

MAREK BABEL*, BARTOSZ SZACHNIEWICZ**

STUDIUM TECHNICZNE – MODERNIZACJA SPALINOWEJ LOKOMOTYWY MANEWROWEJ SERII SM31

MODERNIZATION OF LOCOMOTIVE CLASS SM31 – TECHNICAL STUDY

Streszczenie

W artykule przedstawiono propozycje modernizacji lokomotywy spalinowej manewrowej serii SM31. Na podstawie oceny dotychczasowych wskaźników eksploatacyjnych lokomotywy SM31 wskazano grupę urządzeń, które będą wymieniane na nowe. Dokonano wyboru silnika spalinowego, zaprezentowano możliwe do zastosowania warianty agregatu prądotwórczego oraz wskazano nowe urządzenia pomocnicze. Zaproponowano rozmieszczenie zespołów i urządzeń na ostoi pojazdu, przedstawiono parametry zmodernizowanej lokomotywy oraz nową charakterystykę trakcyjną.

Słowa kluczowe: modernizacja lokomotyw SM31

Abstract

This paper presents proposal of the modernization of the shunting locomotive class SM31. Based on the previous performance indicators mentioned a group of devices that will be replaced by new ones. The authors selected a new diesel engine, presented three variants of diesel generator set and indicated a new auxiliary equipment. Proposed location of new devices on the vehicle, presented parameters and traction characteristics of a modernized locomotive class SM31.

Keywords: modernization of locomotive class SM31

* Dr inż. Marek Babel, mgr inż. Bartosz Szachniewicz, Instytut Pojazdów Szynowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Produkcja lokomotyw serii SM31 była odpowiedzią na stale rosnące zapotrzebowanie krajowego przewoźnika PKP oraz zakładów przemysłowych na lokomotywy do wykonywania ciężkich prac manewrowo-wywozowych. Lokomotywa ta jest konstrukcją polską, produkowaną seryjnie w latach 1976–1985 przez pierwszą fabrykę lokomotyw w Polsce „Fablok” w Chrzanowie.

Lokomotywa SM31 jest pojazdem sześciosiowym, który umożliwia wykonywanie ciężkich prac manewrowych na stacjach i górkach rozrządowych oraz prowadzenie ciężkich pociągów towarowych. Pojazd ten wyposażony został w silnik spalinowy o mocy 880 kW oraz przekładnię elektryczną w wariancie DC/DC. Ze względu na przeznaczenie lokomotywy zabudowano w niej jedną kabinę maszynisty – umieszczoną w środkowej części ostoi. Nadwozie oparte zostało na dwóch wózkach o układzie osi C’o C’o. Przedmiotowe lokomotywy produkowane były zgodnie z technologią i rozwiązaniami konstrukcyjnymi z początku lat 70. XX wieku. Analiza wyników i wskaźników dotychczasowej eksploatacji tych lokomotyw [1, 2] przemawia za koniecznością ich modernizacji.

Niniejszy artykuł stanowi propozycję modernizacji lokomotywy serii SM31, w trakcie której prace obejmą przede wszystkim wymianę agregatu prądowórczego oraz urządzeń pomocniczych. Zmianom konstrukcyjnym poddano także kabinę maszynisty oraz przedziały maszynowe. Zakres przedmiotowej modernizacji przedstawiono poniżej.

2. Założenia przyjęte do modernizacji lokomotywy SM31

Podstawą do dalszej pracy, związanej z modernizacją lokomotywy SM31, jest przyjęcie ogólnych kryteriów określających zakres modernizacji, parametry pojazdu, wytyczne dotyczące nowych podzespołów, maksymalny koszt modernizacji itp.

Zakres modernizacji lokomotywy zaproponowano w aspekcie spełnienia wymogów następujących czynników:

- zwiększenie niezawodności pojazdu w eksploatacji,
- zwiększenie współczynnika gotowości technicznej lokomotywy,
- wyeliminowanie napraw nieplanowych,
- wydłużenie okresów między kolejnymi obsługami i naprawami,
- wykorzystanie pełnej mocy elektrycznych silników trakcyjnych,
- poprawienie oddziaływania lokomotywy na środowisko naturalne,
- polepszenie komfortu pracy obsługi pojazdu w kabinie maszynisty,
- polepszenie widoczności z kabiny maszynisty – obniżenie wysokości przedziału maszynowego,
- przeprowadzenie naprawy głównej wózków napędnych, ostoi oraz silników trakcyjnych zgodnie z Warunkami Technicznymi Wykonania i Odbioru,
- zastosowanie, w miarę możliwości, zespołów i urządzeń produkcji krajowej.

Przekładnia elektryczna zmodernizowanych lokomotyw serii SM31 powinna być wykonana w wariancie prąd przemienny/prąd stały, a napęd wszystkich urządzeń pomocniczych realizowany za pomocą elektrycznych silników asynchronicznych.

3. Propozycje urządzeń i zespołów do wymiany w trakcie modernizacji

Przeprowadzona przez autorów analiza wskaźników eksploatacyjnych pojazdu pozwoliła wytypować grupę urządzeń/zespołów, które w znaczący sposób wpływają na niski współczynnik gotowości technicznej lokomotywy SM31 w eksploatacji. Zespoły te w trakcie modernizacji powinny zostać poddane wymianie, gdyż ich eksploatacja przyczynia się do wzrostu nakładów finansowych na nieplanowe przeglądy i naprawy. Jeżeli dodatkowo uwzględnić fakt braku obecnie na rynku producentów wielu z tych zespołów i komponentów, to modernizacja jest jedyną drogą do pozyskania nowoczesnego pojazdu trakcyjnego.

Ostatecznie do wymiany wytypowano następujące urządzenia/zespoły:

- agregat prądotwórczy z silnikiem spalinowym a8C22W,
- agregat sprężarkowy,
- agregat chłodniczy silnika spalinowego wraz z napędem wentylatora,
- silniki elektryczne prądu stałego do napędu urządzeń pomocniczych.

4. Modernizacja lokomotywy SM31

Modernizacja lokomotywy SM31 powinna uwzględniać maksymalne wykorzystanie mocy istniejących silników trakcyjnych LSm-430. Dzięki temu lokomotywa będzie mogła być wykorzystywana zarówno do ciężkich prac manewrowych na stacjach towarowych i górkach rozrządowych, jak i do prowadzenia pociągów zbiorczych o ciężarze 20 000 kN.

Z analizy bilansu mocy wynika, że na cele trakcyjne lokomotywy SM31 można przeznaczyć około 1000 kW, co odpowiada mocy prądnicy głównej około 1250 kW (po stronie prądu stałego). Jest to wielkość mocy, która może być realizowana przez obecne silniki trakcyjne LSm-430. Analiza bilansu mocy na napęd urządzeń pomocniczych lokomotywy po modernizacji wykazała zapotrzebowanie na poziomie 110 kW. Wynika stąd, że moc znamionowa silnika spalinowego powinna wynosić około 1400 kW.

Zespół prądnic synchronicznych – prądnica główna i prądnica pomocnicza – powinien być produkowany przez przemysł krajowy na podstawie doświadczeń uzyskanych z eksploatacji maszyn elektrycznych na zmodernizowanych lokomotywach spalinowych serii 6Dg oraz 15D.

4.1. Silnik spalinowy

Przy wyborze silnika spalinowego uwzględniono następujące czynniki:

- moc znamionowa/obrotów znamionowe – 1400 kW/1800 obr./min,
- wymiary gabarytowe pozwalające na zabudowę silnika na ostoju z możliwością obniżenia wysokości przedziału maszynowego,
- zastosowanie nowoczesnych rozwiązań w konstrukcji zespołów i podzespołów silnika,
- spełnienie norm emisji spalin wg dyrektywy EU,
- cenę i warunki zakupu wraz z kosztami utrzymania w eksploatacji,
- resurs naprawczy,
- doświadczenie producenta w zakresie stosowania tego typu silnika na lokomotywach spalinowych,
- obecność na polskim rynku sieci obsługi serwisowej oraz dostępu do części zamiennych,

– przeszkolenie personelu obsługowego użytkownika w zakresie wykonywania przeglądów oraz późniejszych napraw silnika w kraju.

Na podstawie tych kryteriów autorzy dokonali analizy możliwości zastosowania następujących silników spalinowych: firmy MTU – seria 4000 oraz Caterpillar – seria 3512C. Brano pod uwagę seryjne produkowane wersje wyżej wymienionych silników. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe dane techniczne ww. silników.

Tabela 1

Podstawowe dane techniczne silników spalinowych CATERPILLAR 3512C oraz MTU 12V 4000 R43

Parametr	Silnik 3512C	Silnik 12V 4000 R43
Moc nominalna	1500 kW	1500 kW
Obroty nominalne	1800 obr./min	1800 obr./min
Liczba cylindrów	12	12
Średnica tłoka/skok tłoka	170/215 mm	170/210 mm
Pojemność skokowa silnika	59 dm ³	57,2 dm ³
Jednostkowe zużycie paliwa przy mocy znamionowej	212 g/kWh	207 g/kWh
Długość całkowita silnika	3031 mm	2655 mm
Szerokość całkowita silnika	1726 mm	1565 mm
Wysokość całkowita silnika	1960 mm	1970 mm
Masa silnika suchego	6863 kg	6600 kg

W wyniku przeprowadzonej analizy autorzy do dalszych przyjęli analiz zastosowanie na modernizowanej lokomotywie SM31 silnika Caterpillar 3512C.

Ze względu na duże podobieństwo konstrukcyjne lokomotyw serii SM31, SM48 i S200 dalszą analizę zakresu modernizacji lokomotyw serii SM31 prowadzono z uwzględnieniem możliwości zbudowania uniwersalnego zespołu napędowego wraz z agregatem chłodniczym do wszystkich ww. serii lokomotyw.

4.1.1. Agregat prądowórczy – wariant I

W pierwszym wariantcie agregat prądowórczy składa się z silnika spalinowego 3512C i zespołu prądnic trakcyjnych produkcji Emit Żychlin – GLp500L4 (prądnica główna) oraz Ghp315M4K (prądnica pomocnicza). Są to maszyny synchroniczne o mocy 1400 kW (GLp500L4) oraz 100 kW (Ghp315M4K). Wariant takiego agregatu prądowórczego zastosowano na zmodernizowanej lokomotywie spalinowej serii 15D [3].

Zespół prądnic synchronicznych wykonano w postaci dwóch odrębnych maszyn elektrycznych – prądnica pomocnicza Ghp315M4K zabudowana jest nad prądnicą główną GLp500L4, napęd prądnicy pomocniczej realizowany jest z wału prądnicy głównej poprzez przekładnię pasową. Konstrukcja takiego wariantu agregatu odznacza się stosunkowo dużą wysokością, co w znaczny sposób ograniczy możliwość obniżenia przedziału maszynowego i ilość miejsca pod zabudowę tłumika wylotu spalin. Efektem tego będą trudności z zabudową tłumika o właściwej pojemności, co przełoży się na niedotrzymanie

wymaganej przez producenta silnika wielkości przeciwcisnienia na wylocie spalin z silnika spalinowego. Nadmienić należy ponadto, że w omawianym układzie zespołu prądnic (z prądnicą pomocniczą o mocy około 110 kW po stronie prądu stałego) będą występować wymierne straty mocy związane z zastosowaniem przekładni pasowej.

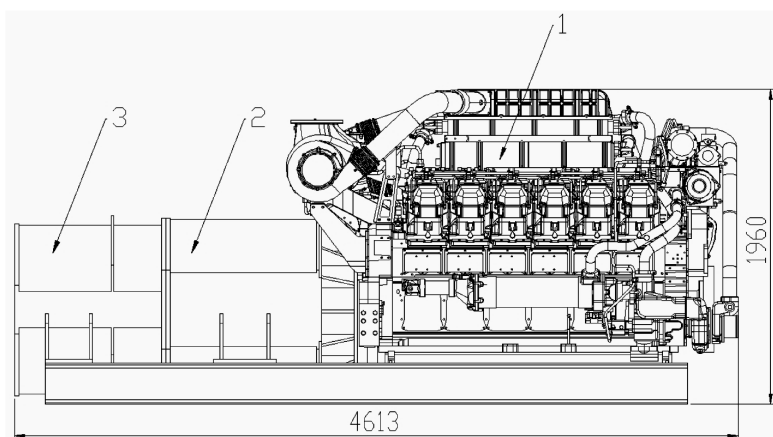
4.1.2. Agregat prądotwórczy – wariant II

Drugi wariant wykonania agregatu prądotwórczego do modernizacji lokomotywy SM31 zakłada wykorzystanie zespołu trakcyjnych prądnic synchronicznych GST-F 990×400/8 i GSTA 650×146/8 produkcji rumuńskiej. Prądnica główna posiada moc około 1300 kW, a pomocnicza 90 kW. Omawiany zespół prądnic zabudowano na zmodernizowanej w kraju lokomotywie spalinowej serii SM48 [4]. Zespół prądnic synchronicznych – prądnica główna, pomocnicza i wzbudnica – wykonane są konstrukcyjnie na jednym wale we wspólnym kadłubie (stojanie), czego rezultatem jest stosunkowo niewielka wysokość zespołu.

Uwzględniając przedstawione powyżej założenia do modernizacji lokomotyw serii SM31, wyniki analizy bilansu mocy oraz możliwość budowy uniwersalnego zespołu napędowego do kilku serii lokomotyw, niniejszy wariant agregatu prądotwórczego należy wg autorów rozpatrywać jako opcja w przypadku modernizacji pojedynczych sztuk lokomotyw.

4.1.3. Agregat prądotwórczy – wariant III

W wyniku przeprowadzonej analizy autorzy proponują zastosować do modernizacji lokomotyw serii SM31 zespół prądnic synchronicznych wykonanych w postaci dwóch oddzielnych maszyn elektrycznych połączonych kołnierzowo we wspólnej linii ich wałów. Producentem proponowanego zespołu prądnic może być Emit Żychlin wykorzystujący dotychczasowe doświadczenia w produkcji prądnic trakcyjnych do modernizacji lokomotyw serii 6Dg, 15D i ST43. Moc znamionowa prądnicy głównej będzie wynosić około 1250 kW, a prądnicy pomocniczej 110 kW (po stronie prądu stałego). Na rysunku 1 przedstawiono widok proponowanego do zastosowania agregatu prądotwórczego. Wymiary gabarytowe ww.



Rys. 1. Widok agregatu prądotwórczego: 1 – silnik spalinowy CAT 3512C, 2 – prądnica główna, 3 – prądnica pomocnicza

Fig. 1. The view of diesel generator set: 1 – diesel engine CAT 3512C, 2, 3 – generator set

agregatu pozwolą na znaczne obniżenie w trakcie modernizacji wysokości przedziałów maszynowych oraz zabudowę układu wylotu spalin o dopuszczalnej wielkości przeciwcisnienia spalin na wylocie z silnika spalinowego. Proponowany powyżej do wdrożenia na modernizowanej lokomotywie SM31 agregat prądowłórczy spełni wg autorów także wymagania dla zespołu napędowego do modernizacji lokomotyw serii SM48 i S200.

4.2. Opis zmodernizowanych zespołów i układów lokomotywy

4.2.1. Agregat chłodniczy

Przyjęcie założenia o wykorzystaniu pełnej mocy silników trakcyjnych wpłynie na niemal dwukrotny wzrost mocy silnika spalinowego. Spowoduje to zwiększenie ilości ciepła odprowadzanego przez silnik spalinowy do układu chłodzenia. W trakcie modernizacji należy zastosować nowy agregat chłodniczy. Na podstawie wstępnych obliczeń bilansu cieplnego silnika spalinowego zaproponowano rozwiązanie agregatu chłodniczego z radiatorami umieszczonymi w ścianach bocznych i dwoma niezależnie działającymi wentylatorami. Każdy wentylator napędzany będzie przez elektryczny silnik asynchroniczny zasilany napięciem 3×400 V AC. Regulacją obrotów wentylatora/(ów) w zależności od temperatury czynnika chłodzącego będzie sterował centralny sterownik lokomotywy.

4.2.2. Pozostałe urządzenia pomocnicze

W układzie pneumatycznym na modernizowanej lokomotywie SM31 zastosowany zostanie sprawdzony w eksploatacji agregat sprężarkowy ze sprężarką śrubową SK18. Napęd sprężarki realizowany jest za pomocą silnika asynchronicznego. Aparaty i urządzenia pneumatyczne układu hamulcowego zgrupowano na tablicy pneumatycznej.

Wymianie poddane zostaną również silniki elektryczne napędu wentylatorów silników trakcyjnych. W miejsce dotychczasowych maszyn prądu stałego zastosowano silniki asynchroniczne o parametrach dostosowanych do obrotów i zapotrzebowania mocy dotychczasowych wentylatorów.

4.2.3. Układ sterowania zespołami i całą lokomotywą

Układ sterowania na zmodernizowanej lokomotywie SM31 realizowany będzie za pośrednictwem sterownika mikroprocesorowego, który pełni następujące funkcje:

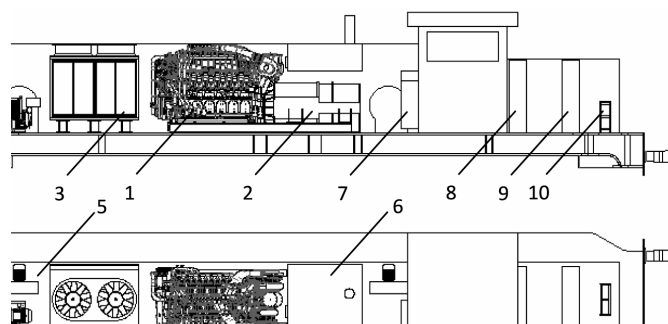
- współpracuje z elektronicznym regulatorem silnika spalinowego,
- reguluje wzbudzenie prądnicy głównej – steruje układem rozrządu lokomotywy w zależności od zadanych i aktualnych warunków eksploatacji,
- steruje pracą sprężarki powietrza,
- steruje układem silników trakcyjnych,
- automatycznie kontroluje i steruje likwidacją poślizgu kół,
- realizuje układy zabezpieczające lokomotywy, w tym silnika spalinowego.

Lokomotywa wyposażona zostanie w diagnostykę pokładową i stacjonarną, którą objęte są sterownik, silnik spalinowy z regulatorem oraz obwód główny lokomotywy.

Połączenie silników trakcyjnych na zmodernizowanej lokomotywie SM31 zaleca się wykonać w układzie szeregowo-równoległym wg schematu 3×2 . Zaproponowane rozwiązanie polepszy właściwości trakcyjne lokomotywy przy rozruchu bez zmiany maksymalnej prędkości lokomotywy.

4.2.4. Rozplanowanie urządzeń na lokomotywie SM31

Na rysunku 2 przedstawiono rozmieszczenia urządzeń i zespołów na zmodernizowanej lokomotywie SM31. W przedziale maszynowym nad wózkiem tylnym zabudowane zostaną szafy elektryczne wysokiego i niskiego napięcia oraz bateria akumulatorów. Przedział maszynowy nad wózkiem przednim podzielono na cztery kabiny, w których zabudowano poszczególne grupy urządzeń i zespołów. Patrząc od czoła lokomotywy, w pierwszej kabynie zlokalizowano sprężarkę powietrza, podgrzewacz płynu chłodzącego oraz wentylator silników trakcyjnych wózka przedniego wraz z silnikiem napędowym. W kolejnej kabynie zabudowano agregat chłodniczy silnika spalinowego oraz zbiornik główny powietrza. W następnej kabynie zabudowano zespół napędowy – agregat prądotwórczy wraz z układem wylotu spalin, tablicę pneumatyczną oraz wentylator silników trakcyjnych wózka tylnego. Zastosowanie nowego zespołu prądnic pozwoli na zabudowę nad nim układu wylotu spalin o wymaganych parametrach przeciwcisnienia na wylocie spalin. Przeanalizowano także możliwość zabudowy w układzie wylotowym (w razie konieczności) urządzeń oczyszczania spalin w celu spełnienia wymagań normy zadymienia spalin wg Stage IIIB. W nowej kabynie maszynisty zabudowano dwa pulpity maszynisty. Ogrzewanie kabiny – nawiewne, w części dachowej zlokalizowano klimatyzator.



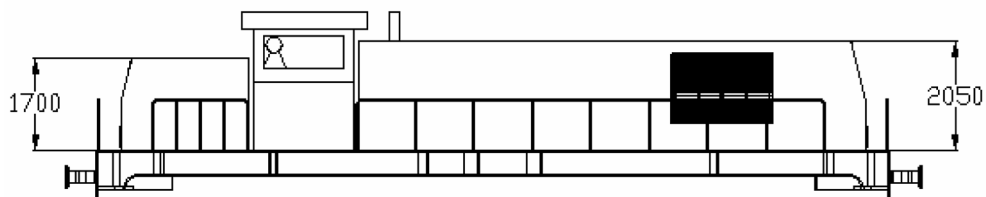
Rys. 2. Rozplanowanie głównych urządzeń na lokomotywie SM31: 1 – silnik spalinowy, 2 – zespół prądnic, 3 – agregat chłodniczy, 4 – sprężarka, 5 – wentylator silników trakcyjnych wraz z silnikiem, 6 – tłumik wylotu spalin, 7 – tablica pneumatyczna, 8 – szafa NN, 9 – szafa WN, 10 – bateria akumulatorów

Fig. 2. Arrangement the main units in the modernized locomotive class SM31

4.3. Dane ogólne i parametry lokomotywy serii SM31 po modernizacji

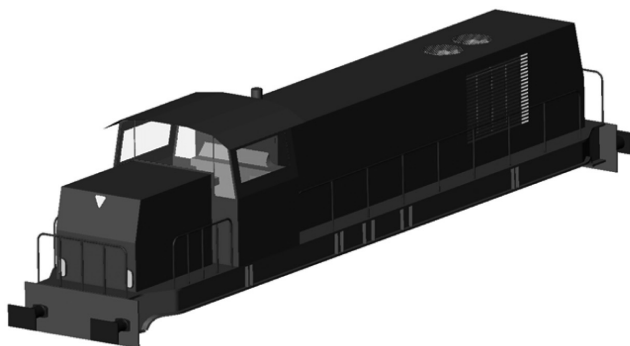
Ogólny widok nadwozia zmodernizowanej lokomotywy serii SM31 przedstawiono na rys. 3 oraz rys. 4. Podstawowe parametry pojazdu zestawiono w tabelicy 2.

W wyniku przeprowadzonej modernizacji zmianie ulegnie ogólny widok bryły lokomotywy. Wysokość przedniego przedziału maszynowego zostanie obniżona do 2050 mm nad płaszczyzną ostoi, a tylnego do 1700 mm. Konstrukcja ostoi (kratownica) uniemożliwia zabudowę zespołu napędowego poniżej jej poziomu. Pozwoli to zastosować w kabynie maszynisty szyby czołowe o zwiększonej powierzchni, co niewątpliwie poprawi widoczność ze stanowiska maszynisty oraz doświetlenie kabiny. Podczas jazdy lokomotywą do tyłu możliwa będzie obserwacja szlaku ponad dachem przedziału maszynowego.



Rys. 3. Widok bryły lokomotywy SM31 po modernizacji

Fig. 3. View of body modernized locomotive class SM31



Rys. 4. Widok izometryczny bryły lokomotywy SM31 po modernizacji

Fig. 4. Isometric view of body modernized locomotive class SM31

Tabela 2

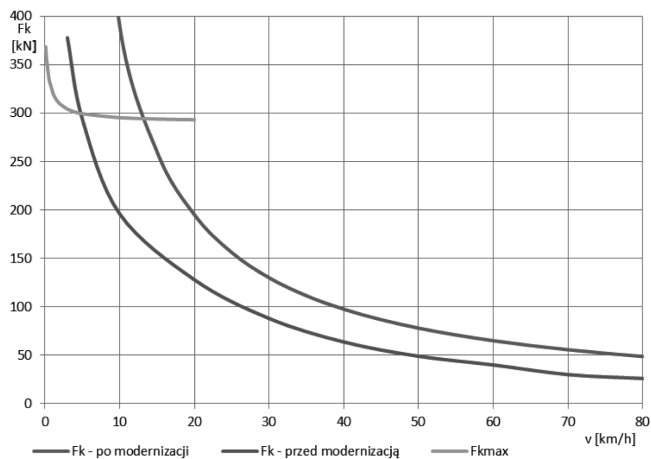
Podstawowe parametry lokomotywy SM31 po modernizacji

Parametr	Wartość
Szerokość toru	1435 [mm]
Układ osi	$C'_0C'_0$
Skrajnia lokomotywy	wg karty UIC 505
Moc silnika spalinowego	1500 [kW]
Rodzaj przekładni	AC-DC
Napięcie zasilania układów: – urządzeń pomocniczych – urządzeń sterujących	3×400V AC 24V DC
Nominalny nacisk zestawu na tor	195 [kN]
Masa lokomotywy	116,4 [t]
Prędkość maksymalna	80 [km/h]
Najmniejszy promień łuku	80 [m]
System hamulca	Oerlikon

5. Charakterystyka trakcyjna zmodernizowanej lokomotywy SM31

Jednym z rezultatów przeprowadzonej modernizacji lokomotywy spalinowej SM31 jest zdecydowana poprawa właściwości trakcyjnych pojazdu. Na skutek wykorzystania pełnej mocy silników trakcyjnych znacznie wzrosła siła pociągowa lokomotywy. Następstwem tego jest wzrost ciężaru doczepego zmodernizowanej lokomotywy SM31 dla porównywalnych prędkości ustalonych przed modernizacją i po modernizacji. Wpłynie to na wzrost wydajności pracy lokomotywy przy obsłudze pociągu.

Na rysunku 5 przedstawiono porównanie charakterystyk trakcyjnych lokomotywy SM31 przed modernizacją i po modernizacji.



Rys. 5. Porównanie charakterystyk trakcyjnych lokomotywy SM31 przed i po modernizacji

Fig. 5. Comparison of the traction characteristics of modernized and unmodernized locomotive class SM31

6. Wnioski

W niniejszym artykule zaprezentowano studium techniczne modernizacji lokomotywy spalinowej serii SM31. Przeprowadzona analiza własności eksploatacyjnych pojazdu wykazała konieczność zastąpienia przestarzałych i awaryjnych zespołów/urządzeń nowymi, niezawodnymi o niewielkich kosztach obsługowo-naprawczych. W wyniku przeprowadzonej analizy następujące urządzenia/zespoły z dotychczasowej lokomotywy SM31 zakwalifikowano do wymiany:

- agregat prądowłórczy z przekładnią typu DC/DC,
- agregat sprężarkowy,
- agregat chłodniczy wraz z mechanicznym napędem wentylatora,
- napędy urządzeń pomocniczych – silniki prądu stałego.

W trakcie modernizacji powyższe urządzenia/zespoły zastąpione zostaną przez:

- agregat prądowłórczy z przekładnią typu AC/DC składający się z silnika spalinowego firmy Caterpillar serii 3512C oraz zespołu nowych prądnic synchronicznych,
- prostownik główny z falownikami do napędu urządzeń pomocniczych,

- agregat sprężarkowy ze sprężarką śrubową SK18 z napędem od silnika asynchronicznego,
- agregat chłodniczy z wentylatorami napędzanymi silnikami asynchronicznymi,
- napędy urządzeń pomocniczych – zastosowano silniki asynchroniczne.

Zmodernizowana lokomotywa SM31 będzie posiadać cechy pojazdu nowego. Zakładany współczynnik gotowości technicznej lokomotywy powinien znajdować się na poziomie 0,96. Proponowane do zabudowy na lokomotywie nowe zespoły i urządzenia sprawdzone są w dotychczasowej eksploatacji na zmodernizowanych lokomotywach 6Dg w kraju oraz podobnych lokomotywach za granicą.

W wyniku zastosowania nowego zespołu napędowego i pełnego wykorzystania mocy silników trakcyjnych polepszą się właściwości trakcyjne lokomotywy. Zauważalny będzie znaczny wzrost siły pociągowej na obwodzie kół napędnych w całym zakresie prędkości jazdy. W eksploatacji przyczyni się to do zwiększenia ciężarów doczepnych dla porównywalnych ustalonych prędkości jazdy.

Zmiana konstrukcji kabiny maszynisty i przedziałów maszynowych wpłynie na zwiększenie widoczności ze stanowiska maszynisty oraz doświetlenia kabiny.

Znacznej poprawie ulegną warunki pracy drużyny trakcyjnej dzięki zastosowaniu nowoczesnych i ergonomicznych pulpity maszynisty, foteli, klimatyzacji i okien bocznych. Praktycznie całkowicie wyeliminowany zostanie problem drgań w kabinie maszynisty.

Dzięki zastosowaniu nowoczesnego silnika spalinowego, spełniającego wymogi dotyczące zanieczyszczenia spalin, znacznemu ograniczeniu ulegnie emisja szkodliwych substancji do otoczenia.

Proponowana konstrukcja zmodernizowanej lokomotywy SM31 wraz z jej nowymi zespołami i układami to pojazd trakcyjny, który będzie mógł być z powodzeniem eksploatowany przez następne 20 lat.

Literatura

- [1] Babeł M., *Warunki pracy, charakterystyka eksploatacyjna a niezawodność doładowanych trakcyjnych silników spalinowych*, Trakcja i Wagony, 9/90, WKŁ, Warszawa 1990.
- [2] Dudziński W., Marciniak J., Wolfram T., *Wyniki badań niezawodności silnika spalinowego a8C22W. Metoda badań i wytyczne poprawy trwałości silników spalinowych a8C22W lokomotyw SM31*, COBiRTK, Warszawa 1987.
- [3] Kowalski S., Szewczyk W., *Lokomotywy 15D/16D – propozycja Newag S.A. Nowy Sącz na modernizację lokomotyw TEM2 – SM48*, Tom 1, Materiały XIX Konferencji Naukowej „Pojazdy Szynowe”, Targanice 15–17.09.2010.
- [4] Marciniak Z., *Dotychczasowe projekty modernizacji lokomotyw spalinowych w Polsce*, Technika Transportu Szynowego, 9/2005, SITK, Łódź 2005.