R_u^* ($u = 1, 2, \dots, m^*$), для якого цільова функція (1) досягає екстремуму. Для вирішення цієї задачі розроблена наступна процедура. Спочатку у вихідній множині R виділяються непересічні і пересічні підмножини R_u . З цією метою може бути використаний один з DSU-алгоритмів.

Результатом роботи такого алгоритму є матриця $G = |g_{uv}|$ ($u = 1, 2, \dots, m; v = 1, 2, \dots, m$), в якій кожному рядку u і стовпчику v відповідає певна множина (район концентрації) R_u і R_v , відповідно, а кожен елемент матриці g_{uv} представляє собою список станцій s_i ($s_i \in S$), які одночасно входять до складу районів (множин) R_u і R_v . Необхідно виконати перерозподіл загальних елементів для всіх пар пересічних множин R_u та на їх основі сформувати такі множини, щоб цільова функція (1) досягала екстремуму.

Перетворимо матрицю G на матрицю $X = |x_{ut}|$ ($u = 1, 2, \dots, m; t = 1, 2, \dots, n$), в якій кожному рядку u відповідає певна множина (район) R_u , а кожному стовпчику t – певна станція. Кожен елемент матриці представляє собою булеву змінну $x_{ut} = \{0; 1\}$, яка приймає значення $x_{ut} = 1$, якщо станція s_t може бути включена до складу району концентрації R_u ($s_t \in R_u$), і $x_{ut} = 0$ в іншому випадку ($s_t \notin R_u$). Кожній станції s_t відповідає певне значення середньорічного обсягу навантаження зерна q_t , а також деякий параметр e_{ut} , що характеризує величину додаткових витрат при включенні станції s_t до району концентрації навантаження R_u . Цільова функція (1) при цьому приймає наступний вигляд:

$$\begin{cases} \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n q_t x_{ut} \rightarrow \max \\ \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n e_{ut} x_{ut} \rightarrow \min \end{cases} \Rightarrow \begin{pmatrix} \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n q_t x_{ut} \\ - \sum_{u=1}^m \sum_{t=1}^n e_{ut} x_{ut} \end{pmatrix} \rightarrow \max$$

Вказана задача в наведеній постановці є задачею багатокритеріальної (векторної) оптимізації; при цьому особливості задачі дозволяють віднести її до задач цілочислового лінійного програмування з булевими змінними, для вирішення якої доцільно перейти до однокритеріальної оптимізаційної задачі. З цією метою використано метод лінійної згортки з нормуванням критеріїв. Отримана таким чином задача була вирішена з за допомогою симплекс-методу, модифікованого для задач з булевими змінними. В результаті була сформована підмножина R^* , яке є об'єднанням непересічних множин; кожна така множина відповідає певному району, концентрація навантаження зерна в якому найбільш ефективна.

У підсумковому рішенні до складу 24 районів концентрації навантаження зерна включено 70 станцій, що при мінімальних додаткових витратах забезпечує максимальний сумарний обсяг навантаження зерна маршрутами 109,3 тис. ваг. на рік. (7,5 млн. т.).

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ ПРО ПРИЗНАЧЕННЯ ПРИ РОЗРОБЛЕННІ ПЛАНІВ РОБОТИ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ

Єльнікова Л. О., Клименко К. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
 імені академіка В. Лазаряна, Україна

В умовах зростаючої конкуренції на ринку транспортних послуг України, перспективним напрямком покращення привабливості залізниці є постійне вдосконалення її послуг, в тому числі зменшення тривалості перевезення. Час доставки вантажів залежить не тільки від своєчасного надання вантажів до перевезення, але й, в основному, від злагодженої роботи учасників перевезення. Важливою умовою дотримання визначеної тривалості перевезень вантажів є своєчасне забезпечення вантажовласників вагонами,

готових до відправлення составів вантажних поїздів - локомотивами та локомотивними бригадами. При цьому, ефективна організація роботи локомотивного парку дасть можливість не тільки забезпечити своєчасне відправлення поїздів з технічних станцій, але й зменшити непродуктивні простої локомотивів та бригад, що особливо актуально в умовах значного зношення рухомого складу.

Одним з методів розроблення ефективного плану роботи локомотивного парку є математичний апарат багатокритеріальної задачі про призначення. Перевагами застосування такого методу є можливість врахувати ті критерії, що впливають на кінцевий результат. В якості таких критеріїв обрані тривалість та вартість простою учасників руху (составів вантажних поїздів, локомотивів та локомотивних бригад) в очікуванні готовності один одного, а також пріоритет відправлення составів з технічних станцій (безрозмірна величина, значення якої знаходиться в межах $0 \dots 1$).

При використанні такого методу виникає перепона – різні одиниці виміру та їх розмах (наприклад, тривалість простою – 2 год, вартість такого простою – 1100 грн). Тому, для отримання адекватних результатів розв'язання задачі розроблення оптимального плану роботи локомотивного парку, необхідно виконати нормування тривалості та вартості простою учасників руху. Існують різні методи нормування які базуються, наприклад, на відношенні поточного значення випадкової величини на її максимальне або середнє значення у вибірці, тощо.

У зв'язку з цим було виконано дослідження щодо впливу методу нормування на розв'язання задачі розроблення оптимального плану роботи локомотивного парку. Для цього виконано нормування тривалості та вартості простоїв учасників руху різними методами, після чого знайдено розв'язок багатокритеріальної задачі про призначення. Порівняння варіантів виконувалось на основі сумарної тривалості та вартості простою составів вантажних поїздів, локомотивів та локомотивних бригад. Так, виявлено, що на сумарну тривалість простою учасників руху метод нормування не має жодного впливу, на сумарну вартість простою вплив мінімальний – менше 5%. При цьому, найменший простій рухомого складу та локомотивних бригад отримано при нормуванні критеріїв шляхом ділення поточного значення на розмах показника або його дисперсію.

Слід зазначити, що застосування планів роботи локомотивного парку, отриманими в результаті використання багатокритеріальної задачі про призначення, показали свою ефективність в порівнянні з фактичними планами роботи локомотивів та локомотивних бригад. При цьому, за результатами виконаних досліджень, можна зробити висновок, що метод нормування тривалості та вартості простою учасників руху не впливає на план роботи локомотивного парку.

КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ НІЧНИХ ПОЇЗДІВ НА РИНКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кудряшов А. В., Мазуренко О. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Транспорт відіграє велику роль у життєзабезпеченні людей, поєднуючи виробництво продукції з її споживачем, зв'язуючи регіони України між собою, а також з іншими державами. В Україні функціонує розгалужена мережа всіх видів транспорту: залізничний, автомобільний, морський, річковий, авіаційний. Усі вони пов'язані між собою і взаємно доповнюють один одного.

У середині XX століття пасажирські залізничні перевезення для більшості пасажирів були єдиною економічно прийнятною можливістю поїздок на дальні відстані. За останні десятиліття одночасно зі зростанням автомобілізації населення, також збільшився попит на повітряні перевезення. Тому представляє інтерес питання використання нічними поїздами системних переваг залізничного транспорту та перспективи виникнення конкуренції зі сторони інших транспортних систем.

Найважливішим фактором на користь нічного поїзда є можливість використання нічного часу. Пасажир отримує задоволення від скорочення, як йому здається, часу знаходження в дорозі, оскільки ніч в поїзді, найчастіше, не сприймається як час поїздки. Привабливістю нічного поїзда є те, що більшість поїздів прибувають в пункт призначення рано вранці, це влаштовує більшість пасажирів. За день вони можуть вирішити всі свої справи та зникає потреба в ночівлі в готелях. Крім того, до важливих факторів пасажирів відносять безпеку руху під час подорожі. Але привабливість нічного поїзда знижується, якщо час його ходу значно виходить за межі ночі та захоплює день.

При виборі альтернативних варіантів пасажирських перевезень необхідно розглянути сильні та слабкі сторони транспортної послуги, що пропонується, в порівнянні з конкурентами.

Основною причиною використання нічного поїзда замість автомобіля або міжміського автобуса – відсутність місць для лежання, а також незручність місць для сидіння. Поїздки особистим автомобілем на дальні відстані (понад 500 км), особливо при поганій погоді, достатньо проблематичні. При цьому вирішальну роль відіграє вартість поїздки. Вона, враховуючи вартість на паливо, виявляється дуже високою на розрахунок 1 пас-км, особливо якщо в автомобілі їде одна або дві людини.

Не менш важливим конкурентом поїзда є літак. Літаки досить поширений вид транспорту на дальні відстані. Він забезпечує досить невеликі затрати часу та достатній рівень комфорту. Та в Україні, авіаційний вид транспорту мало хто використовує у внутрішньому сполученні. Основною причиною відмови від літака на користь нічного поїзда є вартість проїзду. Також треба враховувати достатньо великі витрати часу на дорогу до аеропорту та процедури оформлення в ньому. Можливість обслуговування одним нічним поїздом сполучень між багатьма пунктами є ще однією перевагою перед повітряним транспортом.

З викладеного вище, можна побачити, що нічний поїзд – є вигідним способом перевезення пасажирів. Однокомслід відмітити, що високий рівень сервісу в перевезеннях пасажирів залізничним транспортом можливий лише при відповідному технічному оснащенні та розвинутій інфраструктурі. Для утримання існуючих клієнтів та залучення нових необхідно, створюючи та пропонуючи нові послуги, максимально задовольняти бажання пасажирів у транспортних послугах, враховувати індивідуальні потреби та фінансові можливості. Підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів неможливо без підвищення якості експлуатаційної роботи, використання нової техніки та технологій в організації перевезень.

РОЗПОДІЛ ПОЇЗДОПОТОКІВ МІЖ ПАРАЛЕЛЬНИМИ ХОДАМИ З УРАХУВАННЯМ ЕНЕРГООПТИМАЛЬНОГО ГРАФІКУ РУХУ ПОЇЗДІВ

Логвінова Н. О., Бука Є. Р.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Залізничний напрямок з паралельними ходами представляє собою складну, динамічну систему, зв'язану між собою інфраструктурною постійною складовою, яка складається у вигляді графу з R вузлів і N орієнтованих дуг, по яких виконуються перевезення P видів невзаємозамінних поїздопотоків, та змінною складовою.

Передбачається, що всі необхідні дані про перевезення на залізничному напрямку з паралельними ходами і техніко-економічні характеристики їх елементів повністю відомі, причому є незмінними в часі. Задача відшукування найвигідніших схем напрямку поїздопотоків по паралельних ходах при незмінній їх інфраструктурі розглядається в статичній постановці.

Залізнична інфраструктура з паралельними ходами характеризується: кількістю технічних станцій на напрямках, кількістю головних колій на перегонах, системою зв'язку та довжиною блок-ділянок між станціями, типом тяги, повздовжнім профілем, наявністю інженерних споруд.

До змінної складової залізничної інфраструктури відносяться: розміри руху пасажирських та вантажних поїздів, їх швидкість та маса, існуюча пропускна спроможність та завантаженість напрямків.

Сучасні умови функціонування залізничного транспорту України характеризуються постійною зміною структури та обсягів поїздопотоків при наявності резервів пропускної спроможності залізничних напрямків з паралельними ходами. Між елементами системи мають місце фізичні та інформаційні зв'язки. Стан системи характеризується положенням та станом її окремих елементів у просторі та часі. Входом та виходом системи «залізничний напрямок» постає пасажирський та вантажний поїздопотік, який пропускається по паралельним ходам напрямку. Поведінка цієї системи обумовлюється в основному впливом системи управління та значно залежить від обсягів та вхідних поїздопотоків.

У зв'язку з цим, об'єктом дослідження є процес пропуску вантажних поїздопотоків на залізничних напрямках з паралельними ходами, а предметом дослідження виступають кількісні параметри розподілу вантажних поїздопотоків між паралельними напрямками.

Метою дослідження є підвищення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами.

Для проведення дослідження та підвищення ефективності організації руху поїздів на залізничних напрямках з паралельними ходами за рахунок ефективного розподілу розмірів поїздопотоків використовується системний підхід. Тому при побудові моделі транспортної системи «залізничний напрямок з паралельними ходами» виконано її декомпозицію: модель залізничного напрямку поділяється на моделі основного та паралельного ходів.

При виконанні дослідження використовуються методи математичної статистики, система масового обслуговування (СМО) та тягові розрахунки.

Зміна обсягів поїздопотоків, їх параметрів, технологія пропуску по паралельним ходам впливає на завантаження залізничних об'єктів і відповідно впливають на загальні експлуатаційні витрати залізниць. Задачею дослідження є побудова адекватної економіко-математичної моделі роботи залізничного напрямку з паралельними ходами та

ефективний розподіл поїздопотоків між ними та зменшення загальних витрат залізниці по пропуску поїздопотоків по паралельним ходам.

Для вирішення поставленої задачі використовуються лінійні моделі і методи лінійного програмування. Вживання цих методів як обов'язкову передумову вимагає, щоб питома вартість перевезень на ланці мережі була постійною і не залежала від розмірів вагонопотоків і поїздопотоків.

Рациональні параметри розподілу поїздопотоків між паралельними ходами в умовах диференційованого по періодам доби ринку електроенергії та швидкісному руху пасажирських поїздів передбачається визначити з використанням економіко-математичного моделювання.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ КОЛІСНИХ МАШИН, ЩО ВИКОНУЮТЬ ЗЕМЛЯНІ РОБОТИ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ЛІНІЇ

Ломотько Д.В.¹, Клец Д. М.²

1 – Український державний університет залізничного транспорту, 2 – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Останнім часом відзначається зростання потужності двигунів по відношенню до загальної маси колісних машин (питомої потужності). Зазначене зростання можна пояснити збільшенням максимальних конструктивних швидкостей руху колісних машин, поліпшенням комфортабельності (збільшенням кількості споживачів енергії двигуна, що забезпечують функції, не пов'язані безпосередньо з рухом машин). Але найбільш важливою причиною вказаного зростання потужності двигунів можна назвати необхідність забезпечення необхідного рівня маневреності колісної машини.

Додаткові витрати потужності на забезпечення повороту є показником легкості управління, керованості та маневреності колісних машин. Запас потужності двигуна визначає динамічні властивості (динамічність) колісних машин і є його кваліметрічною характеристикою. Коефіцієнт корисної дії може бути визначений як відношення потужності, що розвивається двигуном, до потужності двигуна, що використовується для розгону колісної машини.

При проектуванні колісних машин необхідно створювати запас потужності двигуна не тільки для створення можливості здійснення розгону, але й для можливості здійснення повороту. І те, і інше є різновидами маневру колісної машини, при виконанні яких необхідна додаткова потужність двигуна.

Додаткова потужність двигуна також використовується для забезпечення стійкості усталеного поступального руху при різкому збільшенні опору руху колісної машини.

При повороті колісної машини частина потужності двигуна N_{e1} використовується для забезпечення сталого прямолінійного руху; друга частина N_{e2} - для забезпечення сталого повороту машини із заданою кутовою і лінійною швидкістю; третя частина N_{e3} - для підтримки створеного рульовим керуванням необхідного керуючого впливу при повороті.

При початку прямолінійного руху складова N_{e1} не залежить від бажання водія. Вона визначається загальною масою колісної машини, коефіцієнтом опору коченню, фактором опору повітря та заданою швидкістю руху (якщо швидкість руху задається зовнішніми, незалежними від водія факторами). Те ж саме міркування справедливо у разі усталеного повороту автомобіля, при якому лінійна та кутова швидкість задаються зовнішніми умовами руху.

Складова потужності N_{e2} – це вільна потужність, надлишкова або потужність управління, величина якої повинна бути достатньою, щоб при заданих радіусі повороту та лінійній швидкості руху колісна машина мала змогу забезпечити задане рульовим керуванням кутове прискорення. Складова N_{e3} може використовуватися як резерв для забезпечення стійкості усталеного руху.

Таким чином, запас потужності двигуна необхідний для забезпечення потрібних показників маневреності. Потужність двигуна при маневруванні витрачається на подолання опору руху та на забезпечення керуючого маневром впливу. Першу складову потужності двигуна можна назвати пов'язаною, а другу – вільною або керуючою складовою.

Запропонована методика дозволяє здійснити на стадії проектування раціональний вибір потужності двигуна та енергоефективності за умовою забезпечення необхідних властивостей маневреності.

МЕТОДИКА РАЦИОНАЛЬНОЙ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С УЧЕТОМ ПРОПУСКНЫХ СПОСОБНОСТЕЙ ПЕРЕГОНОВ И ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ

Папахов А. Ю., Ефремова К. Р.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

Моделью сети железных дорог является граф $G(V, E)$, где V – перечень вершин графа (станции), E – перечень ребер графа (перегоны между станциями).

Так как пассажирские поезда и грузовые поезда перемещаются по одной и той же сети железных дорог, то распределение грузовых поездов существенно зависит от того, как распределены пассажирские поезда.

В качестве исходной информации будем использовать поездопотоки от пункта A_i до A_j в виде матрицы P , элементами которой являются P_{ij} – поездопоток от A_i до A_j .

Аналогично рассмотрим матрицу Q , элементы которой Q_{ij} – поездопоток грузовых поездов от A_i до A_j .

Пусть W_{ij} – перечень простых путей из A_i в A_j .

Если X_{ijw} – число пассажирских поездов из A_i в A_j по пути w ,

Y_{ijw} – число грузовых поездов из A_i в A_j по пути w , то с необходимостью должны выполняться условия

$$\sum_{w \in W_{ij}} X_{ijw} = P_{ij};$$

$$\sum_{w \in W_{ij}} Y_{ijw} = Q_{ij};$$

при $i = 1, n-1; i+1 \leq j \leq n$, т.е. рассматривается движение поездов туда.

Каждый перегон имеет определенную пропускную способность, поэтому к ограничениям необходимо присовокупить ограничения связанные с ограниченностью пропускной способности по перегонам.

Обозначим через $N(e)$ пропускную способность ребра $e \in E$ тогда,

$$\sum_{i,j \in V} \sum_{w \in W_{ij}} I_w(e) \left((1 + \alpha) X_{ijw} + Y_{ijw} \right) \leq N(e), \quad e \in E,$$

$$\text{где } I_w(e) - \text{индикатор ребра } e \text{ т.е. } I_w(e) = \begin{cases} 1, & \text{если } e \in w; \\ 0, & \text{если } e \notin w. \end{cases}$$

α – доля грузовых поездов, которые снимаются одним пассажирским поездом, следующим по пути W .

Другими словами ограничения в аналитической форме не записывались, так как строились только кратчайшие пути всех простых путей от A_i до A_j .

Каждое ребро $e \in E$ характеризуется пятью числами:

- $d(e)$ – длина ребра e ;
- $t_p(e)$ – время движения пассажирского поезда по ребру e ;
- $t_Q(e)$ – время движения грузового поезда по ребру e ;
- $m_p(e)$ – механическая работа при движении пассажирского поезда по ребру e ;
- $m_Q(e)$ – механическая работа при движении грузового поезда по ребру e .

Показатели рациональности вычисляются по формулам:

$$P_1 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} d(w) (X_{ijw} + Y_{ijw}) - \text{поездо-км};$$

$$P_2 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} (t_p(w) X_{ijw} + t_Q(w) Y_{ijw}) - \text{время движения};$$

$$P_3 = \sum_{ij \in V} \sum_{w \in W_{ij}} (m_p(w) X_{ijw} + m_Q(w) Y_{ijw}) - \text{механическая работа},$$

$$\text{где } d(w) = \sum_{e \in w} d(e);$$

$$t_p(w) = \sum_{e \in w} t_p(e); \quad t_Q(w) = \sum_{e \in w} t_Q(e);$$

$$m_p(w) = \sum_{e \in w} m_p(e); \quad m_Q(w) = \sum_{e \in w} m_Q(e).$$

Вышеперечисленные ограничения относятся к обычным задачам линейного программирования, а показатели рациональности являются задачами векторной оптимизации в линейной постановке.

В программной реализации данный процесс оформляем как процедура $P_{r_way}(Z_1, Z_2, G)$ где Z_1 – начальная, Z_2 – конечная вершины графа G .

Данная процедура определяет список всех простых путей в виде списка ребер для каждого пути из Z_1 в Z_2 .

Предложена методика рациональной доставки грузов с учетом пропускных способностей перегонов и движения пассажирских поездов.

ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ПРИСТРОЯХ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ

Півник О. А., Ляшук В. М.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Як вже відомо, навантаження, в залежності від виду устаткування, поділяється на активне, індуктивне та ємнісне. Як правило, споживачі мають справу зі змішаним індуктивно - ємнісним навантаженням. Якщо активна енергія перетворюється в корисну - механічну, теплову, чи іншу, то реактивна не зв'язана з виконанням корисної роботи, а витрачається на створення електромагнітних полів в електродвигунах, трансформаторах, дроселях, освітлювальних пристроях. Тобто, наявність в електромережі реактивної потужності знижує якість електроенергії, призводить до збільшення плати за електроенергію, додаткових втрат і перегріву проводів, перевантаження підстанцій, необхідності завищення потужності силових трансформаторів і перетину кабелів. Показником споживання реактивної енергії є коефіцієнт потужності $\cos\phi$, який показує відношення активної потужності P до повної S , споживаної електроприймачем з мережі: $\cos\phi = P/S$. В оптимальному режимі показник повинен за значенням бути близьким до одиниці.

З цього випливає, що за відсутності компенсації реактивної потужності, споживач переплачує за спожиту реактивну енергію 30-40 % загальної вартості.

Для боротьби з цим явищем використовують компенсацію реактивної потужності шляхом підключення конденсаторів в різних точках мережі. Найбільш ефективними є автоматичні установки, котрі підключають необхідну кількість конденсаторів в залежності від реактивного навантаження мережі.

За місцем підключення розрізняють наступні схеми компенсації (рис. 1):

- Індивідуальна- безпосередньо біля споживача.
- Групова – на лінії живлення групи однотипних споживачів;
- Централізована- певне число конденсаторів підключається до головної, або групової розподільної шафи.

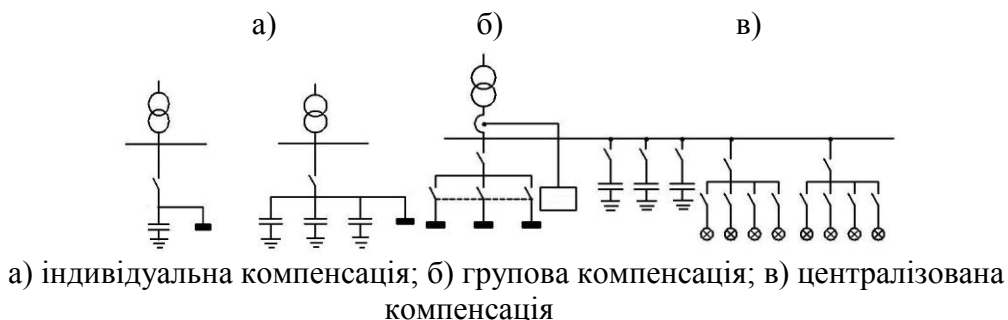


Рисунок 1 - Види компенсації реактивної потужності за місцем підключення:

За типом регуляторів компенсуючі установки поділяються:

- звичайні(релейні)- в яких комутація конденсаторів проводиться за допомогою електромеханічних реле;

- статичні(тиристорні)- в яких застосовуються тиристорні ключі.

При виборі установки визначають наступні характеристики:

- тип установки- звичайний чи статичний;
- потужність- максимальна реактивна потужність, яка може бути скомпенсована;
- ступінь компенсації- мінімальна величина приросту, на яку змінюється ємність увімкнених конденсаторів;
- необхідність фільтрації гармонік.

На сьогоднішній день попит зумовлює зростання кількості компенсуючих установок з різними технічними характеристиками. Отже можна зробити висновок, що найбільш дієвим і ефективним способом зниження споживаної із мережі реактивної потужності є саме застосування таких установок. Це дозволяє не лише розвантажити живлячі лінії електропередачі, трансформатори, чи розподільчі пристрої, а і подавити завади в мережі, знизити не симетрію фаз, зробити розподілені мережі більш надійними та економічними та знизити затрати на оплату електроенергії.

ВНЕДРЕНИЕ СКВОЗНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПЕРЕВОЗОЧНЫЙ ПРОЦЕСС СЕВЕРНОГО ШИРОТНОГО ХОДА ДВЖД

Санькова Г. В.

Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС)

Снижение себестоимости перевозок в значительной степени зависит от разработки ряда комплексных систем, одной из которых является система тягового обеспечения грузовых поездов на полигоне сети железных дорог как важнейшее звено существенного улучшения обслуживания перевозочного процесса локомотивными бригадами и локомотивами за счет рационализации параметров управления локомотивным парком, при одновременной оптимизации весовых норм составов поездов и размещения серий локомотивов.

В последнее время при организации продвижения вагонопотоков основной проблемой является низкая надёжность локомотивного парка, а порой и отсутствие элементарной технологической дисциплины. Одним из инструментов повышения эффективности работы тягового подвижного состава на полигонах сети в современных условиях стало создание новой организационной структуры управления локомотивными парками – центров управления тяговыми ресурсами (ЦУТР).

Такие центры появились на ряде железных дорог - в Иркутске, Новосибирске, Самаре, Ростове-на-Дону и Ярославле.

Сегодня стоит задача повышения оперативности управленческих решений за счёт автоматизации процессов управления вновь созданной структурой. На сети ведётся разработка информационной управляющей технологии – АСУ ЦУТР, а также единых автоматизированных выходных форм по управлению локомотивами и бригадами, как в границах полигонов, так и на сети в целом.

Существенным резервом использования тягового подвижного состава может стать унификация параметров инфраструктуры.[3]

Для устойчивой работы сети железных дорог, необходимо синхронизировать технологии работы участков смежных дорог.

Наряду с приоритетной задачей для роста объемов перевозок, по улучшению их качественных показателей, повышению надежности и эффективности комплекса тяги путем приобретения локомотивов с улучшенными техническими характеристиками и локомотивов нового поколения, стоит также и задача по совершенствованию существующих технологий обеспечения тяговыми ресурсами с целью повышения возможностей для создания новых перевозочных и логистических продуктов.

На основе анализа существующей системы обеспечения поездов локомотивами и локомотивными бригадами можно предложить ряд мероприятий по изменению технологии работы участков Северного широтного хода для стабилизации эксплуатационной обстановки:

- приведение инвентарного наличия тепловозов региона к расчетной потребности на график движения поездов;
- увеличение доли тепловозов серии 2ТЭ25А в инвентарном парке Дальневосточной дирекции тяги;
- изменение технологии обслуживания поездов локомотивами и локомотивными бригадами (накладные плечи), на состыкованных удлиненных участках, как новой формы их удлинения.
- изменение методики расчета времени отдыха локомотивных бригад в пункте оборота сверх минимальной нормы.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗМІНИ НАПРУЖЕНЬ В КРОМКАХ ПІДОШОВ РЕЙОК ПІД ЧАС РУХУ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА НА КРИВИХ ДІЛЯНКАХ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Сулим А. О., Столетов С. О., Третьак Е. В.

ДП «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», Україна

The article deals with the study of the load stress variation in bottom edges during the passenger car run on the curved track under various speeds. The obtained diagrams and dependence of the maximum possible load stress values on speed and curve radius were analyzed.

Одним з важливих завдань під час удосконалення конструкції рухомого складу є покращення його динамічних якостей та зниження силового впливу на елементи верхньої будови залізничної колії. Особливо це стосується швидкісного пасажирського рухомого складу (пасажирських вагонів, швидкісних електропоїздів та локомотивів). При підвищенні швидкостей руху поїздів зростає динамічний вплив на колію рухомого складу, в зв'язку з чим збільшуються вертикальні і горизонтальні сили і, як наслідок, напруження в кромках підшов рейок. Тому в якості основного показника впливу рухомого складу на колію приймають кромочні напруження в підшвах рейок, який є інтегральним показником сукупності сил, що діють від його коліс.

З існуючих досліджень відомо, що на величину напружень в кромках підшов рейок в основному впливають такі фактори як тип рухомого складу (осьове навантаження), швидкість руху та величина радіусу на ділянках залізничної колії. За умов впровадження швидкісного руху, дослідження, направлені на визначення величин максимальних напружень, що виникають в кромках підшов рейок, та характеру їх зміни під час різних швидкостей руху пасажирських вагонів в кривих ділянках залізничної колії, залишаються актуальними.

Мета роботи – встановлення залежності величин кромочних напружень під час різних швидкостей руху пасажирського вагона в кривих ділянках залізничної колії шляхом проведення експериментальних досліджень.

В якості об'єкту випробувань обрано пасажирський вагон локомотивної тяги з осьовим навантаженням 15,8 тс (155 кН). Випробування виконувались на трьох дослідних ділянках залізничної колії з кривими різного радіусу (419 м; 906 м; 1530 м) під час руху дослідного зчепу, який формувався з двох електровозів ЧС7, вагона-лабораторії та дослідного пасажирського вагона. Для реєстрації показників взаємодії колії та рухомого складу використовувались тензометричні датчики з базою 20 мм. На кожній ділянці було обрано 4 перерізи, на яких встановлено по 16 вимірювальних датчиків. Реєстрацію та запис процесів під час проїздів виконано за допомогою вимірювальної системи, до складу якої входять: персональний комп'ютер, аналого-цифровий перетворювач, підсилювач сигналів та тензометричні датчики. Обробка даних здійснювалась на персональному комп'ютері за допомогою атестованої комп'ютерної програми «Impact Raw Data».

В процесі обробки даних для кожного діапазону швидкості та радіусу кривої визначалось: середнє значення, середньоквадратичне відхилення, максимально зафіксоване та максимально імовірне значення кромочних напружень з довірчою ймовірністю 0,994.

Результати отриманих максимально імовірних значень напружень в кромках підшов рейок зображено у вигляді діаграм на рис. 1.

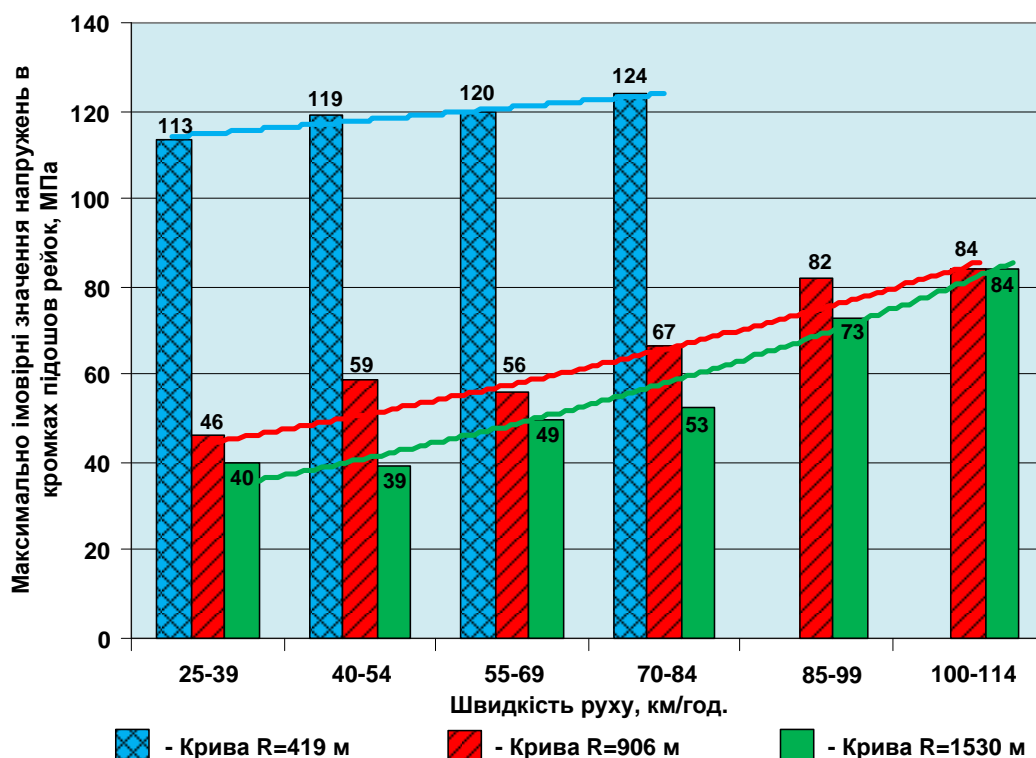


Рис. 1. – Діаграми максимально імовірних значень напружень в кромках підшов рейок

За результатами проведених експериментальних досліджень встановлено наступне:

- величини кромочних напружень підшов рейок під час руху пасажирського вагона на дослідних кривих ділянках залізничної колії різного радіусу (419 м; 906 м; 1530 м) не перевищують допустимого нормативного значення, яке дорівнює 240 МПа;
- максимально імовірні значення напружень в кромках підшов рейок зростають за умов підвищення швидкості руху дослідного пасажирського вагона;

- зі зменшенням радіусу кривої збільшуються значення кромочних напружень в підшвах рейок за умови однакової швидкості руху пасажирського вагона;
- залежність кромочних напружень в підшвах рейок від швидкості руху має випадковий характер і не підпорядковується жодному математичному закону, проте наближено характер зміни даної залежності можливо описати експоненціальною функцією;
- значення кромочних напружень в кривих радіусів 906 м і 1530 м для однакових діапазонів швидкостей руху пасажирського вагона суттєво не відрізняються (максимальна різниця складає 20 МПа для діапазону швидкості 40–54 км/год);
- значення кромочних напружень в кривій радіусом 419 м у порівнянні з кривими радіусів 906 м і 1530 м для однакових діапазонів швидкостей руху пасажирського вагона більші у 1,9–3 рази (на кривій радіусом 906 м максимальна різниця складає 67 МПа для діапазону швидкості 25–39 км/год; на кривій радіусом 1530 м максимальна різниця складає 80 МПа для діапазону швидкості 40–54 км/год);
- динаміка зміни кромочних напружень в кривій радіусом 419 м зі збільшенням швидкості – незначна (максимальна різниця складає 6 МПа), в той час як в кривих радіусом 906 м і 1530 м – більш суттєва (максимальна різниця складає 15 МПа та 20 МПа відповідно).

АДАПТИВНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПОДІЛУ ПОЇЗДОПОТОКІВ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ МЕРЕЖІ

Троян А. В., Мозолевич Г. Я.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Сучасні напрями розвитку економіки України проходять процес реформування та адаптації до європейської економічної системи. У цьому аспекті, залізничний транспорт країни, як одна з основних складових економіки потребує модернізації та реформування у відповідності до вимог сучасного ринку транспортних послуг. Транспортна стратегія України на період до 2020 року визначає одним із своїх основних напрямків – поліпшення інвестиційного клімату шляхом забезпечення швидкої доставки вантажів та можливість забезпечення вимог та потреб потенційних замовників перевезення вантажів транспортними шляхами країни.

Основним з визначених напрямків розвитку залізниць є удосконалення технології вантажних перевезень з використання новітніх методів організації оперативного розподілу поїздопотоків, які враховують, в першу чергу, економічну ефективність від перевезення вантажів за рахунок зниження собівартості перевезень та підвищення ефективності використання рухомого складу і залізничної інфраструктури.

Також, з огляду на подальшу реструктуризацію залізничного транспорту та пошуку іноземних інвесторів, необхідно презентувати Укрзалізницю, як стабільно прибуткове підприємство з привабливим макро- та мікроекономічним середовищем.

Для досягнення поставленої мети були проведені наукові дослідження на основних дільницях пропуску вантажних поїздів залізничного полігону Придніпровської залізниці. Для визначення оптимальних маршрутів пропуску поїздів та вибору раціональних параметрів поїздопотоків на залізничному напрямку з метою мінімізації загальних витрат залізниць на просування поїздопотоків по залізничному полігону визначені функції експлуатаційних витрат по кожній дільниці окремо. Для цього були розроблені імітаційні

моделі дільниць залізничного полігону з урахуванням графіка руху пасажирських поїздів та основних характеристик структури полігону.

На основі проведених досліджень, для визначення оптимальних маршрутів пропуску поїздів та вибору раціональних параметрів поїздопотоків розраховані експлуатаційні витрати, дохід, загальний прибуток залізниці та визначений вплив параметрів поїздопотоків на економічні показники роботи залізничного транспорту. Визначено що оптимальним є пропуск вантажних поїздів довжиною 53-56 ум. ваг., а завантаження дільниці повинно складати 75-85% від наявної пропускної спроможності. Інвестиційну привабливість мають, в першу чергу, двокільні електрифіковані дільниці, які, при завантаженні у 70 поїздів/добу приносять прибуток у 17-21 тис.грн./км залізничної лінії.

Для ефективної організації перевізного процесу, у межах регіональних філій, розроблена поліномічна система організації перевізного процесу, на залізничному полігоні, характерною особливістю якої є можливість короткострокового прогнозування (4-12 годин) поїзної, з адаптацією до реальної, ситуації та оперативного перерозподілу поїздопотоків у разі виникнення обмежень по окремим ланкам мережі – адаптивна технологія розподілу поїздопотоків. Основними критеріями підводу поїздів по станціям стикування є прибуток від перевезення та строк доставки вантажу відправникам.

З огляду на отримані результати пріоритетним розвитком залізничного транспорту є електрифікація дільниць з тепловозною тягою, у зв'язку зі стабільною збитковістю вантажних перевезень тепловозною тягою при існуючих тарифах, а впровадження адаптивної технології розподілу поїздопотоків, дозволить диспетчерському персоналу приймати економічно обґрунтовані рішення з пропуску поїздів.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ТА СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ МАРКЕТИНГОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПАТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»

Троян А. В., Мозолевич Г. Я

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Сфера послуг, поступово, починає займати стійкі позиції в світовій економіці. Її вплив на державні економіки настільки великий, що, досить часто, постіндустріальне суспільство називають суспільством послуг. У значної більшості країн збільшується не тільки частка у ВВП держави, а й істотно розвивається міждержавна торгівля послугами, яка впливає на доходи держави та позитивне сальдо в платіжних балансах країн. Для України, економіка якої істотно залежить від ефективної участі в міжнародному поділі праці, особливе значення має проблема розвитку сфери транспортних послуг, експорт яких грає важливу роль у забезпеченні позитивного платіжного балансу країни. Позитивне сальдо зовнішньої торгівлі України послугами у 2016 році склало більше \$ 8 млрд.

В умовах інтеграції України до Євросоюзу та переорієнтування ринків збуту експортної продукції до країн Європи, з'являється проблема відповідності ринку транспортних послуг до міжнародних стандартів. Тому однією з актуальних проблем держави є створення сучасного конкурентного ринку транспортних послуг.

Створення відповідних умов розвитку транспортної галузі перетворюється на один із ключових елементів стратегії економічного розвитку країни в цілому, та забезпечення економічної безпеки зокрема, з огляду на що, дослідження проблемних питань

функціонування транспортної інфраструктури у даних умовах є адекватним вимогам сьогодення, актуальним та своєчасним.

Наявність конкурентного ринку транспортних послуг для різних вантажовласників має велике значення, тому що транспортна складова у собівартості товарів значно впливає на кінцеву його вартість (до 60 %).

Для досягнення поставленої мети, визначені пріоритетні напрямки розвитку залізничної галузі направлені на розробку стратегії розвитку місць загального користування ПАТ «Укрзалізниця», залучення нових вантажовласників до перевезення залізничним транспортом незначних обсягів вантажів, можливості виконання навантажувально-розвантажувальних операцій, спрощення технології оформлення документів та отримання рухомого складу.

У результаті проведених наукових дослідженнях, визначена стратегія розвитку місць загального користування, яка включає: спрощення технології оформлення документів для повагонних відправок, розробку системи знижок та привілеїв для постійних клієнтів ПАТ «УЗ», створення загальнодоступного контенту для потенційних клієнтів (керівництво з оформлення документів, онлайн-заявка, спрощена система оплати, рекламна інформація тощо), впровадження додаткових послуг (оренда частини складського приміщення для зберігання вантажу, послуга «від дверей до дверей» тощо).

Додатковим сервісом від ПАТ «УЗ», у рамках розвитку маркетингової діяльності, може стати загальнодоступна оренда складських та торгівельних приміщень на станціях та вокзалах, а також залучення до передачі у оренду рекламних площ.

У разі прозорості впровадження даної системної стратегії розвитку підприємства, на початковому етапі, розмір одиничних, повагонних відправок підвищиться на 25-40%, а дохід від впровадження стратегії розвитку маркетингової діяльності – на 35-45%.

Це дозволить підвищити конкуренцію на ринку транспортних послуг, оптимізувати тарифну політику, зменшити собівартість продукції за рахунок зменшення складової на перевезення та зберігання вантажів і залучити до держави додаткові інвестиції.

СОКРАЩЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ НА ТЯГУ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ, ЗА СЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

Филатов Е. А., Старченко А. В.

УО «Белорусский государственный университет транспорта»

В последние годы рынок транспортных услуг региона тяготения Белорусской железной дороги функционирует в условиях значительной нестабильности объемов грузовых перевозок. Существенное влияние на эти процессы оказывает перераспределение перевозок между традиционными и вновь зарождающимися грузопотоками. Это обусловлено в первую очередь изменениями в экономической и политической жизни стран «пространства 1520» и соседними государствами. Возникающие тенденции вызывают у перевозчиков необходимость конкурировать между собой и изыскивать резервы для сокращения внутренних издержек.

Одним из традиционных направлений повышения эффективности функционирования железнодорожного транспорта является сокращение затрат на тягу поездов. При этом одной из наиболее перспективных тенденций повышения конкурентоспособности железнодорожных перевозок является повышение скоростей движения поездов, в том числе грузовых. Как известно, существенная доля энергии локомотива тратится на преодоление аэродинамического сопротивления движению

поезда, которое пропорционально квадрату скорости. Одним из наиболее доступных способов сокращения суммарного сопротивления от среды и ветра движению поезда является применение технологии формирования «гладких» поездов. Целью исследования является определение целесообразности формирования таких поездов на полигоне Белорусской железной дороги с учетом разбиения маршрута движения на участки с различными метеоусловиями.

На основе данных натурно-сортировочных листов о формируемых поездах определяется наличие «разрывов» (сочетаний вагонов различных типов, отличающихся площадями поперечных сечений) в составах поездов и их количество. Расчёт величины дополнительного (за счет разности площадей вагонов) аэродинамического сопротивления от среды и ветра $\Delta W_{св}$, позволяет определить дополнительный расход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). При этом определяющими факторами являются: угол между вектором скорости движения поезда (участком пути) и направлением ветра в конкретной зоне, скорости ветра и движения поезда. Для корректного определения тяговых потерь весь маршрут движения поезда разбивается на участки с постоянными скоростями движения поездов, достаточно устойчивыми направлениями и скоростями ветра, в том числе с учетом размещения железнодорожной линии на открытом участке, либо участке, защищенном лесонасаждениями, городской застройкой. Если потери ТЭР на преодоление суммарного дополнительного сопротивления по маршруту движения превышают дополнительные затраты, связанные с формированием «гладкого» поезда, то применение указанной технологии целесообразно. Выполненные на примере некоторых участков Белорусской железной дороги исследования позволили установить, что экономически оправдано компоновать «гладкие» поезда при дальности следования 200 км и более при наличии в составе не менее 7-8 «разрывов».

Дальнейшие исследования, направленные на широкое применение рассмотренного подхода на полигоне Белорусской железной дороги, позволят в перспективе установить дополнительные рекомендации на выполнение маневровой работы при формировании поездов с учетом режимов их движения, и в перспективе снизить энергоемкость перевозочного процесса. Кроме того, дифференцированный учет метеоусловий на различных участках маршрута, позволяет косвенно оценить эффективность применения защитных насаждений вдоль железнодорожного пути за счет снижения аэродинамической нагрузки на составы поездов.

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ВАНТАЖНОГО ТЕРМІНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

Шраменко Н. Ю.

Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, Україна

У сучасних умовах ринку транспортних послуг фахівцями і вченими приділяється істотна увага розробці моделей при рішенні завдань розвитку регіональних транспортних систем. В останні роки значно зросли масштаби та сфери застосування евристичних методів для вирішення різних задач в області проектування, прогнозування та управління в умовах застосування інтерактивних систем.

Термінальний комплекс, де здійснюється взаємодія одного (автомобільного) або декількох видів транспорту – це складна система, що складається із взаємопов'язаних

підсистем, до яких входять шість основних ресурсних складових: простір, час, матеріали, енергія, праця (трудові ресурси), фінанси, що об'єднані між собою матеріальним потоком, інформаційною системою та документообігом і функціонують задля забезпечення сконцентрованої та цілеспрямованої діяльності у сфері задоволення потреб виробничої сфери в ефективному просуванні матеріальних ресурсів.

Аналіз виробничої діяльності вантажного термінального комплексу дозволив виявити недоліки, що існують при організації їхньої роботи, серед яких: низький коефіцієнт використання робочого часу, наявність міжопераційних простоїв навантажувально-розвантажувальних механізмів, нераціональний вибір кількості засобів механізації, відсутність врахування коливання попиту на підйомно-транспортне обладнання при плануванні кількості одиниць НРМ та при розрахунку необхідної кількості персоналу, відсутність належного програмного забезпечення.

Характерна особливість вантажних термінальних комплексів - значний вміст стохастичних параметрів функціонування, таких як: обсяг партії вантажу, розмір складських запасів вантажів, нерівномірність попиту на переробку вантажопотоку у часовому просторі, непостійність обсягу роботи на складах, тощо. Ймовірнісний характер таких параметрів обумовлює випадковий вплив на технологію функціонування термінальних комплексів, а також різнохарактерних виробничих і транспортних систем, в пунктах взаємодії яких створені термінальні комплекси.

При підвищенні ефективності функціонування термінальних комплексів вирішальну роль відводять правильному і обґрунтованому вибору критеріїв оптимізації, відповідно до яких термінальний комплекс повинен бути найкращим чином пристосований для реалізації мети функціонування логістичної системи матеріалоруку, елементом якої він є.

Застосування методів моделювання і системний підхід дозволяють модернізувати функціонування термінальних комплексів, сприяють таким процесам як прогнозування, планування, координація, що мають безпосереднє відношення до ефективної організації та управління даною структурою.

Прогнозна оцінка необхідних значень технічних характеристик транспортно-складських ресурсів і технологічних параметрів термінального комплексу дозволяє обрати такі параметри функціонування, які б забезпечували синхронізацію технологічних процесів і враховували б ресурсні обмеження термінального комплексу.

Необхідна розробка та впровадження інтегрованої інформаційної системи підтримки прийняття рішення в технологічному циклі термінальної системи на основі нових багатокритеріальних моделей оптимізації транспортно-складських процесів та раціоналізації використання ресурсів різних видів для всіх її підсистем.

СЕКЦИЯ «ВЗАЄМОДІЯ ЗАЛІЗНИЦЬ І ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ»

К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Маслак А. В., Красулин А. С.

ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет»

Развитие тепловозной тяги на промышленном железнодорожном транспорте базировалось в основном на типаже тепловозов и опыте их использования на магистральных железных дорогах. При этом широкий диапазон производственных требований и многообразие эксплуатационных условий, формирующих процесс транспортного обслуживания предприятий, учитывался крайне недостаточно.

В первом случае, - это принадлежность предприятий многим отраслям промышленности, которые характеризуются различными: видами продукции, производственной инфраструктурой, видом, свойствами и состоянием перевозимых грузов, а также объемом и технологическим регламентом перевозок. Во-втором, - транспортной инфраструктурой, вагонопотоками, типом подвижного состава, видом и характером технологических процессов перевозок.

В свое время типажного ряда тепловозов, соответствующего этим требованиям, создано не было. Более того, в рыночных условиях структура тепловозного парка претерпела на предприятиях существенные конъюнктурные изменения, связанные с производственными требованиями и финансовыми возможностями. Указанные обстоятельства привели к тому, что в настоящее время, более 70 % тепловозного парка промышленных предприятий составляют в основном тепловозы старых серий (ТГМ4, ТГМ6, М62) и новых моделей (ТЭМ7, ТЭМ18 и др.) мощностью до 1000 – 1200 л.с. и сцепным весом 100 – 120 т, которые в подавляющем большинстве случаев имеют для рассматриваемых производственно-эксплуатационных условий избыточные параметры и уже отрабатывают свой ресурс.

Таким образом, крайне важной и актуальной проблемой промышленных предприятий, в первую очередь металлургической промышленности, является переход на энергосберегающие транспортные технологии. В зарубежной практике принят принципиально другой методический подход к выбору тяговых средств для конкретных производственно-эксплуатационных условий предприятий, где уже давно установлена нерациональность повсеместного применения мощных локомотивов. В основу этого подхода принимается минимально необходимый сцепной вес локомотива для работы в конкретной транспортной технологии.

На основании проведенных исследований кафедрой «Транспортные технологии предприятий» ПГТУ был предложен новый подход к разработке энергосберегающей транспортной технологии для промышленных предприятий. Он заключается в том, что для эксплуатационных условий конкретного предприятия или участка (суточного вагонопотока, массы маневровой передачи, уклонов железнодорожных путей, расстояний и скорости маневровых передвижений, организации грузовых и транспортных работ и др.) производится обоснование оптимальной сцепной массы и мощности тягового средства, принимается решение о выборе типа локомотива и разрабатывается технологический процесс его использования.

В связи с указанным, в сложившихся условиях повышение эффективности транспортного обслуживания, снижения транспортных издержек и производственных

потерь широкого круга предприятий различных отраслей промышленности настоятельно требуют замены значительного числа мощных тепловозов маневровыми тягачами.

Переход на новые энергосберегающие транспортные технологии основан на логистических принципах управления транспортно-грузовой работой. С этой целью для каждого конкретного объекта производится параметрическая увязка производственных и транспортных операций в поточный процесс, определяется требуемая сцепная масса тягового средства и формируется система логистического управления, обеспечивающая заданные эксплуатационные и технико-экономические показатели процесса.

ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА З ВРАХУВАННЯМ ПОГОДНИХ УМОВ

Медведєв Є. П.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

Рациональна організація та планування транспортних процесів перевезень вантажів агропромислового комплексу є однією з найважливіших складових частин розвитку економіки країни. У рослинництві технологічні перевезення складають 60-70% загального об'єму внутрішньогосподарських транспортні робіт, а трудомісткість їх виконання при виробництві основних видів продукції – 15-22% загальних витрат праці. У загальному комплексі сільськогосподарських робіт транспортні процеси займають до 35% всіх витрат праці на обробіток сільськогосподарських культур, а за витратами енергії – до 40%. Транспортні витрати складають близько 20-25% витрат, що визначають собівартість найважливіших видів продукції АПК.

Сучасні тенденції розвитку агропромислового комплексу України в умовах жорсткої економії ресурсів пред'являють підвищенні вимоги до проблеми раціональної організації та планування транспортного забезпечення сільськогосподарських підприємств під час збирання врожаю пшениці. Ці вимоги викликані наступними причинами:

- значною невизначеністю вибору оптимальної стратегії досягнення мети, в умовах стохастичного зовнішнього середовища – погодних та кліматичних умов, що змінюються;
- достатньо великої кількості інформації, що необхідно обробити керівному складу збиральної кампанії – агрономам, інженерам з транспорту, логістам.

Сільське господарство має особливості, які слід враховувати при організації та плануванні транспортних процесів. Тут технологічний процес відтворення тісно пов'язаний з природним. На результати господарювання впливають погодні умови, які правомірно віднести до слабокерованих факторів. Діяльність органу управління зводиться не до прямого впливу на природні фактори, а до прогнозування їх стану і адаптації до несприятливих умов виробництва.

Погодні умови у сільському господарстві значною мірою визначають ритм та інтервали виробництва. У зв'язку із сезонністю виробництва для сільського господарства характерна нерівномірність у використанні праці та засобів виробництва. Тому для виконання робіт у напружені («пікові») періоди у сільському господарстві треба мати значні резервні потужності, в тому числі й транспортні. Погодні умови є базисом формування робочого часу сільськогосподарської техніки – комбайнів, автомобілів, тракторів тощо, стратегічного та оперативного управління. Наявні погодні коливання під час збиральної кампанії врожаю пшениці зумовлюють відмінності в ефективності застосування транспортних ресурсів, залежно від кліматичних змін.

Несприятливі погодні умови скорочують оптимальний час збиральної кампанії, що призводить до значних втрат врожаю пшениці. Порушення технологічних операцій збирання може призвести до втрати, як мінімум, 17,0% врожаю. Зокрема, найбільшими втрати врожаю (6,6%) відмічено при порушенні оптимальних строків збирання культур, при застосуванні невідрегульованої техніки (4,5%) та при неправильному сполученні способів збирання (4,0%). Тобто, наведені дані свідчать, що суттєвий вплив на зменшення втрат урожаю має оптимізація строків та якісне проведення збиральних робіт, у яких на транспорт покладається одна з головних функцій – своєчасне та якісне його відвезення.

Організація та планування транспортних процесів у сільському господарстві повинна відбуватися із з врахуванням погодних умов, які значною мірою визначають ритм та інтервали виробництва. Це дозволить підвищити ефективність використання транспортних засобів, що в свою чергу, зменшить собівартість виробленої продукції.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ПОСТАЧАННЯ СИРОВИНИ НА МЕТАЛУРГІЙНІ ПІДПРИЄМСТВА СХОДУ УКРАЇНИ

Окороков А. М., Цупров Ю. П.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Внаслідок подій на сході України залізнична транспортна мережа Донецької залізниці зазнала значних пошкоджень та втратила технологічну цілісність. Це викликало значні ускладнення щодо забезпечення функціонування цілого ряду підприємств які знаходяться на підконтрольній українській владі територіях, зокрема двох великих металургійних підприємств – «Азовсталь» та комбінат Ілліча, що знаходяться в місті Маріуполь.

Традиційно основний вантажопотік проходив через ряд станцій (Яснувата, Авдіївка та ін.), функціонування яких на теперішній момент ускладнене, або взагалі неможливе через ведення бойових дій або пошкодження інфраструктури. Єдиною діючою залізничною ланкою залишився напрямок Камиш-Зоря – Волноваха, через який забезпечується постачання всіх необхідних для роботи заводів матеріалів. Проте пропускна спроможність цієї ділянка вкрай недостатня, а з урахуванням незадовільного стану верхньої будови колії та нестачі локомотивів на теперішній момент реальна пропускна спроможність не перевищує 13 поїздів на добу. За останні роки Укрзалізницею спільно з компанією-власником металургійних комбінатів «Метінвест» було реалізовано ряд проектів щодо збільшення пропускної спроможності, зокрема ремонт та модернізація локомотивів, проте це не дало бажаних результатів.

На тепер частина сировини, необхідної для збереження виробництва комбінатів постачається до Маріуполя через морські порти Азовського моря, зокрема через Бердянськ. У зворотному напрямку відправляється частина готової продукції. Проте такий варіант логістики викликає значне збільшення вартості як сировини (10-12 доларів на тону), так і готової продукції, що значно зменшує її конкурентоспроможність на світовому ринку.

Одним із шляхів покращення ситуації з залізничними перевезеннями може стати організація на даній залізничній ділянці руху вантажних поїздів за жорсткими нитками графіку, що значно спростить прив'язку локомотивів до составів та дасть змогу більш точно планувати їх роботу.

Найгострішою проблемою організації перевезень на цьому напрямку є недостатня кількість тягового рухомого складу. Тому розумною альтернативою може стати використання на цьому напрямку приватних локомотивів компанії «Метінвест», яка неодноразово заявляла про готовність виконати пілотні перевезення власним тяговим рухомим складом. Однак на теперішній момент остаточно не урегульовано цілу низку питань щодо допуску приватних локомотивів на загальну мережу, відсутні правила виконання таких перевезень і т.і. Тому вихід із ситуації що склалася необхідно шукати в площині удосконалення технології перевізного процесу та раціоналізації розподілу обсягів вантажопотоку між суміжними видами транспорту.

Для покращення ситуації пропонується визначення раціональних обсягів перевезення вантажів різними видами транспорту – як залізничним так і морським, з урахуванням переробної спроможності портів, фактичної пропускної спроможності залізничної лінії та наявності залізничних і водних транспортних засобів. При цьому в якості базових критеріїв ефективності пропонується застосування мінімізацію дорожчання 1 т сировини або готової продукції (а фактично витрати на логістику по тому чи іншому маршруту) та час знаходження вантажу в дорозі, що впливає на рівень запасів та витрати на вантажну масу «на колесах».

Вирішення такої задачі може бути виконано за допомогою відомих методів – теорії графів, мережевих моделей тощо.

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОСТАЧАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА В УКРАЇНУ

Окороков А. М., Бондарчук О. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Останнім часом перед Україною гостро постало питання енергетичної незалежності від постачань паливних матеріалів із Російської Федерації та окупованих територій Донецької та Луганської областей. Перш за все це стосується постачання вугілля антрацитової групи, на якій працює більшість українських ТЕЦ. Хоча настання теплого періоду надало деяку відстрочку по цьому питанню, але остаточно воно залишається не вирішеним.

На теперішній момент антрацитове вугілля постачається в Україну декількома шляхами:

- імпорт з Польщі – через західні кордони, біля 180 тис. тон станом на 2016 р.;
- імпорт з ПАР – через морські порти, здебільшого «великої трійки» одеських портів, біля 250 тис. тон;
- імпорт з Російської Федерації та окупованих територій – точних даних немає, проте за проведеним аналізом обсяги коливаються від 500 до 700 тис. тон.

Таким чином можна побачити, що на теперішній момент безсуперечним лідером у постачанні є Російська Федерація.

З метою зменшення енергетичної залежності та диверсифікації постачань планується поступове зменшення постачань з РФ за рахунок відповідного збільшення імпорту з Польщі та Південно-Африканської Республіки.

З точки зору логістики обидва варіанти мають суттєві недоліки.

Навіть якщо знехтувати незначними обсягами видобування енергетичного вугілля у Польщі, його постачання ускладнене в першу чергу через різну ширину залізничної колії

та обмежену переробну спроможність прикордонних пунктів перевантаження. Додаткові труднощі мають місце у зв'язку з неузгодженим підведенням залізничного рухомого складу з обох боків кордону, що викликають надлишковий простій вагонів та відповідне удорожчання всього процесу.

В Південно-Африканській Республіці обсяги видобутку вугілля антрацитової групи значно більші ніж у Польщі, ця країна займає одне з провідних місць у переліку його експортерів. Проте слід зазначити, що абсолютна більшість вугілля що видобувається законтрактована наперед, іноді на декілька років, і для заключення контракту на постачання значних обсягів потрібно проведення складного переговорного процесу. Додає складності цьому варіанту і логістика – маршрут постачання суднами великої місткості через Індійський океан пролягає через небезпечну Аденську затоку, де нерідкістю є напади піратів.

Проблемною ланкою є і обслуговування великих суховантажів в портах Чорного моря. В Україну постачання такого вугілля здійснюється судами вантажопід'ємністю 80 або 175 тисяч тон, які мають осадку 15-20 метрів. Це повністю виключає з логістичного ланцюга порти Азовського моря, залишаючи лише велику трійку Одеських портів (Одеса, Іллічівськ, Південний). Крім того, судна з вантажопід'ємністю 175 тисяч тон потребують так званої «протяжки» - часткового розвантаження, після якого їх осадка дозволяє зайти безпосередньо в порт. Це викликає як додаткові простой суден під вантажними операціями, так і значне збільшення ціни логістики через вимушену затримку залізничного рухомого складу.

Для вирішення цієї ланки питань пропонується розробка моделі постачання та споживання вугілля на всій території України. В якості витоків зазначити пункти входу вантажопотоків, а в якості пунктів споживання – місця розташування електростанцій. Оперуючи вихідними даними – вартістю вугілля на момент входження, вартістю постачання по окремих маршрутах та пропускну спроможністю ліній можна визначити раціональні схеми та обсяги надходження антрациту з різних витоків.

Проте слід зазначити, що ця методика вирішення задачі буде мати ряд припущень, зокрема щодо наявності вантажного та тягового рухомого складу, узгодженості роботи окремих пунктів перевантаження і т.і. Для зменшення їх впливу на кінцеве рішення пропонується провести імовірнісну та вартісну оцінку цих ризиків із закладенням їх у вартість вугілля на початковий момент часу.

СЕКЦІЯ «СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»

STUDY OF ENERGY-EFFICIENT CARGO TRANSPORTATION WITH ZERO EMISSIONS

Kys D. I., Demchenko Y. B.

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport Named after Academician V. Lazaryan

Heavy commercial vehicles produce about 20% of greenhouse gas emissions in the EU – a greater share than international aviation or shipping combined. Despite improvements in fuel efficiency and new standards, e.g. EURO 6, the total amount of CO_2 emissions from HCVs rose by 36% between 1990 and 2010, due to the ever increasing number of road freight traffic.

So trucks are essential to Europe's transportation system, but several key obstacles stand in the way of efforts to electrify freight vehicles in the way that is increasingly being done for cars and buses. For instance, the weight of batteries and hydrogen, eating into payloads and therefore profits. Missing infrastructure to charge batteries and refuel hydrogen tanks. In this context, the Siemens eHighway is one of the latest attempts to remove these obstacles from the road towards electrified road freight and one of the few to offer a solution that is being hailed as potentially workable in its current form.

The solution provided by Siemens eHighway utilizes methods that are already very familiar from the decades-old electrification of the world's railways. It bypasses the problem above of battery weight as well as the challenge of long charge cycles by supplying power to moving vehicles from an external source. The constant power supply is done via overhead power lines (catenary) in much the same way as an electric locomotive is equipped. The key innovation of the Siemens eHighway is the intelligent pantograph that detects the overhead catenary system, establishes a connection and does it all while driving at speeds up to 90 km/h. Trucks use regenerative breaks which decelerate the vehicles by converting its kinetic energy into a form which can be either used immediately or stored until needed. This system is currently mostly being developed for hybrid vehicles, but could also potentially power fully-electric trucks.

The advantages of the Siemens eHighway are undeniable. It provides a seemingly practical step towards the decarbonisation of transport. The technology eliminates some of the key drawbacks of other methods in the form of battery weight and charging times – both serious money-drainers to a profit-making, private sector. Unlike many other such solutions, it is primarily built on existing, well-tested principles as similar technologies have been used by electric trains and trams for decades. According to Siemens, the eHighway is being claimed to offer twice the efficiency of the traditional internal combustion engine when used with hybrid vehicles. Carbon emissions would be cut significantly with the use of eHighway-powered hybrid vehicles and one day, with fully-electric trucks and renewable energy sources, it could lead to carbon-free freight transport if we use renewable energy sources to power the grid. Lastly, the technology also offers the potential for adaptation to other applications in which it is necessary to move heavy payloads, such as mining or shuttle operations.

The main drawback of the Siemens eHighway stem from the need for specialist infrastructure is to supply the electricity. While the operation of electric road systems carries lower costs than other energy sources, the initial costs of developing this infrastructure and equipping vehicles with the pantograph and regenerative brakes would be a massive investment and therefore risk, that is unlikely to be carried by road freight operators alone. The eHighway would also be restricted to roads where this infrastructure exists. As the idea of installing

overhead catenary across Europe's highway networks is, frankly, unlikely, this would limit the operation of the system's electric trucks to specific corridors. This restriction is fine when freight is bound for destinations along major routes but means most vehicles require a hybrid engine on the last mile before the cargo can reach its final destination.

Worldwide road freight transport has the potential to become an exemplary model of sustainability by adopting new, innovative solutions. Its ecological influence can be improved, for instance, with substantially reduced CO_2 emissions as a result of a transition to electric mobility. This is the conclusion reached by the ENUBA research project, in the framework of which Siemens developed the eHighway concept.

РОЗВИТОК СИСТЕМИ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

Бех П. В., Лашков О. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Despite the significant backlog of most European countries in intermodal transport Ukraine now came close to creating such systems. The level of development of intermodal cargo transportation on the Trans-European and transnational transport corridors that pass through its territory, depends crucially on Ukraine joining the transport sector into the global transport system as an equal partner.

Незважаючи на значне відставання від більшості європейських країн в області інтермодальних перевезень Україна в даний час впритул підійшла до створення таких систем. Від рівня розвитку системи інтермодальних перевезень вантажів по транс'європейським і транснаціональним транспортним коридорам, що проходять через її територію, у вирішальній мірі залежить входження транспортного комплексу України в світову транспортну систему в якості рівноправного партнера.

Інтермодальне перевезення вантажів, що здійснюється за міжнародними транспортними коридорами, передбачає найбільш тісну інтеграцію, засновану на єдності всіх ланок транспортно-розподільчого ланцюга в організаційно-технологічному аспекті, на єдиній формі взаємодії, координації та кооперації всіх учасників транспортного процесу, комплексному розвитку інфраструктури різних видів транспорту, створення мультимодальних термінальних комплексів, інших об'єктів транспортної інфраструктури, інформатизації всього процесу руху товарів.

Розвиток української частини міжнародних транспортних коридорів та продовження цих коридорів до відповідних регіонів на базі наявних транспортних комунікацій вимагає залучення вітчизняних та зарубіжних інвестицій на розвиток транспортної інфраструктури, створення в вузлах транспортної мережі мультимодальних термінальних комплексів багатопільового призначення, впровадження нових форм комерційного обслуговування клієнтури і логістичного менеджменту, забезпечення додаткових сервісних послуг на базі маркетингової і логістичної діяльності.

Під інфраструктурою залізничного транспорту загального користування розуміється технологічний комплекс, що включає в себе залізничні колії загального користування та інші споруди, залізничні станції, пристрої електропостачання, мережі зв'язку, системи сигналізації, централізації і блокування, інформаційні комплекси і систему управління рухом, інші забезпечують функціонування цього комплексу будівлі, споруди, пристрої й устаткування. Створення високоефективної інфраструктури транспорту є

сьогодні першочерговим завданням і її рішення пов'язане з розвитком ринкової системи транспортного обслуговування клієнтури з широкою мережею транспортних компаній.

На залізничному транспорті накопичено певний досвід роботи ринкових структур і в першу чергу компаній-операторів власного рухомого складу. Під компанією-оператором розуміється юридична особа, створена відповідно до законодавства України, і зареєстрована на її території в установленому порядку і яка є власником рухомого складу.

Виробнича діяльність компанії-оператора здійснюється на підставі договору з Укрзалізницею про взаємовідносини з організації перевезень гарантованих обсягів вантажів одного або декількох українських вантажоутворюючих підприємств.

Метою функціонування транспортної системи будь-якої країни завжди було задоволення потреб своїх клієнтів в обсязі і якості перевезень. У ринковій економіці, однак, змінилася зовнішнє середовище, яка складається з різноманіття і різноманітності виробників товарів і послуг, що входять в сферу великого, середнього або дрібного бізнесу. У цих, нових умовах для нашої країни зовнішнє середовище пред'являє до транспорту високі вимоги в першу чергу до якості перевезень. Завдання транспорту - забезпечити таку якість. Якість в частині вантажних перевезень виражається для вантажовласників, головним чином в: сервісі при оформленні та прийомі до перевезення вантажу, своєчасному виділенні справного рухомого складу необхідного типу і кількості, в доставці вантажу одержувачу «точно в строк» і «від дверей до дверей», збереження вантажу, що перевозиться, прийнятну ціну на перевезення і супутніх послуг, забезпеченні інформацією про місцезнаходження вантажу в процесі перевезення. Йдеться про те, що транспортна система повинна бути адаптований до мінливих зовнішніх умов.

Виділення на залізничному транспорті природно-монопольного і конкурентного (потенційно конкурентного) секторів є природною реакцією на вплив зовнішнього по відношенню до транспорту середовища.

Створення компаній-операторів на залізничному транспорті також пов'язано з цим впливом і впровадженням підприємницькими структурами логістичного підходу до оптимізації своєї діяльності.

РУХ ВАНТАЖНИХ ПОЇЗДІВ ЗА ТВЕРДИМ ГРАФІКОМ – ОДИН ІЗ ФАКТОРІВ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Бех П. В., Лашков О. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

In this paper we have suggested the methods as for the increasing the efficiency of the Ukraine railways.

Основна проблема, що стоїть перед Укрзалізницею, є підвищення рентабельності й конкурентоспроможності на основі поліпшення якості обслуговування, удосконалювання тарифної політики, технології й організації вантажних перевезень.

Ця проблема являє собою комплекс задач, що пов'язані з організацією вантажних перевезень, це - прогноз параметрів вантажних перевезень, складання й коригування планів формування, організація тягового обслуговування вантажних поїздів, складання твердих графіків руху вантажних поїздів, створення умов для введення вантажних поїздів, що спізнюються, у графік, оцінка якості транспортного обслуговування.

Вантажні перевезення є для залізниць основним джерелом одержання доходів. Їхня технологія й організація цілком визначають всі економічні показники роботи залізниць.

Тільки в умовах коригування планів формування на основі періодичної і безупинної інформації у тісній взаємодії з оперативним плануванням і диспетчерським керівництвом усіх рівнів можна одержати найбільш ефективну систему управління процесами вантажних перевезень.

Організація руху вантажних поїздів за графіком дозволить:

- організувати роботу локомотивів і бригад із мінімальними втратами часу, скоротивши перевідпочинок у пунктах обертів і понад визначений час;
- зменшити потрібну кількість вантажних локомотивів і бригад за рахунок підвищення продуктивності їхньої праці;
- знизити експлуатаційні витрати;
- обслуговувати клієнтів за графіком на договірній основі, що підвищить доходи;
- ліквідувати нерівномірність руху, створювану системою обліку передачі поїздів, і вирішити на цій основі проблеми стиків;
- прискорити просування поїздів за рахунок створення умов для їхнього рівномірного розподілу за часом доби;
- спростити систему обліку переданих поїздів і вагонів.

Така технологія перевезень вигідна залізниці й клієнтам. Тому однією з основних цілей є розробка науково-методичних основ організації руху вантажних поїздів за графіком.

АНАЛІЗ ДОСВІДУ США ТА КАНАДИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ

Козаченко Д. М.¹, Вернигора Р. В.¹, Рустамов Р. Ш.²

1 – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, 2 – Регіональна філія «Одеська залізниця»
ПАТ «Укрзалізниця», Україна

В даний час для України, як одного з найбільших у світі експортерів зерна, особливо актуальним є питання удосконалення логістики доставки зернових вантажів від виробників у морські порти, через які здійснюється перевалка 95% обсягів українського експорту зерна. Зменшення вартості логістичної складової дозволить зменшити кінцеву вартість українського зерна, і відповідно підвищити його конкурентоздатність на світових ринках. Слід зазначити, що більше 60% зернових вантажів в морські порти було доставлено залізничним транспортом. Тому підвищення ефективності, в першу чергу, залізничних перевезень зернових вантажів у порти є однією з ключових завдань, яке необхідно вирішити для зниження логістичних витрат. В цьому аспекті цікавим та корисним є досвід США та Канади; в цих країнах завдяки цілому ряду заходів в галузі залізничних перевезень та змін в законодавстві вдалося знизити частку логістичної складової у вартості зерна до 10 % (для порівняння, в Україні ця частка складає близько 35%).

Зміни у зерновій логістиці в США почалися в 1972-1973 роках у відповідь на різке збільшення попиту на зерно на світовому ринку. Ці зміни призвели до зміни кількості, ємності і схеми розміщення елеваторів по території країни, вдосконалення технологій

перевезення зерна залізницями і їх тарифних систем. Аналогічні зміни відбувалися, починаючи з 1980-х і в Канаді.

До процесу реформування логістична система доставки зерна північноамериканськими залізницями була подібною до діючої наразі на залізницях України. Порожні вагони для перевезення зерна спрямовувались на технічні станції, звідки групами 1...25 вагонів вони подавались на станції навантаження. Після навантаження вагони прямували на технічні станції для накопичення поїздів за планом формування. У 1965 році в США почала використовуватися технологія з перевезення зерна на експорт в морські порти маршрутними відправками. Ефективність перевезення зерна маршрутами пов'язана зі зниженням станційних витрат, більш раціональним використанням вантажопідйомності вагонів, пропускної і провізної здатності залізничних ліній. У той же час ця технологія вимагає розвитку під'їзних колій і вантажних потужностей елеваторів.

Подальші технічні і технологічні інновації, державна політика, спрямована на розвиток ринку привели до зміни обсягу, якості та вартості послуг залізниць, пов'язаних з перевезенням зерна. Кінець 1970-х – початок 1980-х років став періодом економічного дерегулювання залізничного транспорту. Конгресом США був прийнятий ряд документів, найважливішими з яких були: «Закон про відродження залізниць і реформи регулювання» 1976 р. і «Акт Стаггера про залізничний транспорт» 1980 р. Зазначені закони значно спростили залізницям процедуру закриття малодіяльних ділянок, а також дали суттєву свободу у формуванні тарифної політики. В результаті були закриті малодіяльні ділянки, які становлять близько 20% мережі, додатково значну кількість малодіяльних ділянок було перетворено в залізниці, незалежні від залізниць 1-го класу. Тарифна політика залізниць зазнала також суттєві зміни. Залізниці перейшли від тарифікації перевезень пропорційно тонні вантажу до тарифікації за вагон (single-car rate), групову відправку (multiple-car rates), відправника маршрут (unit train) і ступінчастий маршрут (multiple origin unit train rates), стимулюючи вантажовідправників, з одного боку, до максимального завантаження вагонів, а з іншого, до концентрації зернових вантажопотоків. У 1990-х залізниця Burlington Northern (BNSF після 1996 р.) впровадила технологію перевезення зерна човниковими поїздами (shuttle train). Зазначена технологія передбачає використання спеціального тарифу, який нижче, ніж для перевезення зерна груповими відправками на 46...52%. При цьому вантажовідправник повинен бути здатним забезпечити навантаження поїзда з 75...120 вагонів протягом обмеженого часу (близько 15 годин). Маршрутні поїзди рухаються між пунктами навантаження і вивантаження за жорстким розкладом, відповідно до контракту на 6...9 місяців, без переформування і відчеплення поїзних локомотивів на станції навантаження.

У відповідь на зміни умов транспортування зерна в США відбулися істотні зміни в системах його виробництва і зберігання. За період з 1980 по 1998 роки число сільськогосподарських підприємств скоротилося на 15%, в той же час їх розміри зросли на 11%. Загальна кількість елеваторів зменшилася за рахунок значного скорочення числа лінійних елеваторів (country elevators), при цьому відбулося укрупнення і зростання кількості вузлових елеваторів (terminal elevators), що забезпечують відвантаження зерна на залізничний транспорт партіями, достатніми для формування маршрутів. Середня відстань доставки фермерами зерна на елеватори зросла з 19 до 51,5 км.

Логістична система перевезення зерна в Канаді зазнала аналогічні зміни. У відповідь на знижки, що надаються залізницями при збільшенні величини відправки, відбулося укрупнення елеваторів. У період з 1994 по 2003 рік число елеваторів зменшилося на 62%, в той же час їх загальна вантажна здатність зменшилася лише на 8%.

В цілому, не дивлячись на те, що вартість виробництва зерна в США, як правило, є більш високою в порівнянні з основними конкуруючими країнами, ефективна логістична система забезпечує йому конкурентоспроможність на світових ринках.,

Існуюча логістична система України функціонує в умовах відсутності диференційованих ставок тарифу для вагонних, групових та маршрутних відправок. Однак поєднання таких факторів як різке збільшення виробництва зернових, критичний знос зерновозів і загострення конкуренції на світових ринках зерна викликають необхідність вдосконалення логістичної інфраструктури та технологій перевезення зерна. У цих умовах в Україні може бути використаний досвід США і Канади, який полягає в підвищенні навантажувальної спроможності елеваторів, з одного боку і використанні маршрутів для перевезення зерна зі спеціальними тарифами з іншого.

ОРГАНІЗАЦІЯ МІСЦЕВОЇ РОБОТИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Лашков О. В., Носенко К. Ю.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

To improve the local work necessary to carry out three interrelated set of measures: technological, technical and logistics. The article is to review these measures in general purpose and feasibility of certain types of local trains in particular.

Незважаючи на всі скрути перехідного періоду залізничний транспорт залишається таким, що не тільки самоокуповується, але й надає прибутки. Однак конкурувати з іншими видами транспорту з кожним роком стає все важче. Необхідно постійно вдосконалювати процес перевезень, впроваджувати нові прогресивні технології, досконально змінювати відношення з клієнтурою.

Користуючись перевагами транзитної держави, Укрзалізниця інтенсивно розвиває транспортні коридори, переходить на масове використання контейнерних та контрейлерних перевезень, максимально скорочує кількість переформувань складів поїздів. Задля скорішого просування транзитних поїздів збільшуються швидкості руху, подовжуються плечі локомотивів. Все це надає реальну надію на залучення закордонних інвесторів з метою реалізації довгострокових програм розвитку залізничного транспорту України, як моста між Північчю і Півднем, Заходом і Сходом найвеличнійшого материка Євразія.

При цьому основною задачею залізничного транспорту залишається задоволення потреб вітчизняних виробників в перевезеннях, забезпечення їх максимальною кількістю послуг при мінімальних експлуатаційних витратах за рахунок оптимізації використання існуючої інфраструктури і рухомого складу. Тому крупним резервом підвищення ефективності процесу перевезень є покращення організації місцевої роботи.

Місцева робота – це комплекс заходів, що виконуються залізничними підрозділами (залізницями, дирекціями, станціями), що пов'язані з виконанням вантажних операцій. Вона включає розвезення вантажу по станціях даного підрозділу, забезпечення станцій навантаження порожніми вагонами, вивантаження і навантаження вагонів, забезпечення своєчасного відправлення місцевих вагонів після завершення вантажних операцій. На місцеву роботу припадає більш ніж 60 % часу обороту вантажного вагону. Технологічний цикл місцевої роботи показано на рис. 1.

На думку авторів проблеми організації місцевої роботи останнім часом приділяється недостатньо уваги. Цьому питанню присвятили публікації д.е.н. Пасічник В. І., к.т.н.

Нестеренко Г. І. (Україна); д.т.н. Кузнєцов О. П., к.е.н. Макєєв В. О. (РФ); керівники структурних підрозділів залізниць держав СНД і декілька інших авторів. Організація місцевої роботи в них розглядається або як складова більш значущих завдань, або не має системного характеру. В той же час робота з місцевими вагонопотоками є вирішальною при організації процесу перевезень на багатьох залізницях.

Іноді за бажанням вантажоодержувача може виникнути необхідність призначення позаграфікового місцевого поїзду. Як правило, в таких випадках призначаються вивізні поїзди. Природно, що всі витрати на організацію таких перевезень покладаються на замовника, тобто одержувача вантажу.

Однак деякі складові витрат будуть незмінними незалежно від порядку відправлення місцевих вагонів з дільничної станції, а деякі навіть матимуть менші значення, ніж при відправленні тільки графікових поїздів.

Для покращення місцевої роботи необхідно провести три взаємопов'язаних комплекси заходів: технологічний, технічний і логістичний. Метою статті є розгляд цих заходів взагалі і доцільності призначення окремих видів місцевих поїздів зокрема.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ РЕЛЯЦІЙНОЇ АЛГЕБРИ ДЛЯ АНАЛІЗУ УМОВ ПРОПУСКУ ТРАНЗИТНИХ ВАГОНОПОТОКІВ ПО ЗАЛІЗНИЦЯМ УКРАЇНИ

Малашкін В. В., Рубець А. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

The report reviewed the methods of processing database, which contains information about transit carriages through the territory of Ukraine. The results obtained can be used to construct a simulation model of a border station.

Україна має одне із найбільш вигідних розташувань у світі для виконання транзитних перевезень, тому що знаходиться на перетині основних напрямків слідування вантажів між Європейським Союзом (ЄС), Російською Федерацією, країнами Близького, Середнього та Дальнього Сходу і Південно-Східної Азії. Територією України пролягає 10 міжнародних залізничних транспортних коридорів, що забезпечує залізничному транспорту провідне місце у здійсненні транзитних перевезень вантажів. У зв'язку з цим експорт транспортних послуг є важливим елементом функціонування економіки України та джерелом надходжень до бюджету.

У сучасних умовах роботу залізничного транспорту з пропуску транзитних вагонопотоків оцінюють в основному з використанням кількісних показників, яких не достатньо для врахування якісних характеристик маршрутів з точки зору привабливості для вантажовідправника. У зв'язку з цим виникає задача додаткового оцінювання ефективності використання рухомого складу та технічних засобів залізничних станцій при виконанні перевезень для автоматизованих систем керування вантажними перевезеннями на залізничному транспорті. Рішення поставленої задачі можливе при дослідженні процесу пропуску транзитних вагонопотоків по українським залізницям.

Для проведення детального аналізу умов руху вагонів власності інших держав по території України використані дані з архіву АСК ВП УЗ-Є за кілька останніх років.

Вихідні дані для розрахунків представлено у вигляді наступних таблиць: таблиця вагонів, що прослідували міждержавні пункти передачі **Тв**; таблиця поїздів, що прослідували міждержавні пункти передачі **Тп**.

Таблиця **Тв** містить такі поля: інвентарний номер вагона – V_1 ; ідентифікатор поїзда – V_2 ; маса вантажу – V_3 ; код вантажу – V_4 ; станція призначення вагона – V_5 . Таблиця **Тп** містить наступні поля: ідентифікатор поїзда – A_1 ; код ЄСР станції виконання операції з поїздом – A_2 ; код операції з поїздом – A_3 ; дата та час виконання операції – A_4 ; код ЄСР станції призначення поїзда – A_5 . Вказані таблиці доповнюються таблицею маршрутів **Тм**, що містить такі поля: код єдиної сітьової розмітки (далі ЄСР) початкової станції маршруту – B_1 ; код ЄСР кінцевої станції маршруту – B_2 ; код ЄСР станції призначення поїзда – B_3 .

Зважаючи на те, що аналіз умов пропуску транзитних вагонопотоків пов'язаний з обробкою інформації з баз даних, то у якості основних методів аналізу обрані реляційна алгебра і математична статистика.

Для встановлення показників експлуатації засобів транспорту методами реляційної алгебри на підставі поєднання таблиць **Тв**, **Тп** і **Тм** отримані таблиці приймання **Тпр** та здавання вагонів **Тзд** по прикордонних станціях, слідування вагонів без переробки **Тбп** та з переробкою **Тпер** територією України.

Методами математичної статистики на основі даних таблиць **Тпр**, **Тзд**, **Тбп** та **Тпер** визначені числові характеристики та закони розподілу основних показників експлуатації залізничного транспорту України. Отримані результати можуть бути використані при розробці імітаційної моделі прикордонної станції, яка дозволить досліджувати вплив різних факторів транспортного процесу на ефективність її функціонування.

НЕЗАЛЕЖНИЙ ТЕХНІЧНИЙ АУДИТ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Окороков А. М., Булах М. О.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

В умовах інтеграції національної залізничної мережі в європейську транспортну систему, виникла гостра необхідність в прийнятті нових управлінських, технічних та технологічних рішень, що повинні включати кардинальні зміни організації роботи підприємств, які увійшли до складу ПАТ «Укрзалізниця». Проведення технічного аудиту незалежними суб'єктами дозволить отримувати об'єктивні дані щодо технічного стану підприємств, та використовувати їх для прийняття таких рішень.

На прикладі досвіду країн учасників ЄС, сьогодні, в Україні впроваджено проведення технічного аудиту, який спрямований на управління системою якості продукції, що приймається в експлуатацію. Технічний аудит в ПАТ «Укрзалізниця» проводить Центр технічного аудиту, створений в структурі ДП «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут залізничного транспорту», а отже є підпорядкованим та підконтрольним структурному підрозділу ПАТ «Укрзалізниця». Оскільки, основними принципами аудиту є незалежність та неупередженість, їх дотримання даним Центром викликає сумніви.

На думку авторів, напрям діяльності Центру є безперечно важливим, проте галузь залізничного транспорту України характеризується надзвичайно високим рівнем зносу основних фондів, які забезпечують її функціонування. Тому, враховуючи співвідношення частки обладнання, рухомого складу та інших ресурсів ПАТ «Укрзалізниця», що є повністю амортизованим, але продовжують експлуатуватися та частки придбаного майна, що приймається в експлуатацію, необхідно розширити перелік об'єктів залізничного транспорту, підлягають технічному аудиту.

Тому, авторами пропонується розробка нової методики та побудова принципів проведення незалежного технічного аудиту об'єктів залізничного транспорту. Застосування незалежного технічного аудиту дозволить досліджувати інженерні та виробничі системи з метою оцінки їх поточного технічного стану, виявляти та задіювати резерви підвищення ефективності їх діяльності, оцінювати майбутні витрати на ремонтні цикли та модернізацію, а також виявляти наявність технічних ризиків для організації процесу управління.

АНАЛІЗ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Примаченко Г. О.

Український державний університет залізничного транспорту

Логістична система залізничних пасажирських міжнародних перевезень включає три рівня логістичного ланцюга: «передпоїзне», «поїзне» та «післяпоїзне» обслуговування.

Сутність «передпоїзного» обслуговування пасажирів заключається у наданні достатньої та різноманітної інформації про можливості певної залізничної компанії. Тобто, пасажир інформують про усі можливі маршрути руху за певним напрямком, наявності певних типів місць, пільгах та знижках при купівлі квитків, про можливі послуги у вагонах поїзду і т. п. Таким чином, перший блок рівня ланцюга «передпоїзного» обслуговування спрямований на те, щоб потенційний пасажир став клієнтом (пасажиром) певної залізничної компанії. Важливе місце при цьому займає технологія продажу послуг залізничних перевезень пасажиром, яка повинна базуватися на оперативності та мінімальній невизначеності. У процесі продажу відбувається узгодження маршруту, тобто вибір зручного для пасажирів маршруту руху або сумісних маршрутів, що можуть здійснювати інші залізничні компанії, визначається тип та рівень обслуговування, дата та час відправлення та прибуття до пункту призначення. Після оплати договір між пасажиром та перевізником закріплюється квитком на перевезення. Так клієнт стає пасажиром і включається до логістичного ланцюга пасажиропотоку. Наступне «передпоїзне» обслуговування передбачає прибуття та обслуговування пасажирів на залізничній станції відправлення. На цьому етапі слід чітко організувати управління пасажиропотоком на шляху руху до вокзалу залізничної станції відправлення, при перевірці квитків у вагоні поїзду, а також проходження пасажирів прикордонного, митного, карантинного та інших видів контролю за необхідністю.

«Поїзне» обслуговування – прибуття клієнтів на залізничну станцію призначення із забезпеченням безпеки руху, необхідного комфорту і сервісу під час поїздки.

«Післяпоїзне» обслуговування включає забезпечення комфорту на залізничній станції призначення і надання додаткових послуг залізничною компанією таких, як бронювання місць у готелі, замовлення таксі та ін.

Так, для досягнення максимального ефекту системи в цілому усі три рівня (ланки) логістичного ланцюга повинні функціонувати узгоджено у рамках єдиного логістичного процесу пасажирських перевезень, що, у свою чергу, потребує узгоджених дій усіх учасників логістичної системи. Більша частина ланок логістичної системи пасажирських залізничних перевезень є по суті, установами сервісу, де послуги безпосередньо пов'язані з пасажиром. Тому критерієм оцінки рівня взаємодії усіх ланок логістичного ланцюга з обслуговування пасажиропотоку повинно стати надання послуг ефективним з точки зору витрат способом і забезпечення вимог пасажирів.

Для оцінки якості послуг доцільно використовувати порівняння очікувань покупця (пасажира) з фактично наданими залізничними послугами по таким параметрам, як надійність, безпека, регулярність, гнучкість тарифів, відповідальність, зручність, ввічливість, можливість та рівень харчування у поїзді, комунікабельність і знання іноземних мов персоналом залізничних компаній, інформативність, наявність додаткових послуг та ін. Подібні показники якості сервісу залізничного транспорту найчастіше вказують пасажиром у анкетах при проведенні опитування залізничними компаніями з метою виявлення рівня сервісу.

Мета функціонування логістичної системи обслуговування пасажиропотоку направлена на організацію управління таким чином, щоб звести до мінімуму різницю між очікуваним і фактичним рівнем якості послуг.

ЛОГИСТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ - ОСНОВА ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

Сарбаев Сугирали Шакирович

Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева, г. Алматы

Информационное обеспечение транспортной логистики (ИОТЛ) осуществляется с помощью директивных информационных сообщений, за которые несет ответственность каждый из участников цепочки, а также посредством стандартных международных транспортных документов. Сегодня условия транспортировки настоятельно требуют объединения промышленных, торговых, транспортно-экспедиторских компаний, обслуживающих инфраструктуру рынка, в интегрированные логистические сети. Именно они способны быстрее, своевременно и с минимальными затратами осуществлять поставку продукции потребителям. Решение проблемы предполагает применение качественно новой стратегической инновационной системы – интегрированной логистики.

Наиболее эффективные решения в сфере транспортирования грузов могут быть реализованы в транспортно-логистических цепочках. Предпосылками для этого являются:

- дальнейшее развитие конкуренции между участниками транспортного рынка за качественное обслуживание с минимальными затратами владельцев грузов;
- развитие интеграции (объединения) процессов между предприятиями различных отраслей, создание новых организационных форм взаимодействия логистических цепочек и логистических сетей;
- огромные возможности в области новейших информационных технологий (ИТ), обладающих большим потенциалом для эффективного управления всеми сферами производственно-коммерческой и транспортной деятельности.

Динамика развития экономических и транспортных процессов, жесткие ресурсные ограничения приводят к существенному возрастанию скорости материальных, транспортных, финансовых и информационных потоков при сокращении числа посредников в транспортных цепях. Одновременно предприятия-участники на основе единой информационной системы достигают преимуществ, связанных со снижением общих затрат, объединением независимых рисков и повышением качества функционирования всей системы.

Информационная система увеличивает ресурсный потенциал отдельных предприятий за счет привлечения ресурсов и конкурентных возможностей других участников. Вместе с тем, ряд проблем препятствуют удовлетворению спроса на транспортные услуги:

- низкий уровень межотраслевой и межрегиональной координации в развитии транспортной инфраструктуры;
- слабое использование транспортных коммуникаций для доставки транзитных грузов;
- медленное совершенствование транспортных технологий и недостаточная их увязка с производственными (промышленными), торговыми, складскими и таможенными технологиями;
- недопустимо низкий уровень информатизации транспортного процесса и информационного взаимодействия транспорта с другими отраслями экономики.

Последняя из указанных проблем непосредственно определяет актуальность информационного обеспечения транспортной логистики. До недавнего времени основным фактором успеха считалась исключительно рыночная ориентация. Однако для обеспечения стабильной рентабельности предприятия должны правильно выбирать и комбинировать ресурсы.

Интегрированная логистика имеет следующие особенности, которые оказывают прямое воздействие на эффективность, производительность и качество функционирования транспортной системы:

- формирование и использование ключевых компетенций, что предполагает особо эффективное сочетание ресурсов, которыми конкуренты не располагают;
- сохранение стабильных ключевых компетенций в долгосрочной стратегической перспективе;
- возможность клиентов извлекать выгоды для себя, готовность оплачивать дополнительные услуги.

Выводы: сегодня интегрированные логистические сети способны быстрее, своевременно и с минимальными затратами осуществлять поставку продукции потребителям. Решение проблемы предполагает применение качественно новой стратегической инновационной системы – интегрированной логистики. Информационная система увеличивает ресурсный потенциал отдельных предприятий за счет привлечения ресурсов и конкурентных возможностей других участников.

ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ СТАЛІЙ РОЗВИТОК ЗАЛІЗНИЦЬ

Харченко О. І.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

До основних особливостей залізничного транспорту відносяться його найпотужніший потенціал, універсальність, регулярність і відносна дешевизна. До переваг цього виду транспорту можна також віднести розширену мережу залізниць, порівняно низька собівартість, надійність, безпека та екологічність. Окрім цього світовими експертами в області транспорту залізничний транспорт визнаний транспортом майбутнього, у зв'язку з цим перед державою стоїть важливе завдання по модернізації і розвитку залізничного транспорту.

Новою парадигмою світового розвитку є сталий розвиток. Концепція сталого розвитку полягає в досягненні задоволення життєвих потреб нинішнього покоління людей без того, щоб майбутні покоління були позбавлені такої можливості через вичерпання природних

ресурсів і деградації довкілля. Тоді, сталим розвитком залізничної галузі, як системи, передбачається погоджене функціонування економічної, екологічної і соціальної підсистем.

Сталий розвиток залізниць пропонується оцінювати на підставі критерію ефективності :

$$F_{\text{ц}} = \frac{E_i}{C_{\text{ср}}} = \delta_{\text{рес}} \cdot \varepsilon_{\text{рес}} + \delta_{\text{ек}} \cdot \varepsilon_{\text{ек}} + \delta_{\text{соц}} \cdot \varepsilon_{\text{соц}} + \delta_{\text{як}} \cdot \varepsilon_{\text{як}} \rightarrow \max$$

де $\delta_{\text{рес}}$, $\delta_{\text{ек}}$, $\delta_{\text{соц}}$, $\delta_{\text{як}}$ – доля грошових коштів в загальному об'ємі по напрямках розвитку ресурсозберігаючих технологій, зниження шкідливої дії на довкілля, забезпечення соціальної складової функціонування залізниць і підвищення якості обслуговування клієнтури відповідно;

$\varepsilon_{\text{рес}}$, $\varepsilon_{\text{ек}}$, $\varepsilon_{\text{соц}}$, $\varepsilon_{\text{як}}$ – функції еластичності капіталовкладень по напрямках розвитку ресурсозберігаючих технологій, зниження шкідливої дії на довкілля, забезпечення соціальною складовою функціонування залізниць і підвищення якості обслуговування клієнтури відповідно.

Проте для визначення чисельного значення показника ефективності потрібне попереднє обґрунтування чисельних значень ряду техніко-експлуатаційних і техніко-економічних показників. Крім того, ці показники повинні характеризувати раціональний, з позицій сталого розвитку, варіант функціонування залізниць.

Пропонується наступна послідовність рішення задачі оцінки параметрів, що характеризують сталий розвиток залізниць:

- оптимальний розподіл вантажної роботи на ділянках і станціях залізниць (рішення мережевої задачі на макрорівні – рівні макросистеми залізниць);
- визначення оптимальної кількості обслуговуючих механізмів на вантажних станціях у складі залізниці (рішення оптимізаційних завдань на мікрорівні – рівні окремих станцій як елементів макросистеми залізниці);
- рішення задачі оптимального розподілу грошових коштів, що виділяються на забезпечення сталого розвитку залізниці, з використанням як початкові результати оптимізації розподілу вантажної роботи на ділянках і станціях залізниці.

Формування моделі функціонування залізниць базується на математичному апараті теорії множин, що дозволяє сформулювати ряд задач, вирішення яких дозволяє визначити параметри функціонування системи, оптимальні відносно складових запропонованого критерію ефективності.

ЕРГАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ПОЇЗДІВ ЯК ЗАСІБ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАМЕТРІВ ГРАФІКУ РУХУ

Пасічний О. М.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Необхідною інформацією для розробки графіка руху поїздів на будь-якій залізничній дільниці, та й на мережі залізниць в цілому, є його нормативи, а саме: перегінні часи ходу поїздів всіх категорій, станційні та міжпоїзні інтервали, додатковий час на розгін і уповільнення для кожної категорії поїздів та інші. Головною умовою для нормативів графіку руху поїздів є те, що всі вони мають бути реальними та обов'язково перевірятися на можливість їх виконання в умовах експлуатації.

Для визначення перегінного часу ходу поїздів, додаткового часу на розгін і уповільнення, а також міжпоїзних і станційних інтервалів у різні часи використовувалися декілька методик. Сучасною методикою визначення часу ходу поїздів по перегонах вважаються тягові розрахунки, які наразі виконуються на ЕОМ. Однак існуючі моделі залізничних дільниць, що використовуються в програмних продуктах «ГАС “Railway”», «АРМ графіста», за класифікацією відносяться до автоматичних. У такого підходу до визначення нормативів графіків руху поїздів є наступні недоліки:

1. Тягові розрахунки виконуються для певних, передбачених Правилами тягових розрахунків, режимів. Разом з тим, відомо, що в реальних умовах водіння поїздів з різних причин виконується на інших режимах. Як правило, через значну зношеність тягового рухомого складу вітчизняних залізниць, маши-ністами виконується розгін поїздів та ведення їх (особливо на важких за профілем дільницях) зі значно меншими, ніж вказано у ПТР, пусковими струмами, що призводить до збільшення тривалості руху.

2. Інструкція зі складання графіка руху поїздів на залізницях України регламентує рекомендовані значення додаткового часу (на розгін, уповільнення, на випадок наявності обмежень швидкості), проте ці значення можуть бути реалізовані не на будь-якому профілі колії та не при будь-яких обмеженнях швидкості (наприклад, на станційних коліях та по окремих стрілочних переводах).

3. Існуюча методика не може врахувати вплив так званого «людського фактору».

Для того, щоб перевірити на реальність нормативи графіку руху поїздів, можливо виконувати дослідні поїздки по відповідних дільницях, проте з розвитком обчислювальної техніки та комп'ютерних технологій стає можливим також і ергатичне моделювання руху поїздів, тобто моделювання їх руху шляхом застосування комп'ютерних тренажерів машиністів локомотивів (моторвагонного рухомого складу).

Порівнюючи одержані в результаті моделювання значення часу на розгін і уповільнення з вище наведеними, можна зробити висновок про те, що для вантажних і пасажирських поїздів в умовах реальної експлуатації доцільно виконувати моделювання розгону і уповільнення поїзда за допомогою ергатичної моделі, аби ці нормативи графіка руху були реальними для конкретних станцій.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ В ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ СТАНЦІЙ І ВУЗЛІВ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ НА СТАНЦИИ ПЕРЕДАЧИ ВАГОНОВ

Аксёничков А. А.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта»

Железнодорожный транспорт – динамический комплекс многолинейных и многофазных смешанных систем. Функционирование их характеризуется значительными колебаниями, так как распределения транспортных потоков в них не стационарно и существуют сложные вероятностные обратные связи и зависимости между различными элементами.

В сложных транспортных системах все устройства тесно связаны между собой и оказывают большое влияние на работу друг друга. Учесть все связи и взаимодействия отдельных элементов системы и выразить их математически уравнениями очень сложно, а часто просто невозможно. Транспортными процессами в таких системах управляют высококвалифицированные специалисты. В зависимости от сложившейся ситуации они могут изменять порядок прохождения и обработки транспортных единиц, специализацию соединительных каналов, отдельных путей и парков, за счет перераспределения технических средств и технологических каналов (обслуживающего персонала) усиливать мощность отдельных устройств и применять другие мероприятия для пропуска транспортного потока.

Исследование закономерностей транспортных потоков на железнодорожном транспорте имеет большое значение при решении ряда теоретических и практических задач по совершенствованию управления и технологии перевозочного процесса. Знание закономерностей поезда- и вагонопотоков необходимо при расчетах пропускных способностей обустройств железнодорожного транспорта, определение соответствующего путевого развития железнодорожной станции, обоснование потребной мощности станционных элементов, нормирование времени нахождения вагонов и составов в подсистемах железнодорожной станции. Для исследования и определения всех этих закономерностей и параметров необходимо использовать различные методы моделирования (имитационное, математическое и графическое).

На основании изучения методов моделирования (имитационного, математического и графического), автором изложены положительные и отрицательные их стороны. Анализируя положительные и отрицательные стороны различных методов моделирования можно сделать следующее заключение, что для моделирования технологического процесса на станциях передачи вагонов наилучшим образом подходит метод имитационного моделирования.

Метод имитационного моделирования заключается в многократно повторяемой имитации с помощью программного обеспечения технологических процессов с большей или меньшей степенью их детализации. Использование этого метода особенно эффективно при исследовании таких сложных систем как железнодорожные станции, в которых применение аналитических методов создает серьезные трудности.

Метод имитационного моделирования не имеет ограничений на сложность описываемых объектов, и любой фактор может быть учтен, позволяет исследовать сложные системы (которыми являются СПВ) с учетом связей между их элементами, а также между системой и внешней средой. И немаловажное значение имеет то, что имеется

возможность подготовки универсальных программ для конкретных технологических процессов.

АНАЛІЗ НЕРІВНОМІРНОСТІ ОБСЯГІВ РОБОТИ ЛОКОМОТИВНИХ БРИГАД ДЕПО У ВАНТАЖНОМУ РУСІ

Березовий М. І.¹, Березовий О. М.¹, Гримак Ю. Р.²

1 – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка Лазаряна, 2 – Львівський коледж транспортної інфраструктури, Україна

Аналіз номенклатури вантажів, що перевозяться залізничним транспортом України показав, що вугілля та кокс, залізна і марганцеві руди, чорні метали та їх брухт, цемент та будівельні матеріали становлять 65,5% від загального обсягу перевезень. Як правило, при перевезеннях таких вантажів залізниця є практично єдиним обґрунтованим з економічної точки зору перевізником. Зерно і продукти перемелу від загального обсягу перевезень становлять 15,1%, але слід відзначити, що у цьому сегменті залізниця конкурує з автомобільним та річковим транспортом, при чому останній має певну тенденцію до збільшення обсягів перевезень саме цих вантажів.

Інші вантажі, куди необхідно віднести і перевезення вантажів у контейнерах становлять лише 15,4% від загального обсягу перевезень. Причин явища, коли залізниця втрачає у номенклатурі перевезень вантажів окремі найменування кілька. Однією з них є значний термін доставки, іншою – значна при цьому вартість перевезень. На вказане вище можуть накладатися і випадки неякісних та несхоронних перевезень.

Одним із шляхів підвищення ефективності вантажних перевезень залізничним транспортом України є зменшення реальних витрат та подальше зниження тарифів на перевезення.

За результатами аналізу структури витрат, віднесених на локомотивну складову за даними «Звіту про доходи та витрати за видами економічної діяльності та видами перевезень за фактичними показниками» з урахуванням зниження ставки єдиного соціального податку до 22% отримані такі значення: оплата праці разом з єдиним соціальним податком – 27,2%; матеріали – 6,9%; паливо та електроенергія – 49,4%; амортизація – 12,2%; інші – 4,3%.

При величині локомотивної складової у межах 30-35% у тарифі тільки заробітна плата локомотивних бригад становить 8,2-9,5% від тарифу.

У рамках досліджень проаналізовано обсяги роботи локомотивних депо Нижньодніпровськ-Вузол, Одеса-Сортувальна та Львів-Захід у відпрацьованих бригадо-годинах. Статистична інформація за останні три роки – 2014, 2015 та 2016 показала, що сумарні місячні обсяги роботи локомотивних бригад у вантажному русі можуть відрізнятися на понад 26 %. Різниця мінімальних та максимальних значень місячних обсягів перевезень у середньодобовому обчисленні становить 34,5% для депо Нижньодніпровськ-Вузол. Мінімальні обсяги були виявлені у лютому 2016 року, а максимальні – у липні 2014 року. Обсяги роботи локомотивних бригад депо прямо пропорційні обсягам перевезень. Коливання обсягів перевезень мають більш глобальні причини і залежать від значної кількості факторів, як і у дослідженні не розглядалися.

У той же час штат машиністів та помічників машиніста локомотива у розглянутих депо є практично незмінним по кількості і коливається в межах до 4-5%.

Частково розміри руху потрібну кількість локомотивних бригад можна частково привести у відповідність наданням чергових відпусток локомотивним бригадам у періоди зменшення розмірів руху поїздів.

Таким чином, розробка заходів щодо зменшення негативного впливу коливання розмірів руху поїздів на загальну суму витрат у локомотивній складовій тарифу є одним із засобів підвищення ефективності вантажних перевезень залізницями.

АНАЛІЗ СТРУКТУРИ РОБОЧОГО ЧАСУ ЛОКОМОТИВНИХ БРИГАД ДЕПО У ВАНТАЖНОМУ РУСІ

Березовий М.І.¹, Гримак Ю.Р.²

1 – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка Лазаряна, 2 – Львівський коледж транспортної інфраструктури, Україна

Організація праці та відпочинку локомотивних бригад депо у вантажному русі є важливим елементом організації перевезень, що суттєво впливає на ефективність функціонування залізничного транспорту в цілому.

Найбільш прогресивною системою організації явки локомотивної бригади на роботу є безвикликова, а більш досконала форма цієї системи – іменні розклади. Такою формою організації роботи, як правило, вдається охопити лише частину бригад. Решта працюють за системою нарядів, коли після повернення з поїздки бригаді виписується наряд на наступну поїздку. Іменні розклади застосовуються також і при організації руху поїздів на подовжених плечах. У цьому випадку вантажні поїзди рухаються по маршруту слідування за розкладом.

У рамках досліджень було проаналізовано масиви маршрутів машиністів вантажних депо Нижньодніпровськ-Вузол, Знам'янка, Одеса-Сортувальна та Львів-Захід в електровозному русі та Одеса-Сортувальна у тепловозному русі за три десятиденні проміжки у різні місяці з початку 2017 року.

Тривалість роботи локомотивної бригади, як відомо, розраховується від моменту явки за розкладом, нарядом чи викликом до оформлення документів по здачі локомотива. Максимальна тривалість роботи складає 12 годин.

Фактичні середні значення коливаються у межах від 8,8 годин для депо Знам'янка до 11,3 для депо Одеса-Сортувальна в електровозному русі.

Тривалість від початку роботи до відправлення з поїздом характеризує якість планування роботи, але суттєво залежить від інтенсивності руху поїздів. Цей проміжок часу складається з двох: від явки до прийому локомотива і від прийому локомотива до відправлення. Найгірші значення даного проміжку часу отримані для локомотивного депо Одеса-Сортувальна у тепловозному та електровозному русі – відповідно 2,5 та 2,4 години.

Структура дільниць, що обслуговуються локомотивами депо у вантажному русі суттєво впливає на якісні показники роботи локомотивів та бригад. Так зокрема тривалість руху з поїздом коливається у широких межах і становить:

- 3,15 години, або 27,8 % для депо Одеса-Сортувальна в електровозному русі;
- 3,6 години, або 37,3 % для депо Одеса-Сортувальна в тепловозному русі;
- 4,07 години, або 46,3 % для депо Знам'янка;
- 4,36 години, або 41,9 % для депо Нижньодніпровськ-Вузол;
- 4,77 години, або 51,3 % для депо Львів-Захід;

Відповідні значення пройденої відстані у км у поїзному русі корелюються з наведеними вище значеннями тривалості руху з поїдом і коливаються від 111,2 км для депо Одеса-Сортувальна в електровозному русі до 246,2 км для депо Львів-Захід.

Отримані в результаті досліджень показники використання локомотивних бригад та локомотивів показують значну їх різницю у залежності від депо та дільниць обслуговування. Виявлення причин цих явищ та розробка заходів щодо покращення якісних показників роботи локомотивних бригад і, як наслідок, локомотивів дозволять зменшити витрати, пов'язані з рухом поїздів та підвищити ефективність вантажних перевезень українськими залізницями.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ КОНСТРУКЦИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРОК СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Бобровский В. И.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

Конструкция сортировочных горок существенно влияет на эффективность функционирования сортировочных комплексов станций. Выбор рациональной конструкции горки позволяет сократить энергетические расходы и при этом обеспечить необходимый уровень надежности процесса расформирования составов. С этой целью была предложена конструкция сортировочной горки средней мощности с одной тормозной позицией на спускной части горки. Существенным преимуществом таких горок является уменьшение расходов на оборудование их замедлителями, а также возможность экономии энергоресурсов при расформировании составов. При этом, для обеспечения высоких показателей работы необходимо определить оптимальную конструкцию плана и продольного профиля горки, что позволит повысить качество процесса расформирования составов.

С целью определения рациональной конструкции сортировочной горки были выполнены исследования влияния параметров горки на величину интервалов между отцепами на разделительных стрелках. Для проведения указанных исследований была использована имитационная модель процесса расформирования составов на горках средней мощности с одной тормозной позицией на спускной части горки, основой которой является модель управляемого скатывания отцепов. Эта модель позволяет найти для каждого отцепа состава оптимальные режимы торможения, которые обеспечивают необходимое качество сортировочного процесса при заданной скорости роспуска.

Поиск режима торможения отцепа осуществляется в области допустимых режимов, что обеспечивает необходимую скорость его движения на спускной части горки, а также докатывание до точки прицеливания с безопасной скоростью. При этом определяются режимы торможения, обеспечивающие максимальные интервалы между отцепами на разделительных стрелках, и, соответственно, наилучшие условия их разделения.

Для исследования влияния конструкции плана и продольного профиля сортировочной горки на условия разделения отцепов было выполнено имитационное моделирование процесса скатывания расчетной неблагоприятной группы из трех отцепов при различных сочетаниях номеров разделительных стрелок. При этом для каждой комбинации стрелок были получены интервалы между отцепами группы, величины которых использовались для оценки конструкции сортировочной горки.

В результате исследований установлено, что величины указанных интервалов существенно зависят от номеров стрелок в группе отцепов. Наименьшие значения интервалов наблюдаются при разделении первой пары отцепов на первых стрелках пучков путей, расположенных за тормозной позицией на спускной части горки, что создает риск неразделения отцепов при расформировании составов. В этой связи был выполнен анализ возможностей увеличения указанных интервалов. Установлено, что наиболее существенный их рост наблюдается при увеличении расстояния между тормозной позицией и первой стрелкой пучка. Кроме того, это позволяет уменьшить величины углов поворота кривых на спускной части горки и за счет этого уменьшить ее высоту.

В заключение была выполнена оптимизация продольного профиля горки, результаты которой показали, что максимальная крутизна уклона ее скоростного участка также обеспечивает существенное увеличение интервалов между отцепами на стрелках.

В целом результаты выполненных исследований свидетельствуют об эффективности сортировочных горок средней мощности с одной тормозной позицией на спускной части, использование которых позволит уменьшить как капитальные затраты на их сооружение, так и энергетические расходы, связанные с расформированием составов.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАГОНОПОТОКІВ, ЩО ПЕРЕРОБЛЯЮТЬСЯ НА СОРТУВАЛЬНИХ СТАНЦІЯХ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

Болвановська Т. В., Власовець Н. О., Зайко В. А.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка Лазаряна, Україна

Основним засобом, що забезпечує підвищення безпеки руху, поліпшення умов праці та зменшення експлуатаційних витрат на переробку вагонопотоків на сортувальних станціях є автоматизація процесу розформування составів на сортувальних гірках. В сучасних умовах, в наслідок падіння обсягів перевезень, яке сталося в 90-х роках двадцятого століття, і збільшення частки маршрутизованих відправок, завантаження сортувальних гірок становить 30-50 %, тому питання проектування нових гірок для України є малоактуальним. У той же час, підвищення безпеки сортувального процесу і зниження витрат на розформування поїздів є досить гострою проблемою.

Враховуючи, що показники якості функціонування сортувальних гірок носять ймовірнісний характер, то вони будуть істотно залежати від структури вагонопотоків, що переробляються. У зв'язку з цим, дослідження характеристик вагонопотоків, які переробляються на сортувальних гірках, є досить важливим завданням, бо врахування їх особливостей при розробці вимог щодо технічного забезпечення та алгоритмів автоматизованих систем управління дозволить скоротити їх вартість.

Основними факторами, що впливають на умови скочування відцепів на сортувальних гірках є маса відцепів, кількість вагонів у них та призначення вагонів відповідно до плану формування і спеціалізації сортувальних колій. На умови безпеки скочування відцепів також здійснюють вплив тип вантажів, що у них перевозяться.

Дослідження вагонопотоків здійснювались на основі статистичного аналізу даних натурних листів составів поїздів, що надходили у розформування на сортувальну станцію Нижньодніпровськ-Вузол. Для порівняння також виконано дослідження вагонопотоків, що надходять у переробку, на станції Клепарів та Ясинувата.

Основна частка вагонів, що розформовуються на сортувальних станціях, припадає на порожні вагони та вагони важкої вагової категорії, частки яких складають в середньому 23

та 60 % відповідно. Частки вагонів легкої та легко-середньої вагових категорій найменші і не перевищують 3 %. Дещо більші частки вагонів середньої та важко-середньої вагових категорій – до 7 та 16 % відповідно.

В результаті статистичної обробки випадкової величини кількості вагонів у відчепі встановлено, що вона має експоненціальний закон розподілу. Це означає, що в основному відчепа складаються з малої кількості вагонів. Одновагонні відчепа складають біля половини всіх відчепів, що надходять у розформування.

Величина збитків, що можуть бути спричинені підвищеною швидкістю співударяння вагонів суттєво залежить від типу вантажу, що у них перевозиться. В результаті обробки даних сортувальних листків непарної системи ст. Нижньодніпровськ-Вузол отримано розподіл вагонопотоків, по типам вантажів що перевозиться у вагонах. Виконаний аналіз показав, що 49 % вантажів, які перевозяться у вагонах є нечутливими до підвищених швидкостей співударяння, а 11 % вагонів є порожніми.

Найбільш несприятливі умови гальмування виникають при гальмування одновагонних відчепів. Серед одновагонних відчепів нечутливими до підвищених швидкостей співударяння є 48 % відчепів. Скорочення долі цих вагонів у порівнянні з загальним відбувається через те, що вугілля та руду звичайно перевозять групами, а більш цінні вантажі – по одному вагону.

Наявність у базі даних АСК ВП УЗ та в базах даних автоматизованих систем управління роботою сортувальних станцій у електронному вигляді інформації про вагони, які скочуються у складі відчепів та знаходяться на сортувальних коліях, дозволяє у автоматичному режимі встановлювати масу вагона та вантаж, що у ньому перевозиться.

Виконані дослідження показали, що місцеві умови можуть суттєво впливати на вимоги до автоматизованих систем управління сортувальним процесом на гірках. Так аналіз вагонопотоків станції Нижньодніпровськ-Вузол показує, що задача автоматизації інтервального управління швидкістю скочування відчепів може бути вирішена без уточнення ходових характеристик відчепів за рахунок удосконалення алгоритмів вибору режимів гальмування, а вирішення задачі прицільного гальмування може бути суттєво спрощено за рахунок впровадження розрахункової швидкості підходу відчепів до вагонів на сортувальних коліях.

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕРВАЛІВ ТА РИЗИКІВ НЕРОЗДІЛЕННЯ ВІДЧЕПІВ НА СОРТУВАЛЬНИХ ГІРКАХ

Болвановська Т. В., Оголь К. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка Лазаряна, Україна

Одним із найбільш важливих показників роботи сортувальної гірки є можливість реалізації високих швидкостей розпуску, якість інтервального та прицільного регулювання, ймовірність нерозділення відчепів на розділових стрілках та ймовірність перевищення допустимої швидкості співударяння.

Аналіз даних АСК ВП УЗ щодо роботи сортувальних гірок України показав, що характер вагонопотоку, що переробляється, суттєво залежить від місцевих умов. Так, основна частка вагонів, що розформовуються на сортувальних станціях припадає на вагони важкої вагової категорії – це 60 % від загального вагонопотоку в розформування та порожні, частка яких складає в середньому 23 %. В той же час, частка порожніх вагонів в розформування для парної системи станції Нижньодніпровськ-Вузол складає 58 %. Аналіз

умов розділення вагонів на сортувальній гірці станції Нижньодніпровськ-Вузол показав, що протягом декількох останніх років не було жодного випадку розділення одновагонних відцепів у групі «вагон легкої вагової категорії – вагон важкої вагової категорії – вагон легкої вагової категорії».

У зв'язку з цим, для зменшення вартості автоматизованих систем управління роботою сортувальних гірок при їх розробці доцільно максимально враховувати особливості вагонопотоків, що на них переробляються, та їх конструкції.

Однією з основних задач, що вирішується при розформуванні составів, є інтервальне регулювання швидкості скочування відцепів, оцінка якості вирішення якої може бути виконана за підставі ймовірності нерозділення відцепів. Згідно «Правил і норм проектування сортувальних пристроїв на залізницях України» вказана оцінка повинна здійснюватись на підставі імітаційного моделювання процесу розпуску потоку составів. Побудова вказаної моделі роботи сортувальної гірки являє собою складну комплексну задачу, яка до цих пір остаточно не вирішена.

Вказана оцінка може бути виконана також методами теорії ймовірностей на підставі даних про ймовірності виникнення розділових сполучень відцепів на певних стрілках та ймовірності розділення відцепів у них. При цьому процес моделювання розпуску составів замінюється багаторазовим моделюванням процесу скочування розрахункових груп відцепів. Основною складністю вказаного методу є значна кількість можливих варіантів, що пов'язана зі зміною довжини та маси відцепів.

Для оцінки ризиків нерозділення відцепів в різних розрахункових групах виконано серію імітаційних експериментів по скочуванню відцепів в групах з трьох відцепів на гірці великої потужності при оптимальному керуванні швидкістю скочування середнього відчепа. Моделювання здійснювалось за умови реалізації гальмовими позиціями спускної частини заданої швидкості виходу з середнім квадратичним відхиленням 0,3 м/с, при випадкових характеристиках відцепів та умов зовнішнього середовища.

Математичне очікування величини інтервалів між відчепами при швидкості розпуску $v_p = 1,0$ м/с складає 14 с, при нормативній швидкості для гірок великої потужності $v_p = 1,7$ м/с – 6,75 с, при максимально допустимій швидкості розпуску $v_p = 2,5$ м/с зменшується до 3,48 с. Крім погіршення умов розділення відцепів на розділових стрілках, при збільшенні швидкості розпуску составів спостерігається зростання ймовірності нерозділення відцепів (інтервал між відчепами менший 1 с). Нормативними документами встановлена допустима ймовірність нерозділення відцепів на стрілках 0,005. Досягти таких значень можливо при швидкостях розпуску $v_p < 2,2$ м/с. При $v_p = 2,2$ м/с ймовірність нерозділення відцепів складає 0,006, а при швидкості $v_p = 2,5$ м/с зростає до 0,056.

Виконані експерименти показали, що ризики виникають лише у групах до складу яких входять лише одновагонні відчепа, чи один двовагонний легкої вагової категорії та два одновагонних відчепа при їх розділенні на четвертій та п'ятій стрілках по маршруту скочування. Наприклад, для трійки, що складається з одновагонних відцепів легкої вагової категорії ризик нерозділення для 5 (останньої) стрілки складає 0,011. Для цієї ж трійки відцепів для випадку розділення першої пари на 4 (передостанній) стрілочній зоні, а другої пари на 5 зоні ризик нерозділення зменшується до 0,0061; для випадку розділення першої пари на 5 стрілочній зоні, а другої пари на 4 зоні – зменшується до 0,0002. В інших випадках розділення відцепів може бути забезпечено за рахунок вибору раціональних режимів гальмування.

Аналіз ймовірності виникнення розрахункових груп може бути здійснено статистичними методами автоматично на підставі даних АСК ВП УЗ.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МЕТОДИКА ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ ОТЦЕПОВ НА СОРТИРОВОЧНЫХ ГОРКАХ

Дорош А. С.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

В условиях сокращения эксплуатационных затрат на переработку грузовых вагонопотоков на железных дорогах Украины актуальной остается задача сокращения расходов энергоресурсов на расформирование составов на сортировочных горках. В настоящее время поиск путей решения этой проблемы ведется по нескольким направлениям: создание новых и модернизация существующих технических средств регулирования скорости скатывания вагонов, совершенствование существующих и разработка новых алгоритмов управления тормозными позициями, направленных на уменьшение затрат при торможении, улучшение конструкции плана и профиля сортировочных горок, замена маневровых тепловозов электровозами при выполнении надвига составов и др.

Одним из возможных направлений уменьшения расходов энергоресурсов при расформировании составов, является оптимизация режимов торможения отцепов, скатывающихся с горки. Решение этой задачи позволит сократить как непосредственные расходы на торможение отцепов, так и объем маневровой работы, связанной с ликвидацией окон на путях сортировочного парка и повторной сортировкой вагонов вследствие их неразделения на стрелках. Как показал анализ научных работ, посвященных этой проблеме, в настоящее время задача оптимизации режимов скатывания отцепов с горки полностью не решена; отсутствует теоретическая оценка нижней границы необходимых затрат энергоресурсов на расформирование составов на горках. В то же время указанная оценка необходима для анализа работы сортировочных горок и разработки мероприятий, направленных на повышение эффективности их функционирования.

В связи с этим была разработана методика оптимизации режимов торможения отцепов на сортировочных горках, учитывающая конструкцию технических средств, параметры отцепов и условия их скатывания. Указанная методика базируется на имитационном моделировании процесса роспуска потока составов и позволяет оценить режимы торможения с позиции экономии энергоресурсов.

Критерием оптимальности в предложенной постановке задачи являются энергетические расходы на расформирование; в то же время одновременно выдвигаются требования обеспечения максимальных интервалов между отцепами на разделительных стрелках. Следует отметить, что это дополнительное условие позволит минимизировать вероятность неразделения отцепов на стрелках при реализации полученных оптимальных режимов в условиях действия случайных факторов.

Для решения поставленной задачи было исследовано влияние режимов торможения на процесс регулируемого скатывания отцепов с горки. С этой целью проведен анализ возможных ограничений режимов торможения, связанных с мощностью замедлителей, условиями скатывания отцепов на спускной части горки, а также требованиями прицельного регулирования их скорости. В результате было установлено существование области допустимых режимов торможения отцепа и выполнены исследования зависимости ее параметров от удельного сопротивления движению отцепов, их длины и необходимой

дальности пробега в сортировочный парк при различных метеорологических условиях. Для обоснованного выбора рациональных значений интервалов между отцепами были выполнены исследования условий их разделения на стрелках и замедлителях при варьировании ступени торможения и зоны действия замедлителей тормозных позиций. При этом было установлено наличие функциональной связи интервалов между отцепами и возможной дальности их пробега в сортировочный парк.

Анализ и обобщение результатов проведенных исследований послужили основой для разработки методики оптимизации режимов скатывания отцепов на сортировочных горках, которая обеспечивает экономию энергоресурсов при расформировании составов.

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЗЕРВІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ НА ОРГАНІЗАЦІЮ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Мазуренко О. О., Кудряшов А. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка Лазаряна, Україна

Технічний стан підземних металевих газопроводів в Україні зумовлює актуальність В умовах реформування залізничного транспорту України, широкого включення її в систему міжнародних перевезень вантажів, необхідно вирішувати складні проблеми адаптації залізничного транспорту до роботи в умовах ринкових відносин та забезпечення зростаючих вимог до якості та ефективності транспортних послуг. Серед багатьох проблем, які існують на залізничному транспорті України, значну увагу привертає питання зниження витрат на організацію перевезень вантажів. Вирішення цього питання має багато напрямків, так як витрати на організацію перевезень залежать від значної кількості впливаючих факторів.

Одним з напрямків зниження витрат на організацію перевезень є зменшення витрат на просування вагонів до кінцевої станції за рахунок раціонального використання ресурсів станцій та залізничних перегонів.

У зв'язку зі зміною структури вагонопотоків на залізницях України на технічних станціях збільшилась нерівномірність надходження вагонів на окремі призначення. В свою чергу це призвело до збільшення простою вагонів під накопиченням та, як наслідок, відправлення неповносоставних поїздів. Такі поїзди, в перерахунку на один вагон, потребують більшої витрати ресурсів для їх пересування на залізничному напрямку.

Одним з напрямків, який дозволяє сформувати та відправити повносоставний поїзд в сучасних умовах функціонування технічних станцій, є оперативне формування двогрупних поїздів на базі одногрупних призначень діючого плану формування. Застосування даного рішення потребує значного часу для аналізу поточного стану станції та прийняття певного рішення. Для швидкого вирішення таких питань необхідно розробити та впровадити додаткові програмні рішення в існуючу автоматизовану систему керування вантажними перевезеннями.

Крім цього, в процесі функціонування залізничного транспорту, досить часто необхідно приймати оперативні рішення щодо зміни маршруту руху поїзду та вибору раціонального маршруту серед можливих варіантів. Так як кожен з можливих маршрутів характеризується своїм планом та профілем колій, наявними обмеженнями швидкості руху, то їх порівняння слід проводити за витратами енергетичних ресурсів.

Витрати енергетичних ресурсів можливо визначити за допомогою тягових розрахунків. Але такі розрахунки потребують багато часу і є трудомісткими, отже їх

неможливо застосовувати для оперативних змін маршруту руху поїзда. Пришвидшити цей процес можливо за допомогою впровадження відповідних програмних засобів у існуючі автоматизовані системи.

Таким чином можна зробити висновок, що для зниження витрат на організацію перевезень на залізничному напрямку необхідно удосконалити процес поїздоутворення на технічних станціях, розробити та впровадити автоматизовані системи контролю ведення та знаходження поїздів на залізничних ділянках. Слід зазначити, що запропоновані підходи щодо зниження витрат на організацію перевезень на залізничному напрямку не потребують значних капітальних вкладень та тимчасової зупинки процесу перевезення вантажів.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМУ ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СОРТИРОВОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Пожидаев С. А.

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в Республике Беларусь (РБ) заканчивается разработка одного из значимых технических нормативно-правовых актов (ТНПА) в области проектирования объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта «СТП «Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на Белорусской железной дороге». В проекте данного ТНПА в т.ч. уделяется большое внимание обоснованию проектирования энергоэффективных конструкций и технического оснащения сортировочных устройств, в частности, сортировочных горок различных типов, проектируемых на основе интервально-прицельного принципа выполнения сортировочной работы.

Так, к основным факторам, определяющим энергоемкость сортировочных процессов с использованием сортировочных горок, относятся: структура сортировочных комплексов станций; высота сортировочной горки; мощность тормозных средств и техническое оснащение тормозных позиций, их рациональное размещение; конструкция продольного профиля сортировочной горки; тип тягового подвижного состава, применяемого для расформирования составов на горках, количество и длина сортировочных путей, определяющих объем повторной сортировки вагонов, сложность конструкций стрелочных горловин парков станций; уровень оснащения и применения программно-аппаратных комплексов автоматизации работы горок и информационно-аналитических систем, в т.ч. глобального спутникового позиционирования для учета дислокации единиц подвижного состава и управления ими и другие. Применение последних позволяет повысить энергоэффективность работы сортировочных комплексов станций на 10-15 %.

Разработанная в ТНПА методика технико-экономического обоснования конструкции сортировочных горок позволяет увязать в единое целое основные параметры структуры сортировочных комплексов, конструкции горочных сортировочных устройств и уровень их технического оснащения в зависимости от условий функционирования станции (роль и значение станции в перераспределении транзитных вагонопотоков, объем и структура перерабатываемого подвижного состава с учетом неравномерности их изменения, количество формируемых поездов по назначениям плана формирования, объем местной работы и др.). Так, от высоты сортировочной горки зависит дальность прохода отцепов в глубину подгорочных парков, что влияет на образование «окон» на сортировочных путях и величину работы по осаживанию вагонов со стороны сортировочной горки с помощью

маневровых локомотивов или специальных вагоноосаживателей. Чем выше сортировочная горка, тем меньше объем осаживания вагонов в подгорочном парке и, соответственно, меньше энергетические затраты на его выполнение. С другой стороны, повышение высоты горки приводит к увеличению энергетических затрат на надвиг и роспуск составов, торможение средне- и тяжеловесных отцепов на тормозных позициях с использованием вагонных замедлителей и необходимости увеличения общей мощности тормозных средств сортировочной горки, т.е. проектирования более мощных и энергоемких устройств. Таким образом, оптимизация параметров конструкции и технического оснащения сортировочных устройств во взаимосвязи с условиями функционирования станции является сложной технико-экономической задачей. При ее решении дополнительно в технико-экономических расчетах по оптимизации параметров сортировочных устройств должны рассматриваться эксплуатационные расходы, зависящие от энергоемкости работы сортировочных комплексов станций. К ним относятся энергетические затраты на надвиг и роспуск составов, затраты электроэнергии на производство сжатого воздуха компрессорной установкой или работу электродвигателей насосов гидравлической станции для торможения отцепов, величина осаживания вагонов в сортировочных парках станций. При этом расходы электроэнергии на работу механизированных тормозных позиций детально нормируются в зависимости от интенсивности работы вагонных замедлителей, что определяется продолжительностью и скоростью роспуска, количеством отцепов в расформировываемых составах, средней длиной отцепов, количеством тормозных позиций и мощностью проектируемых вагонных замедлителей и др.

При усилении технического оснащения сортировочных комплексов значительны капитальные вложения в технические средства, но сокращаются эксплуатационные расходы на переработку вагонопотока и появляется их экономия. Основным эффектообразующим фактором, определяющим экономию эксплуатационных расходов при сокращении энергоемкости работы горочных сортировочных комплексов (энергетические затраты на расформирование составов), является горочный технологический интервал, продолжительность которого зависит, главным образом, от уровня оснащенности сортировочной горки.

Оптимизацию параметров продольного профиля надвижной и перевальной частей сортировочных горок, а также горочных вытяжных путей или путей парка приема сортировочных станций, предполагается выполнять на основе моделирования маневровых передвижений после выбора оптимальной высоты сортировочной горки и соответствующего ей технического оснащения. При этом должны учитываться параметры конструкций плана и продольного профиля подсистемы расформирования станций, что позволяет с высокой точностью определять энергетические затраты на вытягивание, надвиг и роспуск составов с сортировочной горки, а также продолжительность их выполнения по вариантам конструкции профиля. Вариант с наименьшими энергетическими затратами или с сопоставимыми с другим вариантом, но обеспечивающий наименьшую продолжительность выполнения технологических операций должен приниматься в качестве оптимального.

Тип тягового подвижного состава, применяемого для расформирования составов на сортировочных горках, должен устанавливаться по критерию энергетических затрат и продолжительности выполнения технологических операций на горках, получаемых на основе моделирования маневровой работы. В настоящее время в РБ в локомотивном предприятии Лида совместно с чешской компанией CZ Loko разработаны и производятся современные маневровые локомотивы серии ТМЭ-1, ТМЭ-2 и ТМЭ-3, представляющие собой глубокую модернизацию маневрового локомотива ЧМЭ-3 производства советского

періода. Локомотив ТМЭ-1 має потужність 1455 кВт і призначений для виконання маневрової роботи по расформированию тяжеловесных составов грузовых поездов на сортировочних горках крупних сортировочних станцій, а також для використання в передаточному русі, коли локомотив працює в поїзному режимі. Локомотив ТМЭ-2 потужністю 970 кВт дозволяє виконувати сортировочну роботу середньої тяжкості, а двухосный локомотив ТМЭ-3 (потужність 403 кВт) – в основному, легку маневрову роботу по обслуговуванню пасажирських комплексів, пунктів місцевої роботи, а також технологічних пунктів залізничного транспорту. Така різноманітність серій маневрових локомотивів необхідна, перш за все, для економії паливно-енергетических ресурсів при спеціалізації локомотивів на визначеному виді роботи в залежності від потрібної потужності їх силових установок. Крім того, локомотиви серії ТМЭ дозволяють скоротити витрати дизельного палива до 30 % при виконанні маневрової роботи на станціях, а моторного масла – до 50-75 % по порівнянню з експлуатуваними. Виконані дослідження показали, що в більшості випадків на ділянках і сортировочних станціях, обладнаних сортировочними горками малої і середньої потужності, при уніфікованих масах грузових поезів, обмеженої в т.ч. корисної довжини станційних шляхів, цілком доцільно використовувати маневрові локомотиви серії ТМЭ-2, т.к. по рівню енергетических витрат цей тип є більш ефективним по порівнянню як з потужним локомотивом ТМЭ-1, так і локомотивом ЧМЭ-3. Локомотив ТМЭ-3 на сортировочних горках використовувати не рекомендується.

На основі моделювання маневрових передвижень додатково можуть оптимізуватися параметри структури входної і вихідної (передгорочної) стрілочних горловин парків прийому сортировочних станцій, до основних формуючих факторам складності яких відносяться кількість виконуваних паралельно операцій, кількість шляхів в парках і застосовуваних для їх взаємної ув'язки стрілочних переводів. Також може бути виконано ранжування шляхів прийому поезів, поступаючих в расформирование, в залежності від рівня енергетических витрат і тривалості маневрових передвижень при витягуванні з них составів і (або) надвиге на сортировочну горку. При цьому отримують практичні рекомендації дежурному по станції (району) про доцільність прийому поїзда на конкретний шлях парку станції в залежності від його свободності при тій або іншій масі поїзда.

ОБОСНОВАНИЕ СОКРАЩЕНИЯ ЭНЕРГОЕМКОСТИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОРТИРОВОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Пожидаев С. А., Перенко Е. В.

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время в БелГУТе разрабатываются проектные предложения по переустройству сортировочных комплексов ряда железнодорожных станций, оснащенных немеханизированными сортировочными горками. Одной из таких станций является узловая участковая станция Кричев-І Белорусской железной дороги. На станции перерабатывается около 600 ваг./сутки. Проектные решения направлены на повышение эффективности работы сортировочного комплекса этой станции за счет сокращения эксплуатационных расходов на расформирование и формирование составов грузовых поездов, обеспечение сохранности перерабатываемого на станции подвижного состава и грузов путем существенного снижения вероятности образования термомеханических

повреждений колес вагонов при скатывании с сортировочной горки и снижения их скоростей движения до максимально допустимых при автоматическом сцеплении вагонов на путях сортировочно-отправочного парка станции, снижение потребления энергоресурсов. При этом переустройство должно быть выполнено с минимально необходимыми капитальными вложениями, что может быть достигнуто при максимальном сохранении параметров имеющихся устройств и сооружений, путевого развития станции.

Проектные предложения включают переустройство горочной горловины с укладкой дополнительного сортировочно-отправочного пути, повышение высоты сортировочной горки до минимально необходимой величины по условию докатывания очень «плохого» бегуна до расчетной точки «трудного» пути № 16 при самых неблагоприятных условиях работы горки (наиболее «трудный» румб и скорость встречного ветра в зимних условиях и максимальное основное удельное сопротивление движению отцепов), проектирование энергоэффективного продольного профиля сортировочной горки и ее полную механизацию с применением энергоэффективных типов вагонных замедлителей. Полученное проектное значение высоты сортировочной горки 2,43 м выше высоты существующей горки на 0,64 м.

Для реализации проектных предложений потребуется оборудовать сортировочную горку новой механизированной горочной тормозной позицией (ГТП) на спускной части, размещаемой перед первым разделительным стрелочным переводом № 53. При этом ГТП оснащается двумя 5-тизвенными пневматическими вагонными замедлителями типа ЗВУ-00 производства ГЭМЗ (г. Гомель, РБ) с наличной мощностью 1,7 м эн. в. каждый, один из которых будет использоваться как резервный. На парковой тормозной позиции каждого сортировочно-отправочного пути предлагается уложить три энергонезависимых гидравлических замедлителя типа ЗВЭ мощностью 0,3 м эн. в. производства МЭМЗ (г. Молодечно, РБ). В виду небольшой длины замедлителей ЗВЭ по рельсам (8,2 м) общая длина парковой тормозной позиции составит 24,6 м, что соизмеримо с длиной ГТП (26,96 м).

Для обеспечения замедлителей механизированной горочной тормозной позиции сжатым воздухом потребная расчетная производительность компрессорной установки составит 8,56 м³/мин, поэтому на станции предлагается использовать модульную компрессорную установку фирмы *KAESER* в контейнерном исполнении с винтовым компрессором *DSD 202 T* общей производительностью 12,68 м³/мин.

Для горки с проектной высотой 2,43 м разработана конструкция продольного профиля спускной части горки, которая близка к оптимальной и обеспечивает высокую динамичность скатывания отцепов, что подтверждено результатами компьютерного моделирования работы горки. Так, потенциально реализуемая максимальная скорость роспуска составила 1,45 м/с при установленной 1,2 м/с. Интервалы времени между скатывающимися отцепами в их неблагоприятных сочетаниях ОП–Х–ОП позволяют обеспечить перевод остряков стрелочных переводов и подготовку тормозных позиций к торможению. Конструкция надвижной части горки с оптимизированными параметрами ее продольного профиля по условию обеспечения минимума энергетических затрат на надвиг и роспуск составов с горки ориентирована на применение роспуска с дифференцированной (переменной) скоростью, что особенно важно для горок малой мощности.

Сокращение энергоемкости работы при осаживании вагонов со стороны горки также связано с увеличением дальности пробега расчетных бегунов на пути сортировочно-отправочного парка при увеличении высоты горки. При этом экономия топлива маневровым локомотивом составит 6,66 т/год.

Альтернативным подходом к сокращению энергоемкости технологических процессов является применение в маневровой работе на станциях и примыкающих путях необщего пользования современных энергоэффективных типов локомотивов, мощность силовых установок которых соответствует характеру выполняемой работы. Так, на основе моделирования маневровых передвижений по расформированию и формированию составов на сортировочной горке станции Кричев-І установлено, что в условиях функционирования участковой станции Кричев-І наиболее эффективным предложением является использование в сортировочной работе маневрового локомотива ТМЭ-2 мощностью 970 кВт по сравнению с более мощным локомотивом ТМЭ-1 (1455 кВт) и эксплуатируемым в настоящее время локомотивом ЧМЭ-3 (990 кВт), а также маломощным двухосным локомотивом для легкой маневровой работы ТМЭ-3 (403 кВт). Экономия топлива при этом составит 2,96 тонн в год.

По суммарной оценке сокращения энергоемкости работы сортировочного комплекса станции Кричев-1 выявлено, что при внедрении комплекса проектных мероприятий общая экономия топлива может достигать 10,24 т/год (15 т.у.т.).

При оценке влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду в районе станции Кричев- І выявлено, что при замене маневрового локомотива ЧМЭ-3 на ТМЭ-2 для выполнения маневровой работы на сортировочной горке валовые выбросы загрязняющих веществ уменьшатся на 3408,6 кг/год (11,5%).

Для приведения существующего профиля к проектному виду в основном потребуется подъемка верхнего строения путей. Особенно значительная величина подъемки необходима для крайних путей сортировочно-отправочного парка станции. Капитальные вложения при полной механизации сортировочной горки станции Кричев- І составят 6 161,9 тыс. BYN, эксплуатационные расходы на содержание дополнительных устройств – 29,408 тыс. BYN/год, а экономия эксплуатационных расходов – 1 181,5 тыс. BYN/год. Основными эффектообразующими факторами являются сокращение величины горочного технологического интервала при механизации сортировочной горки, что позволяет увеличить скорость роспуска по сравнению с немеханизированной горкой, и сокращение энергоемкости сортировочной работы за счет применения энергоэффективных замедлителей, современного тягового подвижного состава и оптимизации параметров конструкции сортировочной горки по энергетическому критерию. При этом динамический период возврата инвестиций в системе дисконтирования составит 7,45 лет, что показывает экономическую эффективность проекта.

Аналогичные исследования выполняются в настоящее время еще для 13 железнодорожных станций Белорусской железной дороги, оснащенных немеханизированными сортировочными горками. Проектные разработки выполняются в рамках Программы повышения сохранности вагонного парка, сокращения эксплуатационных расходов при переработке вагонов на сортировочных горках, рассчитанной на 2017-2018 гг.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ НА ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЯХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Сковрон И. Я., Демченко Е. Б.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

Одним из путей повышения экономической привлекательности железнодорожного транспорта является сокращение расходов грузовладельцев на перевозку грузов. Значительная часть указанных расходов связана с производством маневровой работы на подъездных путях промышленных предприятий. Переработка вагонов на подъездных путях со значительным грузооборотом выполняется на промышленных железнодорожных станциях, особенностью функционирования которых является выполнение расформирования-формирования передаточных поездов на недостаточном количестве путей; при этом в качестве сортировочного устройства, как правило, используется вытяжной путь. В этой связи совершенствование маневровой работы за счет интенсификации процесса многогруппной подборки вагонов на станциях промышленных предприятий представляется достаточно актуальной задачей. Решение указанной проблемы позволит снизить расходы временных и энергетических ресурсов на маневровую работу.

Одним из возможных путей решения данной проблемы является внедрение эффективных методов многогруппной подборки вагонов. Данные методы позволяют ликвидировать непроизводительные перемещения вагонов при выполнении маневровой работы и, как следствие, существенно сократить продолжительность расформирования-формирования составов передаточных поездов.

В то же время, для станций промышленных предприятий со значительным объемом переработки эффективность предложенных мероприятий может оказаться недостаточной, вследствие чего целесообразным является использование горочных сортировочных устройств. Данные устройства в большинстве случаев представлены в виде комплекса из горки малой мощности (ГММ) и группировочно-сортировочного парка; при этом предполагается односторонняя сортировка вагонов.

Следует заметить, что данный порядок сортировки характеризуется выполнением значительного объема маневровой работы, связанной со сборкой и вытягиванием вагонов, что влечет избыточные затраты времени и энергоресурсов. Для устранения указанных недостатков предлагается применение двустороннего сортировочного устройства (ДСУ), которое состоит из ГММ, расположенной между двумя группировочными парками; при этом горка соединяется с каждым парком с помощью путей, параметры которых позволяют выполнять как надвиг, так и роспуск вагонов. Такая конструкция позволяет формировать многогруппный состав путем сортировки вагонов из одного группировочного парка в другой без выполнения сборки вагонов. При этом для обеспечения максимальной эффективности предложенного ДСУ была разработана специальная технология подборки, которая основана на адаптированных методах формирования многогруппных составов.

Для оценки эффективности применения ДСУ была построена комплексная имитационная модель многогруппной подборки вагонов, которая состоит из трех модулей. Первый из них позволяет для отдельного состава установить совокупность маневровых рейсов, необходимую для реализации некоторой технологии формирования многогруппного состава заданным методом; с этой целью был выполнен анализ и формализация наиболее распространенных методов формирования. Второй модуль

служит для определения энергетических затрат на выполнение расформирования-формирования составов передаточных поездов; при этом моделирование режимов работы локомотива выполнялось на основе адаптированных к условиям маневровой работы тяговых расчетов. Последний модуль имитирует скатывание вагонов на пути группировочных парков, что дает возможность определить основные показатели процесса роспуска.

Разработанная комплексная модель позволяет определить для каждого состава рациональную технологию многогруппной подборки вагонов, обеспечивающую либо минимальную продолжительность формирования, либо минимум эксплуатационных расходов. Окончательное управленческое решение принимается маневровым диспетчером станции промышленного предприятия исходя из складывающейся на ней ситуации. Таким образом, данную модель целесообразно интегрировать в систему поддержки принятия решений диспетчерским персоналом, что позволит в оперативных условиях обеспечить высокую эффективность маневровой работы.

СЕКЦІЯ «ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНІСТЬ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ»

THE INTEROPERABILITY OF THE RAIL SYSTEM WITHIN THE EUROPEAN UNION

Havryliuk V. I.

Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan

The interoperability in wide sense is considered as a characteristic of a product or system, whose interfaces are completely understood, to work with other products or systems, present or future, in either implementation or access, without any restrictions. In relation to railway transport 'interoperability' means the ability of a rail system to allow the safe and uninterrupted movement of trains which accomplish the required levels of performance. The railway interoperability Directive 2008/57/EC of 17 June 2008 sets out the conditions to be met to achieve interoperability within the Union rail system. These conditions concern the design, construction, placing in service, upgrading, renewal, operation and maintenance of the parts of this system as well as the professional qualifications and health and safety conditions of the staff who contribute to its operation and maintenance. This Directive repeals Directive 96/48/EC on the interoperability of the European high-speed rail system and Directive 2001/16/EC on the interoperability of the European conventional rail system. Directive 2008/57/EC has been substantially amended several times. Since further amendments are to be made, the new Directive (EU) 2016/798 have been adopted. The pursuit of interoperability within the Union rail system should lead to the definition of an optimal level of technical harmonization and make it possible to facilitate, improve and develop international rail transport services within the Union and with third countries, and contribute to the progressive creation of the internal market in equipment and services for the construction, renewal, upgrading and operation of the Union rail system.

The goal of this work is viewing main issues on railway interoperability in according to Directive (EU) 2016/797.

The directive contains such basic sections: General provisions (1); definitions (2); Technical specifications for interoperability (3); Interoperability constituents (4); Subsystems (5); Placing on the market and placing in service (6); Conformity assessment bodies (7); Registers (8); Transitional and final provisions (9) and annexes: Elements of the union rail system (1); Subsystems (2); Essential requirements (3); 'EC' verification procedure for subsystems (4).

For each railway subsystem or part of a subsystem, the list of constituents and aspects relating to interoperability is proposed by the Agency at the time of drawing up the relevant draft TSI. Each of the subsystems shall be covered by one TSI. Where necessary, a subsystem may be covered by several TSIs and one TSI may cover several subsystems.

МЕЖДУНАРОДНЫЕ НОРМЫ НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНУЮ СОВМЕСТИМОСТЬ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА С СИСТЕМАМИ СИГНАЛИЗАЦИИ И СВЯЗИ

Гаврилюк В. И.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна, Украина

В Европейском союзе в 2004 году была принята Директива 2004/108/ЕС "Электромагнитная совместимость - Electromagnetic compatibility directive (EMC)",

которая определяла основные требования по электромагнитной совместимости, обязательные для выполнения производителем, импортером или дистрибьютором, а также европейские нормы (EN), регламентирующие требования на электромагнитную совместимость продукции. Взамен этой директиве 18 апреля 2014 была введена новая директива на электромагнитную совместимость 2014/30/EU. В условиях расширения кооперации украинских железных дорог, использования новых типов подвижного состава с асинхронным тяговым приводом (АТП), внедрения новых микроэлектронных систем управления движения поездов необходимо совершенствование национальной нормативной базы путем гармонизации с международными стандартами с учетом технических особенностей национальных систем. В 2006 году в Евросоюзе была принята серия стандартов EN 50121 из пяти частей, направленная на обеспечение электромагнитной совместимости продукции железнодорожного назначения в соответствие с требованиями Директивы по ЭМС.

Целью работы является проведение обзора норм и методов испытания новых типов подвижного состава на электромагнитную совместимость с системами сигнализации и связи в соответствии с международными нормами и с учетом специфики украинских систем управления движением поездов.

В соответствие с поставленной целью, в работе проведен аналитический обзор требований по ЭМС ПС с системами СЦБ в соответствии с международными нормативами. Большое разнообразие систем электропитания, сигнализации и связи в европейских странах вызывает необходимость проведения испытаний подвижного состава в каждой стране отдельно, с учетом особенностей используемых в ней технических систем сигнализации и связи. Решение проблемы применимости результатов испытаний ЭПС к национальным системам сигнализации и связи возможно путем применения расширенной методики измерений тока помех в тяговой сети, генерируемых электрооборудованием ЭПС, с последующей компьютерной обработкой результатов измерений и применением компьютерного моделирования. Предложенная методика апробирована при испытаниях новых типов ЭПС с асинхронным тяговым двигателем.

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ НА ТРАНСПОРТІ»

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ УНІВЕРСИТЕТУ

Кузнецов В. Г., Радченко Д. В.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

В даній доповіді представлені результати енергетичного аудиту Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, проведеного в рамках виконання дипломного проекту.

Університет отримує електричну енергію від ПАТ «ЕК Дніпрообленерго» по високовольтній лінії Л-308 від підстанції «Вузлова», за основним введенням напругою 35 кВ та резервним - 6 кВ. На підстанції встановлено трансформатор 4000 кВА 35/6 кВ і три трансформатора 6/0,4 кВ на ТП-323 і ТП-323А. Середнє річне споживання електроенергії університетом становить 5000000 кВт*год. Згідно з договором про постачання електричної енергії приєднана потужність становить 2976 кВА (3720 кВт), а дозволена потужність підстанції 2945 кВА (3681 кВт).

На основі результатів аудиту авторами запропоновано впровадження енергоощадних заходів, проаналізовано ефективність організаційних, технічних заходів з енергозбереження. Аналіз управління використанням паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) в університеті показав, що заходи з енергозбереження реалізуються проректором з адміністративно-господарчої частини, ефективність споживання ПЕР обговорюється на засіданнях відповідних служб та ректорату, функціонує автоматизована система обліку та контролю електроенергії, інвестиції в енергоощадні заходи досить обмежені з огляду на відсутність коштів.

Граничні норми споживання електричної енергії для університету розроблені на підставі “Міжгалузевих норм споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України” затверджених наказом Державного комітету України з енергозбереження від 25 жовтня 1999р. № 91 та зареєстрованих в Міністерстві Юстиції України 17 березня 2000р. за № 175/4396.

Під час проведення енергетичного аудиту було виявлено значне перевищення норм споживання електричної енергії студентами гуртожитків, які не мають електроплит. Дані про нормативне та фактичне споживання електричної енергії наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Фактичне та нормативне споживання електричної енергії за 2016 рік.

Найменування об'єкту	Одиниці виміру	Значення	Питоме нормативне навантаження кВт*год/од.	Нормативне споживання ел.ен. кВт*год	Фактичне споживання ел.ен. кВт*год	ΔW , кВт*год	ΔW , %
Навчальний корпус	кВт*год/м ²	28750	45	1293750	1055260	-238490	-18
Гуртожитки без електроплит	кВт*год/місце	1697	200	339400	1301866	962466	284
Гуртожитки з електроплитами	кВт*год/місце	1001	900	900900	777179	-123721	-14

Аналіз табл. 1 показує, що гуртожитки без електроплит споживають більше електричної енергії ніж встановлена норма, а саме на 284 %, отже існують значні втрати коштів в університеті, які з відповідними технічними енергоощадними заходами можуть забезпечити значний економічний ефект, та зменшити витрати на електричну енергію.

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА ТРАНСПОРТІ

Щетінніков Р. С, Демченко Є. Б.

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна, Україна

Україна належить до енергодефіцитних країн, яка задовольняє свої паливно-енергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менш ніж на 50%. В теперішній час енергоемність валового внутрішнього продукту в Україні більш ніж удвічі перевищує аналогічний показник промислово розвинених країн світу та продовжує зростати. В цьому зв'язку в питаннях розвитку економіки та соціальної сфери стратегічна лінія державної політики повинна вибудовуватись на принципах всебічного та всеосяжного підвищення рівня енергозбереження на виробництві та в житлово-комунальному секторі.

Вказана політика може бути реалізована шляхом розробки та впровадження нових енергозберігаючих, маловідходних та безвідходних технологій; ефективних систем та засобів контролю за енергоспоживанням та захисту довкілля від забруднення, організації інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту. Як результат, підвищення ефективності використання енергоресурсів буде сприяти зростанню надійності енергопостачання, покращенню екологічної ситуації та зменшенню витрат держави на імпорту палива.

Транспорт є одним з найбільших споживачів енергоресурсів в державі. При цьому від ефективності роботи транспорту в значній мірі залежить стабільність функціонування економіки. В цьому зв'язку надійне енергопостачання об'єктів транспорту та зменшення витрат енергії транспортом є важливими задачами державного рівня. З метою підвищення ролі управління енергозбереженням, як одного з основних напрямів економічної стратегії держави, зокрема і в транспортній галузі, необхідно прийняти низку заходів на рівні галузевого управління, а саме:

- провести перерозподіл пріоритетів у сфері енергозбереження і транспортних вузлів, що дозволить залучити місцеві сировинні ресурси;
- встановити пріоритет енергоаудиту при складанні планів перспективного розвитку на всіх рівнях від держави до транспортного об'єкта;
- провести вивчення і аналіз потреб галузі в енергоносіях залежно від економічних стратегій її розвитку;
- провести вивчення потенціалу місцевих традиційних, альтернативних і нетрадиційних джерел енергії та можливостей їх використання.

Аналізуючи та узагальнюючи досвід розвинених країн в питаннях підвищення енергоефективності та приймаючи до уваги стан економіки та енергетики нашої держави, можна визначити основні завдання на найближчу перспективу для підвищення енергоефективності промислового виробництва та транспорту України:

- здійснення переходу на сумісне виробництво теплової й електричної енергії, що зменшує витрати первинних енергоносіїв;

- впровадження енергозберігаючих технологій, енергоефективного устаткування та новітніх наукових розробок;
- стимулювання розвитку енергетики на невикопних видах палива, використання поновлювальних джерел енергії.
- впровадження гнучкої системи тарифів на транспорті.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»	4
<i>Marek Dudzik, Ryszard Mielnik, Zofia Wróbel</i> Efektywność sztucznych sieci neuronowych w modelowaniu sygnału napięcia generatora udaru kombinowanego.....	4
<i>Adam Jagiello, Wasyl Hudym, Ireneusz Chrabąszcz, Kamil Nowak, Janusz Prusak, Paweł Trębacz</i> Ocena pól magnetycznych występujących na przystankach tramwajowych – analiza wybranego przypadku	8
<i>Hudym V., Jagiello A., Chrabąszcz I., Prusak J., Trębacz P.</i> Określenie parametrów równoważnych dla oblodzonego przewodu sieci trakcyjnej.....	16
<i>Havryliuk V. I.</i> Energy-efficient method for diagnosing of the relay automation systems	19
<i>Havryliuk V. I.</i> The effective complex method for investigating of the electromagnetic influence of a traction system on track circuits	20
<i>Kosariyev Yevhen</i> Advantages of wayside energy storage systems for dc traction applications.....	21
<i>Kuznetsov V. G., Sychenko V. G., Bialon A., Hubskeyi P.</i> Energy efficient distributed technology of power transmission to vehicles.....	22
<i>Gerlici Juraj, Gorbunov Mykola, Kravchenko Kateryna, Domin Rostislav, Lack Tomáš, Vladimír Hauser</i> Methods of stabilization of the adhesion coefficient of wheel with rail	24
<i>Антонов А. В.</i> Оцінка ресурсу елементів пари тертя «контактний провід – струмознімальний елемент»	26
<i>Афанасов А. М., Арпунь С. В.</i> Тяговый электропривод автономного моторвагонного подвижного состава	27
<i>Афанасов А. М., Арпунь С. В.</i> Условия реализации тягово-сцепных качеств локомотивов как фактор, влияющий на экономическую эффективность железнодорожных перевозок.....	28
<i>Баб'як М. О., Мінець О. С., Залеський Л. І.</i> Розробка контактних пластин БРЗГ-1 та БРЗГ-2 для струмоприймачів електрорухомого складу залізниць	29
<i>Баб'як М. О., Шидловський Р. М., Недужа Л. О., Луніс О.</i> Дослідження руйнування елементів механічної частини рухомого складу	30
<i>Базилевич М. В., Сабадаш І. О.</i> Селективне визначення пошкодженого фідера за однофазного замикання на землю	32
<i>Данилов О. А., Холод А. В.</i> Цифрові захисти фідерів контактної мережі постійного струму.....	33
<i>Дьяков В. А., Шевченко Е. В.</i> Особенности защиты изоляции контактной сети от атмосферных перенапряжений.....	34

Залеський Л. І., Горобець В. Л., Баб'як М. О., Груник А. І., Шидловський Р. М. Випробування дослідних гальмівних колодок виробництва Odlewnia Zeliva Bydgoszcz на рухомому складі України.....	35
Земський Д. Р. Проблеми ефективної роботи системи поздовжнього електропостачання нетягових споживачів залізниць змінного струму	36
Кінтер С. О. Використання термоелектричних генераторів teg на маневрових тепловозах, з метою підвищення їх енергоефективності.....	37
Куліш І. А., Матусевич О. О. Сучасні підходи до регулювання напруги на тягових підстанціях	38
Мілянчик А. Р. Оптимізація енергозберігаючих технологій механічної обробки деталей вантажних вагонів	39
Міронов Д. В. Структурно-функціональна модель процесу ТО і ремонту обладнання ТП	40
Муха А. М., Бондаренко Ю. С., Петрук Я. М., Михайлець Є. С. Передові технології виготовлення напівпровідникових приладів	41
Павличенко М. Е., Кузнецов В. В. Электроснабжение железнодорожных переездов от источников альтернативной энергии.....	42
Павличенко М. Е. Повышение эксплуатационной стойкости центрифугированных железобетонных опор.....	43
Пулін М. М., Курочка О. М. Сучасна енергоефективна система тягового електропостачання постійного струму	44
Пулін М. М., Rogoza A. B., Сиченко В. Г. Оцінка стійкості системи тягового електропостачання постійного струму при швидкісному русі.....	45
Саблін О. І. Принцип інтелектуального управління розподілом струму рекуперації транспортних засобів в системі тягового електропостачання	46
Сиченко В. Г., Коваленко І. В., Кузнецов В. В. Показники енергоефективності системи тягового електропостачання	48
Сулим А. О., Хозя П. О., Мельник О. О. Аналіз сучасних тенденцій розвитку тягового залізничного транспорту з накопичувачами енергії.....	49
Шаповалов О. С. Особливості асинхронного тягового приводу для швидкісного та високошвидкісного електрорухомого складу	51

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГООПТИМАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ»	53
Арпуль С. В., Гетьман Г. К. Определение рациональных параметров номинального режима электроподвижного состава.....	53
Баб'як М. О., Горобець В. Л., Залеський Л. І., Мінець О. С., Груник А. І. Удосконалення контактних пластин БРЗГ для струмоприймачів електрорухомого складу в умовах Львівської залізниці	54
Баб'як М. О., Шидловський Р. М., Недужа Л. О., Луніс О. Дослідження руйнування елементів механічної частини рухомого складу	55
Вернигора Р. В. Современное состояние и перспективы развития системы хранения украинского зерна.....	56
Вернигора Р. В., Рустамов Р. Ш. Формування експортно-орієнтованої мережі районів концентрації навантаження для забезпечення маршрутизації залізничних перевезень зерна	58
Єльнікова Л. О., Клименко К. О. Особенности застосування багатокритеріальної задачі про призначення при розробленні планів роботи локомотивного парку	59
Кудряшов А. В., Мазуренко О. О. Конкурентоспроможність нічних поїздів на ринку пасажирських перевезень.....	60
Логвінова Н. О., Бука Є. Р. Розподіл поїздопотоків між паралельними ходами з урахуванням енергооптимального графіку руху поїздів	62
Ломотько Д. В., Клец Д. М. Енергоефективність колісних машин, що виконують земляні роботи при будівництві залізничної лінії	63
Папахов А. Ю., Ефремова К. Р. Методика рациональной доставки грузов с учетом пропускных способностей перегонов и движения грузовых поездов	64
Півник О. А., Ляшук В. М. Ефективність компенсації реактивної потужності в пристроях електричної тяги	66
Санькова Г. В. Внедрение сквозных технологий в перевозочный процесс северного широтного хода ДВЖД.....	67
Сулим А. О., Столетов С. О., Третьак Е. В. Дослідження характеру зміни напружень в кромках підшов рейок під час руху пасажирського вагона на кривих ділянках залізничної колії.....	68
Троян А. В., Мозолевиц Г. Я. Адаптивна технологія розподілу поїздопотоків на залізничній мережі	70
Троян А. В., Мозолевиц Г. Я. Підвищення ефективності вантажних перевезень та стратегія розвитку маркетингової діяльності ПАТ «Укрзалізниця»	71

Филатов Е. А., Старченко А. В.	
Сокращение энергозатрат на тягу грузовых поездов, за счет особенностей их формирования	72
Шраменко Н. Ю.	
Напряжки підвищення ефективності функціонування вантажного термінального комплексу в умовах ресурсозбереження	73
СЕКЦІЯ «ВЗАЄМОДІЯ ЗАЛІЗНИЦЬ І ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ».....	75
Маслак А. В., Красулин А. С.	
К вопросу об энергосберегающих транспортных технологиях для промышленных предприятий	75
Медведев Є. П.	
Організація та планування транспортних процесів сільського господарства з врахуванням погодних умов.....	76
Окороков А. М., Цупров Ю. П.	
Проблемні питання постачання сировини на металургійні підприємства Сходу України.....	77
Окороков А. М., Бондарчук О. В.	
Проблемні питання організації постачання твердого палива в Україну.....	78
СЕКЦІЯ «СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ»	80
Kys D. I., Demchenko Y. B.	
Study of energy-efficient cargo transportation with zero emissions	80
Бех П. В., Лашков О. В.	
Розвиток системи інтермодальних перевезень в Україні	81
Бех П. В., Лашков О. В.	
Рух вантажних поїздів за твердим графіком – один із факторів підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту	82
Козаченко Д. М., Вернигора Р. В., Рустамов Р. Ш.	
Аналіз досвіду США та Канади щодо організації залізничних перевезень зернових вантажів.....	83
Лашков О. В., Носенко К. Ю.	
Організація місцевої роботи в сучасних умовах	85
Малашкін В. В., Рубець А. В.	
Використання методів реляційної алгебри для аналізу умов пропуску транзитних вагонопотоків по залізницям у України	86
Окороков А. М., Булах М. О.	
Незалежний технічний аудит об'єктів залізничного транспорту	87
Примаченко Г. О.	
Аналіз логістичної системи пасажирських залізничних міжнародних перевезень	88
Сарбаев Сугирали Шакирович	
Логистическая информация - основа транспортного потока	89

Харченко О. І.	
Оцінка параметрів, що характеризують сталий розвиток залізниць	90
Пасічний О. М.	
Ергатичне моделювання руху поїздів як засіб оптимізації параметрів графіку руху	91
СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ В ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ СТАНЦІЙ І ВУЗЛІВ».....	93
Аксёничков А. А.	
Использование имитационного моделирования в технологических процессах на станции передачи вагонов	93
Березовий М. І., Березовий О. М., Гримак Ю. Р.	
Аналіз нерівномірності обсягів роботи локомотивних бригад депо у вантажному русі.....	94
Березовий М. І., Гримак Ю. Р.	
Аналіз структури робочого часу локомотивних бригад депо у вантажному русі	95
Бобровский В. И.	
Энергоэффективная конструкция сортировочных горок средней мощности	96
Болвановська Т. В., Власовець Н. О., Зайко В. А.	
Дослідження вагонопотоків, що переробляються на сортувальних станціях залізниць України	97
Болвановська Т. В., Оголь К. В.	
Дослідження інтервалів та ризиків нерозділення відцепів на сортувальних гірках	98
Дорош А. С.	
Энергоэффективная методика оптимизации режимов торможения отцепов на сортировочных горках	100
Мазуренко О. О., Кудряшов А. В.	
Визначення резервів для зниження витрат на організацію вантажних перевезень	101
Пожидает С. А.	
Основные подходы к технико-экономическому обоснованию параметров энергоэффективных конструкций сортировочных устройств	102
Пожидает С. А., Перенко Е. В.	
Обоснование сокращения энергоемкости и повышения эффективности работы сортировочных комплексов железнодорожных станций	104
Сковрон И. Я., Демченко Е. Б.	
Энергоэффективная технология маневровой работы на подъездных путях промышленных предприятий	107
СЕКЦІЯ «ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНІСТЬ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ».....	109
Havryliuk V. I.	
The interoperability of the rail system within the european union	109
Гаврилюк В. И.	
Международные нормы на электромагнитную совместимость подвижного состава с системами сигнализации и связи	109

СЕКЦІЯ «ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ НА ТРАНСПОРТІ»111

Кузнецов В. Г., Радченко Д. В.

Енергетичний аудит університету111

Щетінніков Р. С, Демченко Є. Б.

Аналіз напрямків впровадження енергетичного менеджменту на транспорті.....112