

Paweł DASZKIEWICZ, Maciej ANDRZEJEWSKI, Jerzy MERKISZ, Włodzimierz STAWECKI,
Yaroslav BOLZHELARSKYI

OCENA SPOSOBU ORGANIZACJI PRAC ROZRZĄDOWYCH W ASPEKTACH EKOLOGICZNYCH

Efektywne prowadzenie prac rozrządowych wymaga odpowiedniej ich organizacji. Ma to swoje przełożenie nie tylko na względy ekonomiczne (w tym zużycie energii), lecz również ekologiczne (emisja zanieczyszczeń w gazach wylotowych). W artykule dokonano analiz eksploatacyjnych, mających na celu określenie wpływu zastosowania różnego sposobu rozrządzania wagonów na kwestię emisji substancji toksycznych przez układ wylotowy lokomotywy SM42. Wspomniana lokomotywa należy do grupy specjalistycznych maszyn niezbędnych w pracach manewrowych. Należy nadmienić, że pojazdy tego typu mają znacząco odmienny charakter pracy niż lokomotywy wykorzystywane w ruchu osobowym i towarowym. Duży procentowy udział stanowi praca silnika w warunkach biegu jałowego oraz przy małym obciążeniu. Charakter obciążenia jest między innymi przyczyną zasadniczo dużego stężenia zanieczyszczeń w spalinach.

WSTĘP

Transport kolejowy charakteryzuje się przede wszystkim małymi kosztami przewozu, dużą niezawodnością taboru kolejowego, przystosowaniem do przewozu ładunków o zróżnicowanej podatności transportowej, relatywnie małym negatywnym wpływem na środowisko naturalne, a także możliwością transportu ładunków masowych na znacznie dłuższe dystanse w porównaniu z transportem samochodowym [2].

Złożoność prac torowych i ich współzależności, pozwalające na prawidłowe realizowanie przewozów po drogach żelaznych w tej gałęzi transportu, są związane z szeregiem decyzji w aspektach zarządzania strukturą pracy na kolei. Bezpośredni wpływ na jakość prac eksploatacyjnych dowolnej sieci kolejowej ma system organizacji potoków wagonów. Miarą racjonalności jest koszt przemieszczania wagonów od stacji nadania do stacji przeznaczenia a także wartość emisji jednostkowej wygenerowanej przez pojazdy uczestniczące w tych operacjach transportowych. Jednym z najważniejszych problemów decyzyjnych w utrzymaniu właściwej organizacji potoków wagonów na sieci kolejowej jest optymalizacja organizacji prac rozrządowych bazująca na właściwej fragmentacji prac rozrządowych z uwzględnieniem wygenerowania jak najmniejszej ilości związków toksycznych wyemitowanych przez pojazdy biorące udział w tych czynnościach [3, 7, 8].

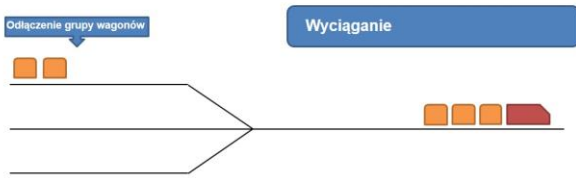
Zgodnie z przyjętą nomenklaturą stacja rozrządowa to miejsce, w którym rozrządza się wagony przybyłych pociągów towarowych, czyli w miejscu tym dokonuje się sortowania wagonów według kierunku dalszej jazdy. W tym celu gromadzone są w zestawy, z których powstają nowe składy pociągów, wyprawianych w dalszą drogę. Na stacjach rozrządowych obsługiwane są ponadto pociągi tranzytowe, które nie są rozrządzane na danej stacji, ale są na niej zatrzymywane w celu wymiany druzyny pociągowej, lokomotywy, grupy wagonów itp. Do zadań stacji rozrządowych zalicza się także przyjęcie pociągów i wyprawienie pociągu na szlak. Najprostszym i zarazem najpowszechniejszym sposobem rozrządzania jest przedstawianie lokomotywą odprzęgów na odpowiednie tory kierunkowe. Proces ten wielokrotnie przyspiesza się poprzez odrzucanie wago-

nów, które polega na rozłączeniu odprzęgu, rozpędzeniu składu przez lokomotywę do określonej prędkości i zahamowanie, co pozwala na swobodne przetoczenie się odprzęgu na tor kierunkowy. Wagony zatrzymują się samoczynnie pod wpływem oporów ruchu lub mogą być hamowane z wykorzystaniem płoz hamulcowych. Hamulce torowe są elementami zlokalizowanymi na torach zjazdowych górki rozrządowej, służą do nadawania odpowiedniej prędkości manewrowej odprzęgom zjeżdżającym z górki na tory kierunkowe. Ponadto każda stacja rozrządowa powinna być wyposażona w sygnalizację świetlną, łączność telefoniczną, radiową, odpowiednie oświetlenie umożliwiające manewry w nocy [1, 4, 5].

W celu zapewnienia poprawności funkcjonowania stacji rozrządowych niezbędna jest odpowiednia infrastruktura. Na stacjach rozrządowych znajdują się minimum trzy posterunki techniczne – nastawnia. Grupę torów przyjazdowych obsługuje nastawnia dysponująca, przyjmująca pociągi ze szlaku, tory górki rozrządowej oraz tory kierunkowe obsługuje nastawnia rozrządowa (manewrowa), natomiast grupę torów odjazdowych obsługuje nastawnia dysponująca, wyprawiająca pociągi na szlak. Nastawnia rozrządowa oprócz nastawnicy posiada również stanowisko do obsługi hamulców torowych.

Jak już wspomniano do najczęściej stosowanych sposobów wykonywania manewrów należą [4, 5]: odstawczy, gdzie odstawianie (przetaczanie) polega na przestawianiu taboru na odpowiedni tor (miejsce) i odczepieniu danej grupy pojazdów po zatrzymaniu, oraz odrzutowy (pojedynczy lub seryjny), gdzie odrzucanie pojedyncze polega na tym, że lokomotywa manewrowa, pchając odprzęgniętą grupę wagonów, przy pewnej określonej prędkości zatrzymuje się, co powoduje, że odprzęgnięte od niej wagony odrywają się i toczą na odpowiedni tor (rys. 1). Odrzucanie seryjne polega natomiast na tym, że po odczepieniu pierwszego odprzęgu lokomotywa manewrowa rozpędza skład manewrowy do prędkości zapewniającej dojeżdżenie odprzęgu do wyznaczonego miejsca. Następnie lokomotywa zatrzymuje się w celu umożliwienia odbiegu odczepionego odprzęgu, po czym znowu zwiększa prędkość pozwalając na odczepienie następnego odprzęgu drążkiem.

Rodzaje manewrów – odstawianie taboru



Rodzaje manewrów – seryjne odrzucanie odpręgów



Rys. 1. Przykładowe fazy wybranych rodzajów prac manewrowych

Jednym z najbardziej efektywnych sposobów rozrządzenia jest rozrządzenie grawitacyjne. Polega ono na rozpędzaniu odpręgu z wykorzystaniem odpowiednio wyprofilowanego toru, zwanego górką rozrządową. Wysokość górek rozrządowych zawiera się w przedziale od 2,5 do 4 m i wyznaczana jest tak, aby zapewniony został dojazd wagonu o dużych oporach ruchu (ciężkobieźnego) do punktu obliczeniowego, przyjmowanego w odległości 50–100 m za okresem ostatniego rozjazdu na torze o największych oporach ruchu (zwykle skrajny tor grupy kierunkowej) podczas niekorzystnych warunków atmosferycznych. Bezpośrednio za grzbietem góry znajduje się pochylnia o spadku mieszczącym się w granicach 40–66‰, przechodząca do spadku w przedziale 12,5–17,0‰ w strefie hamulców odstępowych i wypłaszczająca się w strefie podziałowej względem jego podnóża [4].

Należy nadmienić, że po zakończeniu rozrządzenia na torach kierunkowych lub w celu połączenia składu wagonów w trakcie zestawiania pociągu może mieć miejsce dopychanie wagonów. Odstawianie (przetaczanie) może być wykonywane pojazdem trakcyjnym, pojazdem drogowym, podciągarką, przesuwnicą wagonową lub innym urządzeniem technicznym przeznaczonym do przemieszczania pojazdów kolejowych.

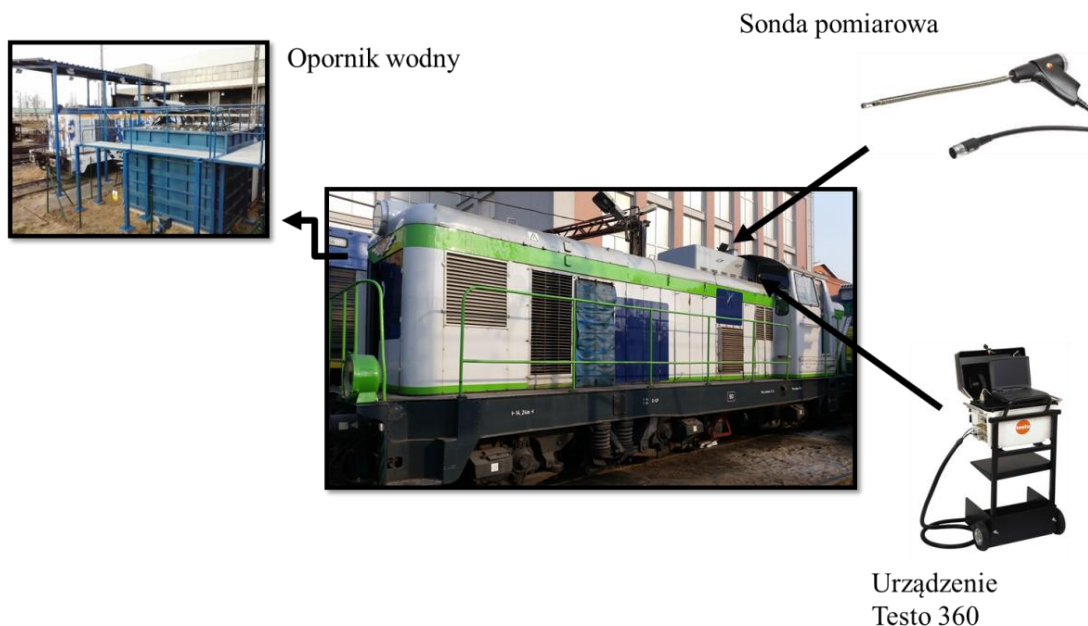
1. METODYKA BADAŃ

W artykule dokonano oceny możliwości zmniejszenia zawartości gazowych związków toksycznych w spalinach emitowanych przez silnik lokomotywy SM42 wykorzystywanej do rozrządzenia wagonów. Pod uwagę wzięto kilka sposobów prowadzenia prac manewrowych, poprzez: odstawianie taboru, pojedyncze i seryjne odrzucanie odpręgów. Miejscem prowadzenia analiz była między innymi stacja rozrządowa zlokalizowana w Poznaniu (rys. 2).



Rys. 2. Stacja rozrządowa w Poznaniu

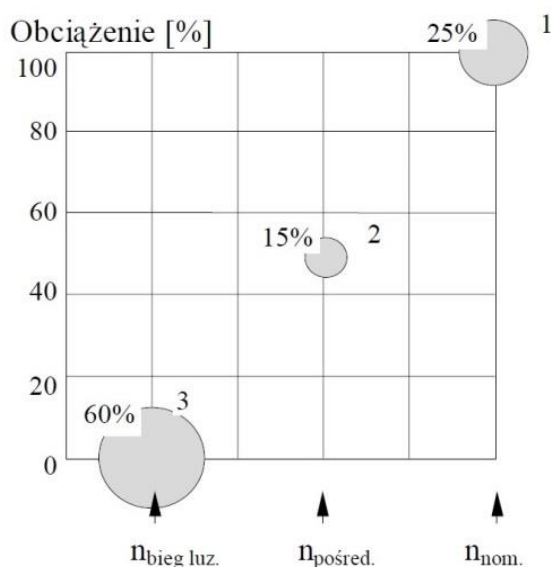
Za podstawowe dane do analiz posłużyły wyniki pomiarów stężenia związków toksycznych w gazach wylotowych silnika lokomotywy SM42. Przedmiotowy silnik doładowany turbosprężarką, o oznaczeniu 8C22, charakteryzował się mocą użyteczną wynoszącą 588 kW (800 KM). Został wyprodukowany w 1978 r., w 2015 roku został poddany kolejnej modernizacji (nie posiadał układu oczyszczania spalin). Badania emisji zanieczyszczeń przeprowadzono w warunkach stacjonarnego testu ISO 8178-F na stanowisku wyposażonym m.in. w opornik wodny (rys. 3 i 4).



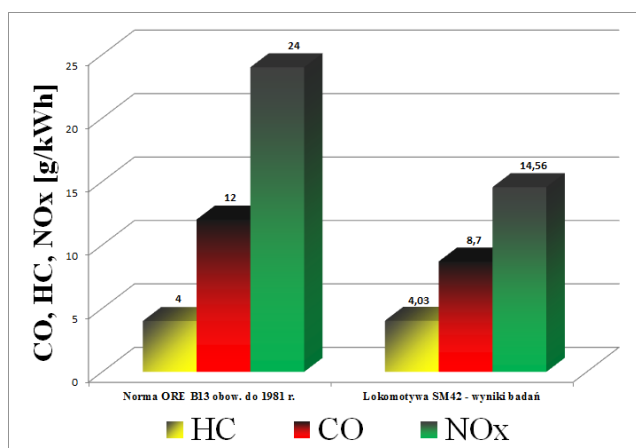
Rys. 3. Obiekt badań podłączony do opornika wodnego

Wartości stężenia poszczególnych składników toksycznych w gazach wylotowych silnika określano przy wykorzystaniu urządzenia Testo 360 [9]. Wartości oczekiwanych parametrów pozyskiwano po dostarczeniu próbki spalin do wspomnianego urządzenia – zestawu analizatorów. Do tego celu służyła sonda zamontowana w układzie wylotowym silnika lokomotywy. Parametry pracy silnika, w tym jego moc użyteczna, były określone z pozycji maszynisty – panel kontrolny w kabinie.

Na podstawie zmierzonych stężeń związków toksycznych w gazach wylotowych w postaci tlenku węgla, węglowodorów i tlenków azotu, obliczono w dalszej kolejności ich emisję jednostkową. Zbiorcze zestawienie przedmiotowej emisji, na tle dopuszczalnych wartości obowiązujących w trakcie dokonywania homologacji silnika 8C22 lokomotywy, zaprezentowano na rysunku 5.



Rys. 4. Test ISO 8178-F [6]

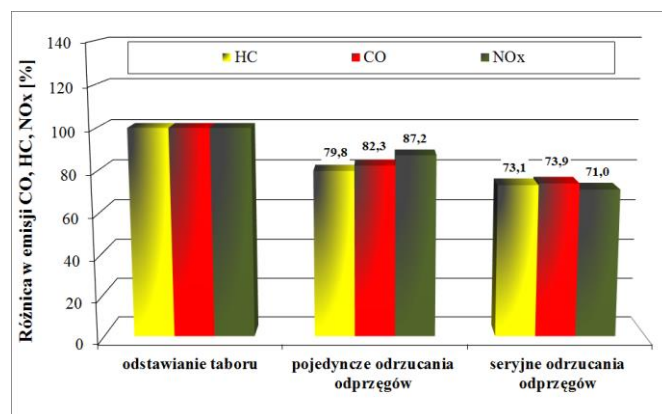


Rys. 5. Emisja jednostkowa związków toksycznych z lokomotywy SM42 na tle unormowań emisyjnych

PODSUMOWANIE

Dla dokonania oceny możliwości zmniejszenia stężenia toksycznych zanieczyszczeń w spalinach analizowanej lokomotywy SM42 wykorzystano również histogram obciążeń jej silnika (rys. 7) oraz czas wykonywania manewrów podczas rozrządzenia ośmiu wagonów typu węglarka będących w stanie próżnym (w podziale 3-3-2 na poszczególne tory).

Wykonane pomiary, obliczenia i przeprowadzone analizy wskazują na znaczące, w porównaniu do manewrów polegających na odstawianiu taboru, zmniejszenie stężenia wszystkich gazowych związków toksycznych w gazach wylotowych silnika lokomotywy SM42 w trakcie stosowania manewrów polegających na odrzucaniu wagonów (rys. 6). W porównaniu do manewrowania odstawczego między innymi mniejsza jest długość drogi kursów wstecznych wykonywanych przez lokomotywę. W przypadku pojedynczego odrzucania odpręgów ww. różnice w emisji mieszczą się w zakresie 13–20%. W przypadku seryjnego odrzucania odpręgów uzyskano różnicę w emisji nawet o prawie 30% (tlenki azotu).

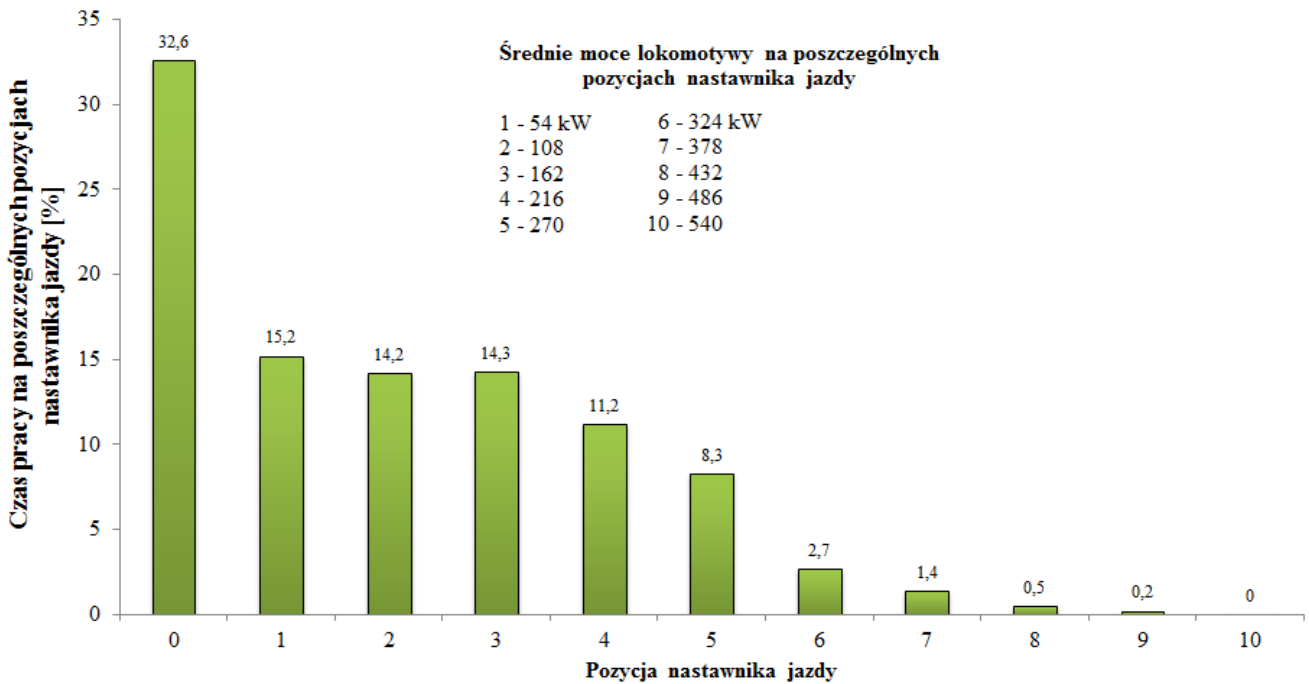


Rys. 6. Względna różnica w emisji poszczególnych gazowych związków toksycznych

Należy zaznaczyć, że analizowano mały skład pociągu do rozrządzenia, dodatkowo wagony były w stanie próżnym. Jako kierunek dalszych badań planuje się dokonać analiz w odniesieniu do większej liczby wagonów, w tym ładownych, oraz przeprowadzić pomiary uzupełniające w warunkach rzeczywistej eksploatacji (RDE – Real Driving Emission), uwzględniające także emisję cząstek stałych do atmosfery.

BIBLIOGRAFIA

- Dahlhaus E., Horak P., Miller M., Ryan J.F.: The train marshalling problem. *Discrete Applied Mathematics* 103(1-3), 2000, pp. 41–54.
- Funkcjonowanie i bezpieczeństwo transportu kolejowego, URZĄD TRANSPORTU KOLEJOWEGO, Warszawa 2016.
- Gronowicz J.: *Energochłonność transportu kolejowego. Trakcja spalinowa*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1990.
- Materiały Polskich Kolei Państwowych, Instrukcja o technice wykonywania manewrów, Warszawa 2012.
- Maue J., Nunkesser M.: Evaluation of computational methods for freight train classification schedules. Technical Report TR-0184, ARRIVAL (2009).
- Norma PN-EN ISO 8178-4, Silniki spalinowe tłokowe. Pomiar emisji spalin. Cykle badawcze silników o różnym zastosowaniu. Wyd. styczeń 1999.
- Sprawozdanie specjalne: Kolejowy transport towarowy w UE: wciąż nie na właściwym torze; EUROPEJSKI TRYBUNAŁ OBRACHUNKOWY – Luksemburg: Urząd Publikacji Unii Europejskiej, 2016.
- <http://www.transportszynowy.pl/> (dostęp w dniu 20.02.2018).
- www.testo.com.pl (dostęp w dniu 20.03.2017).



Rys. 7. Histogram obciążeń silnika spalinowego lokomotywy serii SM42 pracującej na górcie rozrządowej

An assessment of shunting work organization in ecological aspects

Effective management of marshalling works requires their appropriate organization. This has its impact not only on economic considerations (including energy consumption), but also ecological (emission of pollutants in exhaust gases). In the article, operational analyzes were made to determine the impact of the use of various wagon management methods on the issue of toxic substances emission via the SM42 locomotive's exhaust system. The locomotive belongs to a group of specialized machines necessary for maneuvering work. It should be noted that vehicles of this type have a significantly different nature of work than locomotives used in personal and freight traffic. A large percentage share is engine work under idling conditions and at low load. The nature of the load is, among other things, the cause of a substantially high concentration of pollutants in the exhaust gases.

Autorzy:

dr inż. **Paweł Daszkiewicz** – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu, p.daszkiewicz@tabor.com.pl

dr inż. **Maciej Andrzejewski** – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu, m.andrzejewski@tabor.com.pl

prof. dr hab. inż. **Jerzy Merkisz** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, jerzy.merkisz@put.poznan.pl

dr **Włodzimierz Stawecki** – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu, w.stawecki@tabor.com.pl

Dr. **Yaroslav Bolzhelarskyi** – Director of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport Named Academician V. Lazarian, Lviv Branch

JEL: L92 DOI: 10.24136/atest.2018.248

Data zgłoszenia: 2018.05.29 Data akceptacji: 2018.06.15