

Adam TUŁECKI, Maciej MICHNEJ
Politechnika Krakowska, Kraków

KRYTERIA DOBORU LOKOMOTYW DO OBSŁUGI PRZEWOZÓW MIĘDZYNARODOWYCH

Słowa kluczowe

Transport kolejowy, przewozy międzynarodowe, środki transportu, lokomotywy.

Streszczenie

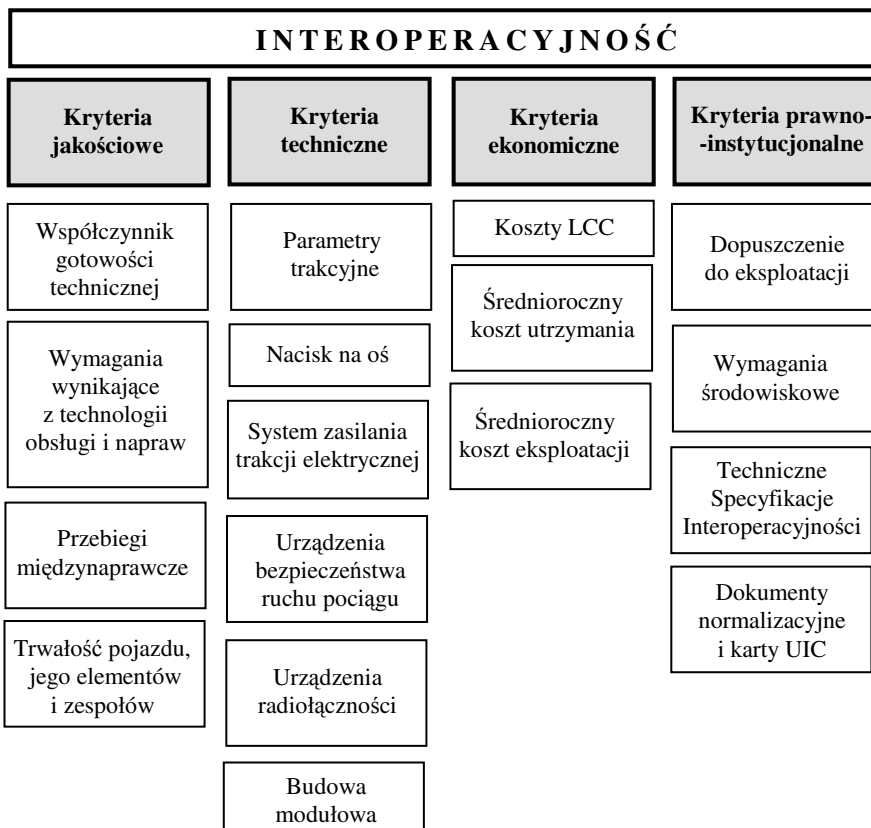
W artykule przedstawiono krótką charakterystykę podstawowych kryteriów i wymagań uwzględnianych w doborze pojazdów trakcyjnych – lokomotyw przeznaczonych do obsługi przewozów międzynarodowych. Problematyka doboru środków transportu kolejowego w przewozach międzynarodowych wymaga wielokryterialnego podejścia, ze szczególnym uwzględnieniem przyszłych warunków eksploatacji pojazdu.

Wprowadzenie

Liberalizacja rynku kolejowego w Unii Europejskiej pozwala na realizację transgranicznych przewozów kolejowych bez konieczności wymiany lokomotyw na stacjach granicznych [1]. Otwarcie rynku przewozów towarowych w państwach UE stanowi dla polskich przewoźników możliwość rozwoju i poprawy oferty świadczonych usług przewozowych w zakresie międzynarodowych przewozów ładunków, a w przyszłości również pasażerów. Przewozy kolejowe w ruchu transgranicznym mogą być realizowane efektywnie za pomocą interoperacyjnych środków transportowych (lokomotyw wielosystemowych), pozwalają-

cych na wykonywanie pracy przewozowej przy różnych systematach zasilania trakcji elektrycznej lub za pomocą lokomotyw spalinowych do obsługi przewozów w ruchu przygranicznym.

Wybór lokomotywy do obsługi przewozów międzynarodowych stanowi wielokryterialny problem decyzyjny uzależniony od szeregu czynników takich, jak rodzaj wykonywanej pracy przewozowej, parametry linii kolejowych na których będzie eksploatowana lokomotywa, systemy zasilania i bezpieczeństwa ruchu pociągu, wyposażenie zaplecza technicznego itp. Biorąc pod uwagę ww. czynniki, należy określić kryteria, pod kątem których będzie wykonywana analiza efektywności inwestycji związanej z zakupem lokomotywy. Szereg wymagań stawianych przed pojazdami trakcyjnymi do obsługi przewozów międzynarodowych, można podzielić na cztery główne grupy kryteriów do których zaliczają się: kryteria jakościowe, kryteria techniczne, kryteria ekonomiczne oraz kryteria prawno-instytucjonalne (rys. 1).



Rys. 1. Główne grupy kryteriów doboru lokomotyw do obsługi przewozów międzynarodowych

Celem pracy jest określenie kryteriów doboru lokomotyw do obsługi przewozów międzynarodowych, które reprezentują główny zbiór wymagań istotnych z punktu widzenia interoperacyjności pojazdu trakcyjnego. Należy zaznaczyć, że dobór środka transportowego do określonej relacji transportowej wymaga przeprowadzenia analizy techniczno-ekonomicznej uwzględniającej szereg szczegółowych parametrów uzależnionych od przeznaczenia lokomotywy.

1. Kryteria jakościowe

Grupa kryteriów jakościowych określa zbiór wskaźników i cech związanych z niezawodnością i eksploatacją pojazdu. Podstawowe kryteria w tej grupie to:

- współczynnik gotowości technicznej, uwzględniający wszystkie planowe i nieplanowe wyłączenia z eksploatacji. Jego wymaganą wartość dla lokomotyw elektrycznych szacuje się na poziomie $0,92 \div 0,95$, natomiast dla lokomotyw spalinowych $0,9 \div 0,92$;
- wymagania wynikające z technologii obsługi i napraw dotyczą przede wszystkim: możliwości łatwej lokalizacji uszkodzeń zespołów i podzespołów, wykrywalności uszkodzeń i stanu osiągania wartości granicznych określonych parametrów technicznych, dostępności do elementów i podzespołów lokomotywy, pracochłonności wymiany podzespołów oraz unifikacji części dla ograniczenia niezbędnych narzędzi i oprzyrządowania;
- trwałość pojazdu uzależniona jest od średnich rocznych przebiegów w tys. km. Dla nowych lokomotyw przyjmuje się ją na poziomie 40 lat, natomiast dla pojazdów zmodernizowanych w zależności od stopnia modernizacji nie jest ona większa niż 25–30 lat;
- przebiegi międzynaprawcze dotyczą przede wszystkim przetaczania obręczy kół, przeglądu wózków oraz realizacji napraw wynikających z 4 i 5 poziomu utrzymania (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12 października 2005 r. (Dz. U. Nr 212, poz. 1771)).

2. Kryteria techniczne

Grupa kryteriów technicznych ma największe znaczenie z punktu widzenia interoperacyjności lokomotywy i determinuje w przeważającej większości pozostałe wymagania dotyczące jakości i efektywności ekonomicznej. Najważniejszymi kryteriami technicznymi dla obsługi przewozów międzynarodowych realizowanych przez lokomotywy są:

- parametry trakcyjne, określają wymaganą moc lokomotyw, siłę pociągową, największe wzniesienie, na jakim lokomotywa powinna ruszyć z pociągiem o zadanej masie oraz zdolności prowadzenia pociągów na określonym wzniesieniu z wymaganą prędkością;

- system zasilania trakcji elektrycznej. W Europie występuje pięć systemów; 25k V 50 Hz AC, 15 kV 16,7 Hz AC, 3 kV DC, 1,5 kV DC, 0,75 kV DC (rys. 2).

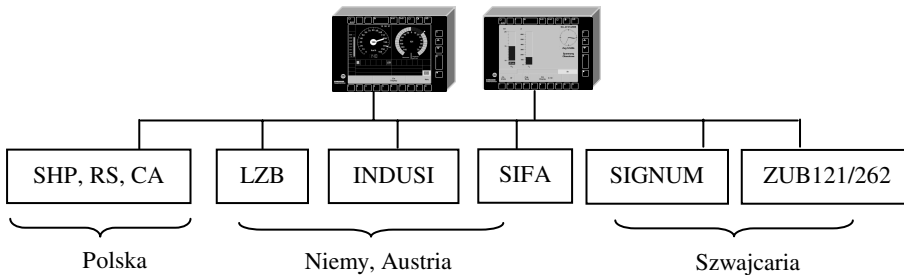


Rys. 2. Systemy zasilania i bezpieczeństwa ruchu pociągów w Europie [2]

W zależności od zasięgu wykonywanych przewozów międzynarodowych, do ich obsługi wykorzystywane są lokomotywy dwusystemowe lub wielosystemowe. Istotną barierą dla eksploatacji lokomotyw wielosystemowych przez jednego operatora w kilku krajach są kosztowne, czasochłonne i zróżnicowane pod względem wymagań procedury uzyskiwania dopuszczenia do eksploatacji. W związku z tym operatorzy kolejowi w większości eksploatują lokomotywy posiadające dopuszczenie do eksploatacji dla 2÷4 krajów. Dla Polskich przewoźników najbardziej optymalnym rozwiązaniem jest pozyskanie lokomotyw dwusystemowych, posiadających dopuszczenie do ruchu odpowiednio w Niemczech, Austrii, Szwajcarii i Holandii (3 kV DC/15 kV 16,7 Hz AC) oraz w Czechach i na Słowacji (3 kV DC/25 kV 50Hz AC);

- urządzenia bezpieczeństwa ruchu pociągu (ATP) różnią się pod względem rozwiązań technicznych i zasady działania dla każdego kraju w Unii Europejskiej (rys. 2). Podobnie jak w przypadku systemów zasilania trakcji elektrycznej dobór wyposażenia lokomotywy w te systemy uzależniony jest od zasięgu wykonywanych przewozów międzynarodowych. W lokomotywach nowej generacji za działanie poszczególnych systemów odpowiada komputer

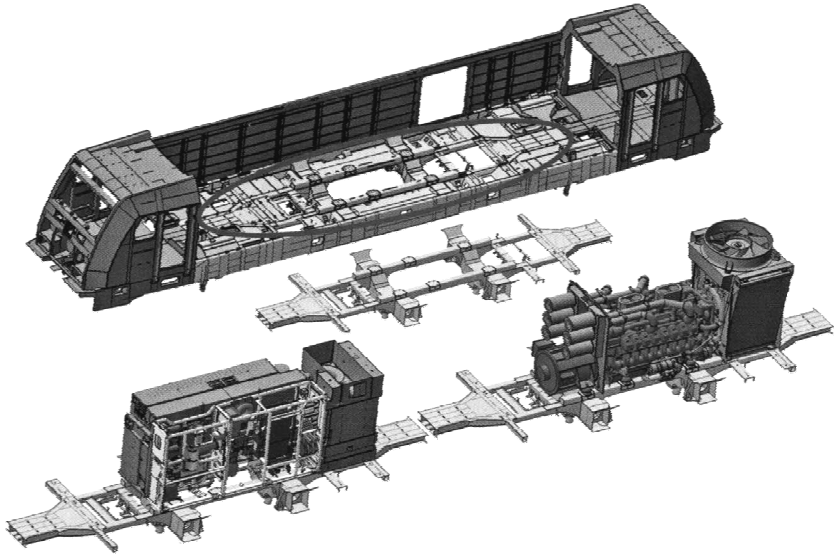
pokładowy, umożliwiającą podawanie informacji maszyniście z jednego monitora. Wszystkie lokomotywy powinny mieć możliwość rozbudowy o ETCS (European Train Control System), który stanowi zunifikowany system bezpieczeństwa ruchu pojazdu i w który są wyposażane główne korytarze transportowe. Na rysunku 3 podano wymagane wyposażenie w systemy ATP dla lokomotywy przeznaczonej do przewozów pomiędzy państwami: Polska (PL), Niemcy (D), Austria (A) i Szwajcaria (CH);



Rys. 3. Wymagane wyposażenie lokomotywy dopuszczonej do ruchu PL-D-A-CH

- urządzenia radiołęczności stosowane na kolei można podzielić na analogowe oraz cyfrowe oparte na technologii GSM-R (Global System Mobile Communication – Rail). System GSM-R jest częścią składową Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym ERTMS (European Railway Traffic Management System) i został opracowany na potrzeby utworzenia spójnego i transeuropejskiego systemu kolejowego. Od lokomotyw do obsługi przewozów międzynarodowych wymaga się wyposażenia w obydwa systemy – analogowy i cyfrowy;
- nacisk na oś determinuje koszty dostępu do infrastruktury oraz uzależnia dostępność sieci kolejowej danego kraju, zróżnicowaną pod względem nacisków. To kryterium jest szczególnie istotne w przypadku lokomotyw spalinowych, ponieważ obsługują one pociągi na bocznicach oraz liniach kolejowych w gorszym stanie technicznym, gdzie nacisk na oś nie powinien przekraczać 200 kN. Docelowo na liniach wchodzących w skład międzynarodowych korytarzy transportowych TEN-T dopuszczalne naciski na oś będą wynosić odpowiednio:
 - $v \leq 100 \text{ km/h}$ – 225 kN,
 - $v \leq 120 \text{ km/h}$ – 200 kN;

- budowa modułowa nadwozia i wyposażenia lokomotywy pozwala na łatwy dostęp do przedziałów maszynowych, zespołów napędowych i urządzeń lokomotywy oraz umożliwia szybki demontaż kompletnych zespołów.



Rys. 4. Warianty wyposażenia modułowego lokomotyw z platformy produktowej Bombardier TRAXX [3]

Zastosowanie rozwiązań modułowych pozwala na znaczne oszczędności w zakresie:

- zaopatrzenia w części zamienne,
- nakładów inwestycyjnych na wyposażenie lokomotywowni i warsztatów,
- szkolenia maszynistów oraz personelu w lokomotywowniach i warsztatach,
- projektowania, montażu i testowania przyszłych modernizacji,
- niezawodności i dostępności pojazdów.

3. Kryteria ekonomiczne

Kryteria ekonomiczne stanowią podstawę decyzji związanej z nabyciem środka transportowego do wykonywania określonej pracy przewozowej. Grupa tych kryteriów składa się głównie z kosztów wynikających z nabycia, eksploatacji i utrzymania lokomotywy. Zasadniczą grupę kryteriów ekonomicznych można scharakteryzować poprzez:

- koszty LCC – koszty cyklu życia, uwzględniające pełny cykl „życia” lokomotywy od chwili powstania koncepcji poprzez eksploatację do momentu złomo-

wania (recyclingu). Łączne koszty ponoszone w wyżej wymienionych fazach można podzielić na koszty nabycia, posiadania i koszty likwidacji [4–6].

$$LCC = K_N + K_P + K_L \quad (1)$$

gdzie:

- K_N – koszty nabycia,
- K_P – koszty posiadania,
- K_L – koszty likwidacji.

Analiza LCC dostarcza kompleksowych informacji wyrażonych w kosztach o różnorodnych konsekwencjach uzależnionych od wyboru oferty dostawy lub modernizacji lokomotywy;

- koszty nabycia – związane są głównie z ceną oferowanego pojazdu i nie mogą stanowić podstawy decyzji przy wyborze oferty bez przeprowadzenia wcześniejszej analizy LCC;
- średnioroczne koszty utrzymania dla przyjętego okresu trwałości pojazdu należy szacować przyjmując:
 - koszt naprawy awaryjnej określony dla prognozowanego współczynnika awarii. W strukturze niezawodnościowej oferowanego pojazdu – model FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) – należy przyjąć najłagodniejsze ogniwa pojazdu,
 - liczbę poszczególnych rodzajów napraw z uwzględnieniem wymaganego okresu trwałości pojazdu i rocznego przebiegu,
 - koszty napraw bieżących, rewizyjnych, głównych i awaryjnych określone na podstawie podanego średniego kosztu roboczogodziny,
 - przebiegi międzyprzebiegowe i okresy międzynaaprawcze dla pojazdu,
 - koszty wynikające z realizacji wszystkich poziomów utrzymania włącznie z naprawami awaryjnymi;
- średnioroczne koszty eksploatacji określa się przy założeniu kosztów energii elektrycznej, wzgl. dla lokomotyw spalinowych kosztów paliwa oraz przy założeniu kosztów użytkowania infrastruktury, które obejmują: m.in. koszty udostępnienia sieci kolejowej oraz koszty zużycia toru zależne od masy pojazdu, liczby osi, prędkości i częstotliwości ruchu.

4. Kryteria prawno-instytucjonalne

Kryteria prawno-instytucjonalne związane są ze spełnieniem przez lokomotywę wymagań kreślonych w odpowiednich normach i warunkach technicznych w celu zapewnienia bezpieczeństwa ruchu, bezpiecznego przewozu osób i rzeczy oraz ochrony środowiska. Do najważniejszych kryteriów spośród tej grupy należą:

- dopuszczenie do eksploatacji z uwagi na kosztowne procedury jest uzależnione od tego, w jakich krajach będzie eksploatowana lokomotywa. Uzyskanie świadectwa dopuszczenia do eksploatacji i poniesienie związanych z tym kosztów należy do obowiązku producenta lokomotywy;
- wymagania środowiskowe dla taboru kolejowego zostały określone w karcie UIC 345 opublikowanej w 2006 r. przez Międzynarodowy Związek Kolei UIC. Pojazdy trakcyjne w trakcie swojej eksploatacji wpływają negatywnie na środowisko w sposób bezpośredni – emitując hałas czy spaliny oraz w sposób pośredni poprzez zużywanie energii elektrycznej lub paliw kopalnianych, a po zakończeniu eksploatacji stwarzają problem utylizacji materiałów, z których zostały wykonane. Wymienione aspekty muszą być uwzględnione na wszystkich etapach cyklu życia pojazdu. Ważne aspekty środowiskowe związane z zakupem taboru kolejowego dotyczą emisji hałasu, emisji spalin z silników diesla, wydajności energetycznej oraz recyklingu odpadów [7];
- Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności zawierają szczegółowe wymagania techniczne i funkcjonalne, procedury i metody oceny zgodności z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi interoperacyjności kolei. Warunki eksploatacji i utrzymania dotyczące składników interoperacyjności i podsystemów transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości i transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnej są określane i ogłaszane przez Komisję Europejską. W chwili obecnej jedyna specyfikacja bezpośrednio dotycząca lokomotyw to TSI – Hałas, która została opublikowana: 8.02.2006. Ukończenie prac nad specyfikacją TSI dla pojazdów trakcyjnych przewidywane jest na 2009 rok;
- dokumenty normalizacyjne i karty UIC. Konstrukcja, parametry techniczne i eksploatacyjne pojazdu muszą spełniać wymagania odpowiednich norm PN, PN-EN, EN, BN ISO, IEC, CEN/CENELEC, kart UIC, zaleceń ERRI (ORE). Każdy pojazd musi przejść próby zgodnie z wymaganiami ujętymi w normie PN-EN 50215:2002(U) oraz Warunkami Technicznymi Odbioru opracowanymi przez projektanta, jak również przejść badania homologacyjne konieczne do wykonania w kraju, w którym będzie eksploatowany. W Polsce zakres badań dla pojazdów trakcyjnych określony jest w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dn. 12 października 2005 r. (Dz. U. Nr 212, poz. 1772). Pojazd powinien również spełniać warunki określone w wykazie krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwi spełnienie zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności kolei (Obwieszczenie Prezesa UTK z 8 sierpnia 2005 r., Dz. Urz. MI. Nr 9/2005, poz. 62 z późn. zm.).

Podsumowanie

Przedstawione powyżej kryteria zawierają jedynie pewien wycinek wymagań istotnych z punktu widzenia interoperacyjności kolei, umożliwiającej obsługę przewozów międzynarodowych bez konieczności dokonywania zmiany lokomotywy na stacjach granicznych, leżących na trasie ważnych korytarzy transportowych.

Wybór lokomotywy do obsługi przewozów międzynarodowych z uwagi na jej dużą cenę, wynikającą z zaawansowanej technologii produkcji i ilości wyposażenia, musi być poprzedzony przygotowaniem szczegółowej specyfikacji technicznej. Przed przygotowaniem specyfikacji należy możliwie najbardziej dokładnie określić przeznaczenie lokomotywy wymagania dot. wyposażenia oraz docelowy obszar realizacji przewozów.

Bibliografia

1. Michnej M.: Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności Kolei. Transport i Komunikacja, 2/2006.
2. Mamon H., Kornau M., Häfner I.: Optimale Fahrzeuge und ihre Instandhaltung im Schienengüterverkehr der Zukunft. Eisenbahntechnische Rundschau, 54 (2005).
3. Buscher M., Köck F., Trotsch P., Bikle U.: TRAXX: Integrale Plattform zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienenverkehrs. Eisenbahntechnische Rundschau, 9/2006.
4. Szkoda M.: Koszt cyklu trwałości LCC jako model decyzyjny modernizacji pojazdów szynowych. XVII Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe.
5. Tułeczki A.: Modele decyzyjne w odnowie parku spalinowych pojazdów trakcyjnych. Technika Transportu Szynowego, 9/2005.
6. Tułeczki A.: Ekonomiczno-techniczne aspekty odnowy parku spalinowych pojazdów trakcyjnych. Czasopismo Techniczne Politechniki Krakowskiej, z. 3-M/2005.
7. Karta UIC 345: Specyfikacje środowiskowe dla nowych pojazdów szynowych. Wydanie 1, czerwiec 2006.

Recenzent:
Zygmunt MARCINIAK

The selection criteria of locomotives to operating of in international transport

Key words

Rail transport, international transport, rail vehicles, locomotives.

Summary

The article briefly presents characteristics of basic criteria and requirements in the selection of traction vehicles – locomotive designed to service international transport. The problems of selecting the means of railway transport require a multi-criterion approach, with special regard to future conditions of exploitation of the vehicle.