

Andrzej Chudzikiewicz
Profesor zwyczajny
UTH Radom, Politechnika Warszawska

Modernizacja taboru kolejowego z wykorzystaniem badań naukowych

Dyskusja, która prowadzona jest od co najmniej kilkunastu lat, na temat modernizacji taboru szynowego, w tym taboru kolejowego także, uwzględnia wiele aspektów w wymiarze technicznym, ekonomicznym i społecznym. Jest jeszcze jeden aspekt, do tej pory nie brany obecnie pod uwagę przy rozważaniach dotyczących modernizacji taboru szynowego, mianowicie udział w pracach modernizacyjnych albo brak tego udziału, prac badawczych na etapie przygotowania koncepcji modernizacji a później jej realizacji. Prowadzenie prac w zakresie modernizacji pojazdów szynowych, raczej nie wymaga obecnie znacznego zaangażowania wyrafinowanych metod badawczych. W związku z tym nie jest też wymagane znaczące finansowanie prac badawczo-rozwojowych w tego typu pracach, czyli „wielkiej nauki” raczej prowadzić się nie da, tak jak by można to było robić w przypadku budowy nowego typu pojazdu szynowego, uwzględniając istniejące w tym obszarze światowe trendy. Oczywiście mam na myśli warunki panujące w Polsce. Problem ten niewątpliwie jest interesujący nie tylko dla środowiska, które reprezentuję. Ale zanim rozwinę ten wątek postaram się odnieść do problematyki modernizacji taboru kolejowego, mając na uwadze wymienione na początku uwarunkowania techniczne, ekonomiczne i społeczne.

Średni wiek taboru szynowego, w tym taboru kolejowego, jak można odczytać z wielu raportów i opracowań, dla niektórych typów pojazdów przekroczył 40 lat (lokomotywy spalinowe). W przypadku taboru kolejowego przewoźników pasażerskich podstawowe dane dotyczące ilostanu i średniego wieku kształtują się następująco (stan w 2019 roku) [1]:

- Lokomotywy elektryczne
 - liczba pojazdów znajdujących się w dyspozycji przewoźników – 313 egzemplarzy
 - średni wiek pojazdów – 35,24 lat
- Lokomotywy spalinowe
 - liczba pojazdów znajdujących się w dyspozycji przewoźników – 108 egzemplarzy
 - średni wiek pojazdów – 42,35 lat
- Wagony z miejscami do siedzenia
 - liczba pojazdów znajdujących się w dyspozycji przewoźników – 1940 egzemplarzy
 - średni wiek pojazdów – 29,8 lat
- Wagony z miejscami do leżenia
 - liczba pojazdów znajdujących się w dyspozycji przewoźników – 188 egzemplarzy
 - średni wiek pojazdów – 35,9 lat
- Elektryczne zespoły trakcyjne/elektryczne wagony silnikowe
 - liczba pojazdów znajdujących się w dyspozycji przewoźników – 1192 egzemplarzy

- średni wiek pojazdów – 24,85 lat
- Spalinowe zespoły trakcyjne/spalinowe wagony silnikowe
 - liczba pojazdów znajdujących się w dyspozycji przewoźników – 196 egzemplarzy
 - średni wiek pojazdów – 12,53 lat

Najgorzej jest z w przypadku lokomotyw i wagonów z miejscami do siedzenia (wagony z miejscami do leżenia odgrywają marginalną rolę w przewozach pasażerskich), natomiast dobra sytuacja jest w przypadku spalinowych i elektrycznych zespołów trakcyjnych. Należy w tym przypadku zaznaczyć, że rozwój technologii pozytywnie wpłynął na zastosowanie nowych, innowacyjnych rozwiązań w przypadku produkcji nowych elektrycznych i spalinowych zespołów trakcyjnych, co przeniosło się również na poziom modernizacji jednostek starego typu.

Przy czym należy zaznaczyć, że ta sytuacja dotyczy zarówno taboru do przewozów towarów jak i pasażerów nie tylko w komunikacji kolejowej, ale również, choć w mniejszym stopniu, w miejskich przewozach tramwajowych. Mając na uwadze ilość taboru kolejowego do realizacji przewozów pasażerskich (wagony pasażerskie), rozważania moje dotyczyć będą taboru, który odgrywa podstawową rolę w przewozach będąc jednostką napędową, czyli lokomotyw elektrycznych.

Podstawowym pytaniem jest: modernizować czy kupować nowe pojazdy?

W każdej opcji są głosy za i przeciw. Postaram się najpierw wymienić powody przemawiające za zakupem nowych pojazdów:

1. pojawiły się i nadal istnieją możliwości finansowe (dotacje unijne) pozwalające na zakupy nowego taboru,
2. zakup nowego taboru obarczony jest mniejszym ryzykiem finansowym niż modernizacja taboru,
3. dotychczasowy tabor będący w eksploatacji to w większości przypadków konstrukcje z lat 60 – tych ubiegłego wieku, a więc moralnie i technicznie zestarzałe, mając na uwadze: rozwiązania konstrukcyjne, stan materiałów użytych pół wieku temu do produkcji, stan podstawowych zespołów (ramy wózków, pudła, osie zestawów, koła zestawów, układy napędowe i inne podzespoły) oraz zużycie w wyniku eksploatacji,
4. okres eksploatacji nowego pojazdu, np. lokomotywy, to 35 – 40 lat. Natomiast pojazd zmodernizowany to czas eksploatacji 15 - 20 lat oraz większe koszty eksploatacji,
5. aktualne wymogi w zakresie bezpieczeństwa, komfortu jazdy czy kosztów eksploatacji nie mogą być w pełni spełnione, z przyczyn oczywistych, w przypadku pojazdów poddanych procesowi modernizacji,
6. polscy producenci, jak pokazują wystawiane ostatnio produkty na targach w Berlinie (2014,2016, 2018 rok) czy targach w Gdańsku (2015, 2017, 2019 rok), swoją ofertą w zakresie nowego taboru szynowego nie odbiegają od takich uznanych koncernów jak Bombardier, Alstom, Simens czy Stadler.
7. wizerunek polskich operatorów i przewoźników jest inaczej postrzegany, jeśli dysponują oni pojazdami nowymi niż w przypadku wykorzystania pojazdów zmodernizowanych.
8. mimo, że w ostatnim dziesięcioleciu wykonano szereg modernizacji różnych typów pojazdów szynowych to aktualnie pojawiła się szansa, aby w nadchodzącym okresie 10 – 15 lat w sposób istotny odnowić stan taboru szynowego w Polsce, dokonując zakupu

nowych pojazdów a nie finansować modernizację pojazdów o rodowodzie 50 letnim nawet jeśli w międzyczasie podlegały już one różnym udoskonaleniom czy wręcz modernizacjom.

Natomiast podstawowymi przesłankami przemawiającymi za modernizacją w polskich warunkach są:

1. koszty modernizacji są niższe w stosunku do zakupu nowego pojazdu, podobnego typu,
2. krótszy okres oczekiwania na zmodernizowane pojazdy, od momentu podpisania umowy do czasu dostarczenia pojazdów oraz prostsze formalności,
3. możliwość ulokowania zamówienia w zakładach na terenie Polski, co stwarza dodatkową możliwość wykorzystania potencjału zakładów nie mających możliwości w zakresie konstrukcji i budowy nowych pojazdów oraz lokalnego rynku pracy,
4. operatorzy, realizujący przewozy kolejowe, nie dysponują aż takimi funduszami, aby można było oprzeć strategię odnowy taboru kolejowego tylko i wyłącznie na zakupach nowego taboru,
5. zmodernizowany tabor niewątpliwie poprawi standard podróżowania co spowoduje dalsze zainteresowanie koleją w Polsce. Wpływ na odciążenie polskich dróg i poprawę bezpieczeństwa w ruchu drogowym niewątpliwym.

Konkretnym przykładem, który chcę omówić, jest modernizacja lokomotywy EU07.

W latach pięćdziesiątych Polskie Koleje Państwowe dążąc do wprowadzenia trakcji elektrycznej w ruchu dalekobieżnym, z uwagi na brak taboru elektrycznego polskiej produkcji, podpisały w 1962 roku z firmą brytyjską English Electric kontrakt na dostawę 20 lokomotyw oznaczonych na PKP serią EU06 wraz z dokumentacją techniczną pojazdu i licencją która pozwalała na produkcję elektrowozu w kraju. Produkcję rozpoczęto w 1965 roku, a nową serię oznaczono EU07. Jak można wywnioskować lokomotywa EU06 to konstrukcja z początku lat 50 – tych ubiegłego stulecia. Produkcja tych lokomotyw rozpoczęła się w 1963 roku w Pafawagu Wrocław z fabrycznym oznaczeniem 4E. Lokomotywy te były prawie identyczne z lokomotywami EU06 (produkcji angielskiej). Dokonano niewielu ulepszeń w stosunku do pojazdu EU06. Produkcja tego pojazdu trwała do roku 1974. Wyprodukowano łącznie 240 sztuk tych elektrowozów.

W roku 1983 podjęto ponownie produkcję lokomotyw EU07, tym razem w zakładach im. Hipolita Cegielskiego w Poznaniu. Nowy typ EU07 został skonstruowany na podstawie dwuczłonowej lokomotywy ET41 (typ 203E), która wywodziła się z typu 4E. W nowej lokomotywie EU07 pojawiło się wiele modyfikacji i nadano jej nowe fabryczne oznaczenie – 303E. Lokomotyw tego typu wykonano łącznie 243. Produkcję seryjną kontynuowano aż do roku 1992. W modelu 303E nie usunięto paru względnie przestarzałych już wtedy rozwiązań, polegających na osadzeniu pudła na ramie za pomocą belki bujawkowej, przy której wózki elektrowozu są sztywno osadzone w ramie oraz zastosowaniu rozruchu oporowego. Zastąpiono natomiast dotychczasowe pudła samonośne pudłami z ostojnicą i bocznymi ścianami ryflowanymi, zamontowano również większe zgarniacze pod czołownicą. Nowe EU07 zostały ponadto przystosowane do zabudowania sprzęgu samoczynnego.

Podstawowe parametry techniczne przedstawiono poniżej:

Typ silników trakcyjnych	EE541A, przeniesienie napędu typu Alsthom
Moc ciągła	2000 kW
Moc godzinna	2080 kW
Napięcie zasilania	3 kV, prąd stały
Maksymalna siła pociągowa	280 kN
Stosunek przekładni	79:18
Prędkość konstrukcyjna	125 km/h
Nacisk osi na szyny	20 t (196 kN) (4E) 20.85 t (204 kN) (303E)
System hamulca	Oerlikon

Zwraca uwagę *Prędkość konstrukcyjna – 125 km/h*. Wartość tego parametru nie uległa zmianie praktycznie do 2011 roku, kiedy to rozpoczęto w grudniu 2011 próby eksploatacyjne lokomotywy EU07A. EU07A to lokomotywa typu 4E/303E serii EU07 zmodernizowana przez Instytut Pojazdów Szynowych "TABOR" wspólnie z ZNTK Oleśnica S.A. Projekt zrealizowano w oparciu o dofinansowanie przyznane przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego decyzją nr 04490/C.ZR6-6/2009.

Lokomotywa została przewidziana do prowadzenia pociągów w ruchu pasażerskim i towarowym. Posiada moc znamionową 3200 kW, została zaprojektowana na osiągnięcie maksymalnej prędkość eksploatacyjną 160 km/h. Do napędu zastosowano silniki asynchroniczne o mocy 800 kW (EMIT S.A.). Silniki zasilane z falowników IGBT (MEDCOM) umożliwiają rozruch, jazdę z zadaną siłą trakcyjną, wybieg oraz hamowanie lokomotywy. Z dostępnych informacji prasowych można było wyczytać, że w ruchu eksploatacyjnym lokomotywa ta nie przekracza prędkości 140 km/h.

Założone główne cele modernizacji lokomotywy (zgodnie z wnioskiem o dofinansowanie) to:

- a) umożliwienie prowadzenie pociągów ekspresowych z prędkością 160 km/h,
- b) obniżenie kosztów eksploatacji pojazdu z uwagi na mniejszy nakład środków na utrzymanie pojazdu, podwyższone parametry niezawodności oraz wydłużone parametry cyklu przeglądowo – naprawczego,
- c) zwiększenie komfortu pracy i ergonomii obsługi trakcyjnej,
- d) poprawa estetyki zewnętrznej i wewnętrznej,
- e) obniżenie poziomu emitowanego hałasu.

Podstawowym założeniem modernizacji pojazdu szynowego (wagon, lokomotywa, pojazd tramwajowy) jest utrzymanie niezmiennych konstrukcji podstawowych podzespołów modernizowanego pojazdu. Takimi podstawowymi podzespołami każdego pojazdu szynowego są: zestawy kołowe, wózek (rama wózka) i pudło. Podzespoły te zostały zaprojektowane dla prędkości 125 km/h, zakładając odpowiednie siły działające na ramę wózka, zestaw kołowy i pudło, takie jak występują dla maksymalnej prędkości 125 km/h. W

podzespołach tych, w czasie eksploatacji kumulują się naprężenia, które oddziałują zmęczeniowo na elementy tych podzespołów. Pojawia się zatem pytanie o dalszą wytrzymałość zmęczeniową elementów tych podzespołów podczas eksploatacji dla prędkości 160 km/h. A z tym pytaniem związany jest problem bezpieczeństwa jazdy (pasażerów i obsługi). Należy przy tym wspomnieć, że badania w tym przypadku powinny być prowadzone także dla prędkości 180 km/h.

Jak można było dowiedzieć się z informacji prasowych, lokomotywa ta podczas prób osiągnęła prędkość 192 km/h. Finalnie, ZNTK w Oleśnicy zmodernizowały a PKP Intercity wprowadziła do eksploatacji 3 egzemplarze lokomotywy EU07A w okresie 2011 - 2014 r.

Sprawa modernizacji tej lokomotywy wróciła w 2017 roku, kiedy to PKP Intercity ogłosiło w lutym przetarg na modernizację 20 lokomotyw serii EP/EU07 z podstawowym założeniem podniesieniem ich prędkości do 160 km/h, przeznaczając na ten cel 127,9 mln złotych. Po 28 miesiącach postępowania przetarg unieważniono w czerwcu 2019 roku by powrócić ponownie do sprawy w 2020 roku. W wyniku prowadzonych negocjacji 22.09.2020 firma Olkol (ZNTK Oleśnica) podpisała z PKP Intercity umowę na modernizację 20 lokomotyw EP/EU07 za kwotę 199,26 mln zł brutto.

Opisałem sprawę w miarę szczegółowo, aby pokazać, że problem modernizacji taboru kolejowego nie jest ani prostym, ani tanim przedsięwzięciem. O wynikach modernizacji będzie można się przekonać za rok, kiedy to pierwsze zmodernizowane lokomotywy rozpoczną normalną eksploatację. Nie znany jest zakres modernizacji, ale jeśli zamawiający zgodził się na kwotę przewyższającą o 50% kwotę wyjściową, to można się spodziewać, że modernizacja zostanie przeprowadzona od początku zgodnie z zasadami opisanymi już dawno w literaturze przedmiotu, np. w [3]. Od pierwszej modernizacji lokomotywy EU07, w 2011 roku, minęło już prawie 10 lat a w tym czasie lokomotywy te albo stały na bocznicach albo były eksploatowane, uczestnicząc w pracy przewozowej. W jednym i w drugim przypadku należałoby na początku rozpoczęcia tego projektu zaplanować i wykonać szereg prac badawczych, takich jak:

- badania lustracyjne i oględziny (diagnostyka organoleptyczna) w celu jakościowego określenia stanu lokomotyw i wyboru egzemplarzy lokomotyw zdalnych do modernizacji,
- badania wytrzymałościowe próbek materiału podzespołów szczególnie narażonych, w trakcie eksploatacji, na oddziaływania sił pochodzących od toru i dołączonych wagonów,
- badania metalograficzne dla wybranych podzespołów lokomotywy, np. pudła,
- badania wibroakustyczne.

W celu oceny własności wytrzymałościowych starej ramy nadwozia należałoby zbudować model ramy, wykorzystując np. metodę elementów skończonych a następnie przeprowadzić analizy pola naprężeń i odkształceń, zakładając warunki występujące podczas eksploatacji. Wyniki analiz pozwoliły by na identyfikację miejsc w których występują nadmierne naprężenia i pobranie próbki materiałowej do badań metalograficznych oraz wytrzymałościowych. Natomiast badania wibroakustyczne pozwoliły by na otrzymanie materiału badawczego do późniejszych, po wykonaniu modernizacji, porównań. Badania te swoim zakresem powinny obejmować, np.:

- pomiar poziomu hałasu w kabinie motorniczego
- pomiar poziomu hałasu na zewnątrz lokomotywy, w czasie postoju
- pomiar poziomu hałasu na zewnątrz pojazdu, podczas jazdy
- pomiar drgań oddziałujących na maszynistę w kabinie

Analiza otrzymanych wyników pozwoliłaby na podjęcie decyzji odnośnie wyboru lokomotywy do modernizacji, mając na uwadze rok produkcji, spełnianie przyjętych kryteriów oraz ocenę proponowanych zmian modernizacyjnych.

Po wykonaniu modernizacji, należy wykonać badania na zmodernizowanej lokomotywie w celu sprawdzenia i zweryfikowania zgodności wykonanego po modernizacji pojazdu i jego własności, z założeniami. Na tym etapie, jeśli zachodzi taka konieczność, wykonuje się także badania mające na celu homologację pojazdu, czyli ponowne dopuszczenie do eksploatacji. Wykonanie, opisanych wyżej badań i analiz na pewno umożliwiło by zarówno wykonawcy modernizacji jak i zamawiającemu pełną ocenę w zakresie spełnienia warunków dotyczących bezpiecznej i niezawodnej, w przyszłości, eksploatacji zmodernizowanych lokomotyw.

Metodyka badań, które należałoby prowadzić w przypadku takiej modernizacji jest znana co najmniej od dwudziestu lat i została w tym okresie wielokrotnie przetestowana i wzbogacona o najnowsze metody analiz symulacyjnych i badań eksperymentalnych. Koszt takich badań, w porównaniu z całkowitym kosztem projektu jest niewielki. Ponadto modernizacje prowadzone w sposób opisany wyżej, poprawiłyby wizerunek firmy i nie tylko jej kondycję finansową, ale również kondycję finansową uczelni i ośrodków badawczych posiadających merytoryczny potencjał zdolny do profesjonalnego wykonania badań w takim projekcie, w sposób kompleksowy.

Literatura

1. Sprawozdanie z funkcjonowania rynku kolejowego w 2019 r. Urząd Transportu Kolejowego, Warszawa 2020
2. I. Góra, Potencjał taborowy. Trendy i prognozy. Rytm styczeń 2020
3. A. Chudzikiewicz, T. Uhl,; Badania w procesie modernizacji pojazdów szynowych Międzynarodowa Konferencja Naukowa, Transport XXI Wieku, Warszawa, wrzesień, 2004, pp.73-83