

Nowe oraz zmodernizowane układy i zespoły w modernizowanej lokomotywie spalinowej typu 303D serii SU46

Artykuł jest poświęcony prezentacji nowych i zmodernizowanych układów i zespołów zastosowanych w modernizowanej lokomotywie spalinowej serii SU46 (303D) przeznaczonej docelowo do prowadzenia pociągów towarowych w ruchu transgranicznym pomiędzy Polską i Niemcami. W artykule przedstawiono główne parametry lokomotywy przed i po modernizacji oraz ogólne opisy nowych i zmodernizowanych układów i zespołów. Ponadto zaprezentowano zakres przewidywanych prób i badań (stacjonarnych, ruchowych, eksploatacyjnych) niezbędnych dla użytkowania przez lokomotywę świadectwa dopuszczenia do eksploatacji typu pojazdu kolejowego. Artykuł powstał w ramach realizowanego projektu celowego nr 6 ZR 2009C/07187 p. n. „Zmodernizowana lokomotywa spalinowa serii SU46 przystosowana do wymagań TSI obowiązujących w Unii Europejskiej” wykonywanego wspólnie przez Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu i Pojazdami Szynowymi „PESA” Bydgoszcz Spółka Akcyjna Holding.

1. Wstęp

Wymagania stawiane obecnie pojazdom trakcji spalinowej wymuszają na przewoźnikach państwowych (PKP Cargo, ICC, Przewozy Regionalne) oraz na prywatnych operatorach kolejowych i kolejach regionalnych pozyskiwanie nowych lokomotyw oraz modernizację posiadanego i eksploatowanego taboru.

Związane jest to przede wszystkim z ograniczeniami szkodliwego oddziaływania wykorzystanych silników spalinowych oraz zmniejszeniem jednostkowego zużycia oleju napędowego. W związku z tym, że wielu użytkowników nie stać na zakup nowoczesnych lokomotyw spalinowych za granicą, a polski przemysł produkujący takie lokomotywy w zasadzie nie istnieje, pozostaje realizacja procesu modernizacji lokomotyw będących w eksploatacji.

Należy również zaznaczyć, że proces modernizacji lokomotyw spalinowych wynika z następujących przesłanek [3]:

- nadszycie za postępującym rozwojem technicznym
- spełnienie wymagań rynkowych w zakresie utrzymania i eksploatacji
- równowaga pomiędzy poziomem technicznym lokomotyw posiadanych i nowych
- wyższe wymagania maszynistów i obsługi serwisowej w stosunku do lokomotyw starszych wiekiem.

Cele jakie stawia się w pracach projektowo-wdrożeniowych oczekiwane przez użytkowników w stosunku do modernizowanych lokomotyw spalinowych to [4]:

- zmniejszenie zużycia oleju napędowego i środków smarnych
- ograniczenie szkodliwego oddziaływania na środowisko naturalne w tym zmniejszenie emisji do atmosfery składników toksycznych spalin takich CO, HC, NO_x i cząstki stałe
- zmniejszenie wydzielania CO₂ do atmosfery
- zwiększenie przebiegów eksploatacyjnych pomiędzy wykonywanymi przeglądami i naprawami oraz przetoczeniami obrotów
- zastosowanie nowoczesnych i trwałych aparatów, urządzeń i elementów o wydłużonym czasie eksploatacji.

Ponadto w prowadzonych modernizacjach stawia się na ograniczenie emisji hałasu wewnętrznego i pola magnetycznego w kabinach sterowniczych oraz poprawę komfortu obsługi i bezpieczeństwa w kabinach w wyniku zastosowania nowoczesnych układów pulpitu-fotel, stosowania klimatyzacji oraz poprawę widoczności sygnałów ze stanowiska sterowniczego.

Od połowy lat 80-tych prowadzone były częściowe prace modernizacyjne a w zasadzie kosmetyczne, przy czym dokonywano również procesu „remotoryzacji” polegającego w zasadzie na wymianie przestarzałych silników spalinowych. Wśród typowych lokomotyw spalinowych przeznaczonych przede wszystkim do ruchu liniowego – prowadzenie pociągów towarowych – najważniejsze modernizacje to [1, 2, 3, 4, 5, 6]:

- modernizacja lokomotywy ST44 wykonana przez Bumar-Fablok Chrzanów na potrzeby

PKP LHS i Pol-Miedź-Trans

- modernizacja lokomotywy M62 wykonana przez Rail Polska – Włosienica na potrzeby własne
- modernizacja lokomotywy ST44 (311D) wykonana przez Newag – Nowy Sącz dla PKP LHS i DB-Schenker
- modernizacja lokomotywy ST44 wykonana przez PESA Bydgoszcz dla PKP Cargo, PKP LHS i Pol-Miedź-Trans.

W pierwszych trzech przypadkach moc lokomotywy została zwiększona o połowę, natomiast w czwartym przypadku wymieniony silnik na nowocześniejszy posiadał identyczną moc tak więc moc lokomotywy nie uległa zmianie.

Należy nadmienić, że modernizacji podlegały również spalinowe lokomotywy manewrowe które zostały wyposażane w dodatkowe układy i urządzenia gwarantujące pełne bezpieczeństwo podczas ruchu na torach Polskich Linii Kolejowych i były przeznaczone do prowadzenia pociągów pasażerskich i towarowych. W ostatnich dwóch latach poddano modernizacji pierwszą lokomotywę liniową produkcji polskiej – SU45 (przekształconą na ST45) – wykonaną przez IPS „Tabor” Poznań i Pesa Bydgoszcz [5, 6]. Dotychczas z przewidywanych 20 lokomotyw wykonano tylko cztery zmodernizowane lokomotywy eksploatowane z powodzeniem przez PKP Cargo. Obecnie Instytut Pojazdów Szynowych wspólnie z Pesa Bydgoszcz realizuje projekt modernizacyjny spalinowej lokomotywy typu 303D serii SU46.

Projekt lokomotywy zakłada zmianę przeznaczenia lokomotywy z uniwersalnej na towarową oraz przystosowanie jej do wymagań TSI (techniczna specyfikacja interoperacyjności) obowiązujących w Unii Europejskiej.

Lokomotywy typu 303D serii SU46 były produkowane w latach 1974-1977 przez Fabrykę W3 HCP Poznań (obecnie FPS). Była to pierwsza krajowa lokomotywa przystosowana do elektrycznego ogrzewania wagonów w systemie 3 kV, które zapewniała prądnicą prądu przemiennego o mocy 440 kW. Ogółem wyprodukowano 54 szt. lokomotyw, przy czym dwie ostatnie o nr 053 i 054 powstały dopiero w 1985 r. po zaprzestaniu produkcji w 1977 w wyniku poleceń politycznych.

Obecnie w eksploatacji w ruchu pasażerskim i towarowym znajduje się około 30 szt. lokomotyw serii SU46.

2. Parametry techniczne oraz charakterystyka trakcyjna lokomotywy

Modernizowana spalinowa lokomotywa serii SU46 (ST46) po rezygnacji z funkcji ogrzewania składu pociągu przeznaczona zostanie zasadniczo do prowadzenia pociągów towarowych z prędkościami do 100 km/h [7]. Oczekiwane przez przyszłego użytkownika

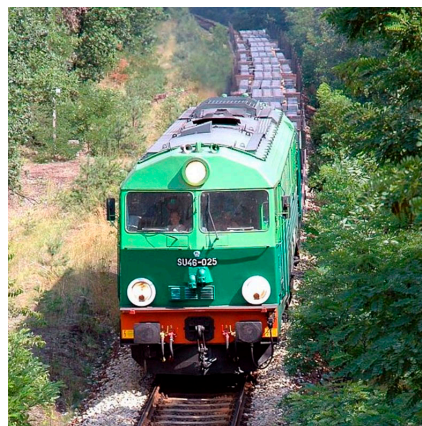
możliwości trakcyjne do spełnienia przez zmodernizowaną lokomotywę to [7]:

- prowadzenie pociągu pasażerskiego o masie 430 ton na pochyleniu 0 ‰ z prędkością 100 km/h
- prowadzenie pociągu towarowego o masie 1700 ton na pochyleniu 0 ‰ z prędkością 80 km/h
- prowadzenie pociągu towarowego o masie 1500 ton na pochyleniu 3 ‰ z prędkością 60 km/h
- ruszanie z pociągiem o masie brutto 1500 ton na pochyleniu 10 ‰

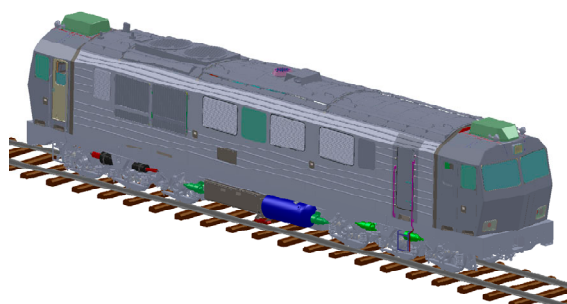
przy zachowaniu wartości oporów ruchu dla lokomotywy zmodernizowanej nie większych od oporów dla lokomotywy przed modernizacją.

Głównymi celami prowadzonej modernizacji oczekiwanymi przez przyszłego użytkownika będzie poprawa parametrów technicznych i eksploatacyjnych lokomotywy.

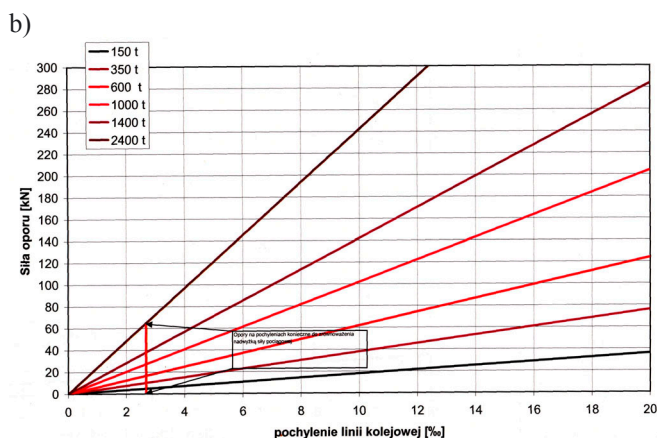
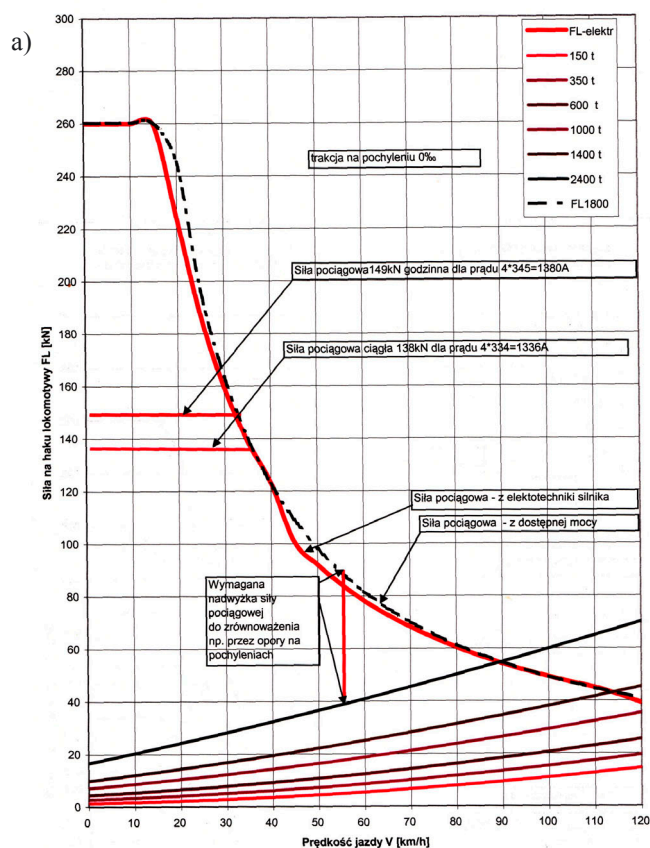
Widok lokomotywy przed modernizacją przedstawiono na rys.1, a przewidywany wygląd po modernizacji przedstawiono na rys. 2. Wyznaczone charakterystyki lokomotywy prezentuje rys. 3.



Rys. 1 – Widok lokomotywy SU46 przed modernizacją



Rys. 2 – Widok ogólny projektu modernizowanej lokomotywy ST46 (303Da)



Rys. 3 – Charakterystyki zmodernizowanej lokomotywy ST46 (303Da) a – charakterystyka pociągowa; b- opory ruchu

Podstawowe parametry lokomotywy przed i po modernizacji przedstawiono w tabeli 1.

Parametry lokomotywy SU46 (ST46) przed i po modernizacji)

Tabela 1

L.p.	Nazwa parametru lub wielkość	Jednostka	Wartość parametru lub wielkość	
			przed modernizacją	po modernizacji
1	Oznaczenie lokomotywy	-	SU46 (303D)	ST46 (303Da)
2	Szerokość toru	mm	1435	
3	Układ osi	-	Co-Co	
4	Prędkość max.	km/h	120	
5	Masa służbowa	Mg	102	≤ 104
6	Nacisk nominalny zestawu kołowego na tor	kN	170	≤ 170
7	Przekładnia-	-	elektryczna DC/DC	elektryczna AC/DC
8	Max. siła pociągowa	kN	317 przy $\Psi = 0,33$	260 przy $\Psi = 0,26$
9	Moc lokomotywy	kW	1650	1800
10	Typ silnika spalinowego	-	W2112SSF	12V4000R43L
11	Typ prądnicy głównej	-	GP846B1 prądu stałego	synchroniczna firmy Lechmotoren
12	Typ i moc prądnicy pomocniczej	-	PCMOfl06X prądu stałego	synchroniczna firmy Lechmotoren
13	Typ silnika trakcyjnego	-	LSM 493 216	
14	Prędkościomierz	-	mechaniczny RT9 i A16	elektrycznyEFA15 firmy „Deute Werke”
15	System sterowania	-	oporowy	elektroniczny mikroprocesorowy
16	Typ i wydatek sprężarki powietrza	m ³ /h	tłokowa V2.15.8G, 190	Śrubowa Atlas Capco 240
17	Napęd wentylatorów silników trakcyjnych	-	elektryczny silnik prądu stałego	elektryczny silnik prądu zmiennego
18	Układ smarowania obrzeży kół	-	olejowe	olejowe firmy Rebs
19	Stała instalacja gasząca	-	gazowe na halon	firmy Fogtec na mgłę wodną

3. Ogólny opis projektu modernizacyjnego lokomotywy i przewidzianych do zabudowy nowych i zmodernizowanych urządzeń, zespołów i układów

Zakres modernizacji wynikający przede wszystkim z wymagań techniczno-eksploatacyjnych przyszłego użytkownika dotyczył [8]:

- wymiany silnika spalinowego
- wprowadzenie zespołu prądnic synchronicznych (głównej i pomocniczej)
- przygotowania miejsca pod prądnice grzewczą
- zastosowania aparatów i urządzeń obwodów elektrycznych pomocniczych na napięcia 3x400 V, 230 V 50 Hz AC oraz 24 V DC z wykorzystaniem przetwornicy statycznej
- wprowadzenia napędów pomocniczych (sprężarki, wentylatorów, silników trakcyjnych, wentylatorów głównych chłodnicy) z wykorzystaniem silników prądu zmiennego i silników hydraulicznych
- rekonstrukcji układu pneumatycznego i hamulca poprzez zastosowanie tablicy pneumatycznej, hamulca postojowego, sprężynowego, układu przeciwpoślizgowego, sprężarki powietrza typu śrubowego
- zabudowy nowych podpór gumowo-metalowych, rekonstrukcji prowadzenia zestawu w ramie wózka, zabudowy układu smarowania obrzeży kół oraz układu podgrzewania cieczy chłodzącej
- wprowadzenia mikroprocesorowego układu sterowania i diagnostyki
- rekonstrukcji kabin sterowniczych w zakresie poprawy ergonomii i mikroklimatu
- zastosowania układów bezpieczeństwa ruchu stosowanych w Polsce i w Niemczech
- zmiany okien czołowych, likwidacji drzwi od strony maszynisty, zabudowy nowych lamp sygnałowych i oświetlenia zewnętrznego

- zastosowania elektronicznych prędkościomierzy, systemów radiołączności - polskiego i niemieckiego, urządzeń przeciwporażeniowych i przeciwpożarowych oraz układów pomiaru zużycia oleju napędowego
- wydłużenia przebiegów międzyprzegładowych i międzynaprawczych oraz wzrost współczynnika gotowości technicznej.

Po zrealizowanej modernizacji lokomotywa SU46 zostanie nadal lokomotywą dwukabinową o układzie Co-Co i prędkości maksymalnej 120 km/h.

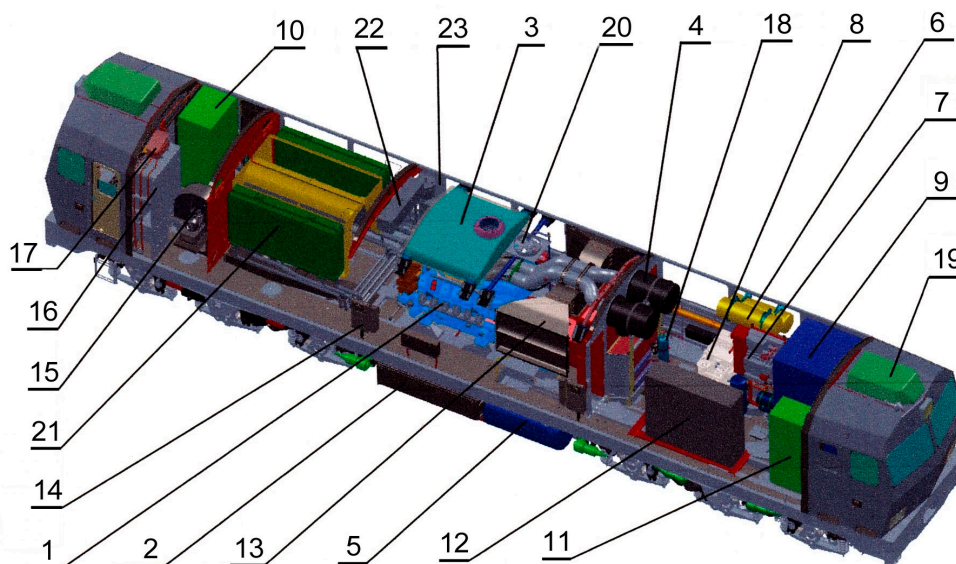
Przewidywane rozmieszczenie maszyn i urządzeń w zmodernizowanej lokomotywie przedstawiono na rys.4.

W projekcie modernizacji lokomotywy zamierza się wprowadzić następujące lub zmodernizowane urządzenia, podzespoły, zespoły i układy:

- **zespół prądotwórczy tworzyć będą**
 - nowoczesny silnik spalinowy typu MTU 12V 4000 R43L (w miejsce silnika W 2112 SSF produkowanego na licencji Fiata) o mocy 1800 kW i zużyciu jednostkowym paliwa poniżej 210g/kWh. Silnik odpowiada wymaganiom ujętym w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy (Dz. U. nr 202 poz. 1681 z dnia 19.08.2005), a ponadto cechuje się dużą niezawodnością, małym zużyciem środków smarnych, a zawartość

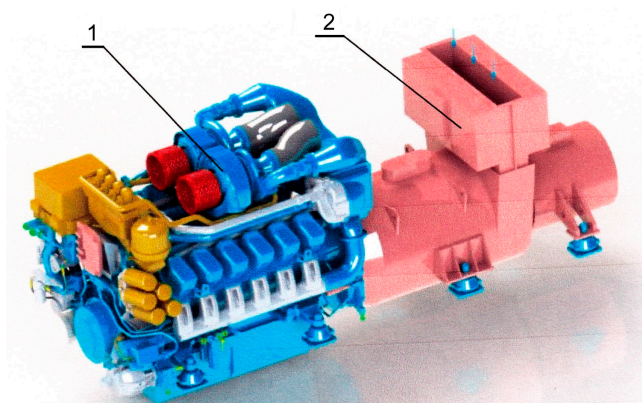
Rys.4 Ogólne rozmieszczenie głównych maszyn i urządzeń w modernizowanej lokomotywie ST46 (303 Da)

1- zespół prądotwórczy; 2- akumulatory; 3- tłumik wylotu spalin; 4- filtry powietrza; 5 - zbiorniki główne powietrza; 6- zbiorniki pomocnicze powietrza; 7- tablica pneumatyczna; 8 - sprężarka, 9- szafa WN/SN; 10- szafa NN1; 11- szafa NN2; 12- szafa sterująca; 13- kanał wentylacji zespołu prądnic; 14- piasecznice; 15- wentylator silników trakcyjnych; 16- szafka odzieżowa i umywalka; 17- układ wodny umywalki; 18- układ p-poż; 19- klimatyzator; 20- wentylator przedziału silnikowego; 21- zespół chłodnic; 22- zbiornik płynu chłodzącego; 23- układ hydrostatyczny



składników toksycznych do atmosfery odpowiada poziomowi IIIA wg dyrektywę 2004/26/WE.

Proponowany silnik wymusza zabudowę nowych układów wylotu spalin, chłodzenia, napędu wentylatorów chłodnic, ujęcia powietrza do silnika, układu doprowadzenia oleju napędowego oraz zastosowania nowych chłodnic i zbiornika wyrównawczego. Proponowany widok agregatu prądotwórczego przedstawiono na rys. 5.



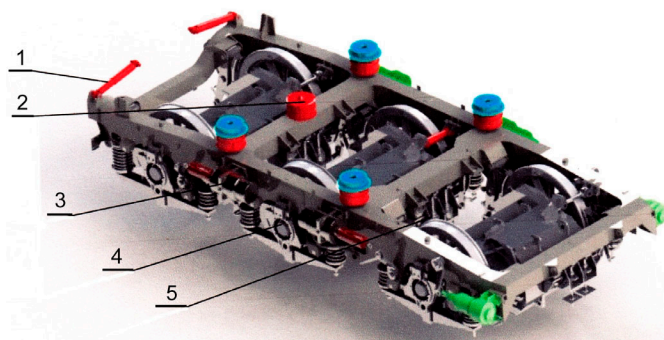
Rys. 5 – Widok ogólny agregatu prądotwórczego lokomotywy typu 303Da (ST46)

1- silnik spalinowy MTU; 2- zespół prądnic LECHMOTOREN

– zespół prądnic synchronicznych, główna bezszczotkowa o mocy około 1500 kW i pomocnicza o mocy 100 kW. Prądnica główna będzie połączona kołnierzowo z silnikiem spalinowym

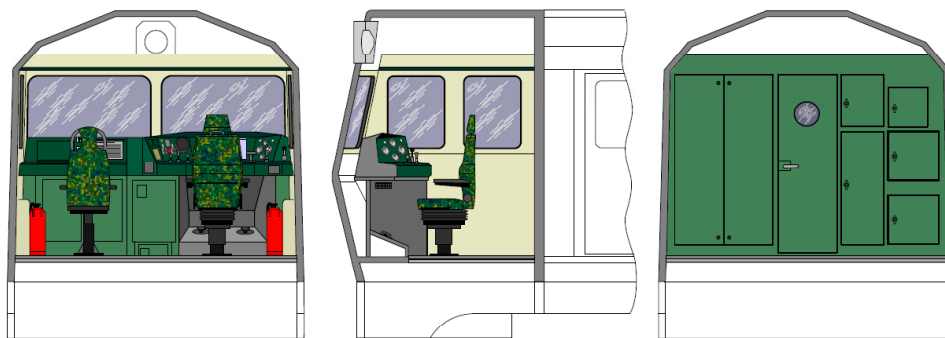
- **napędy pomocnicze** sprężarki i wentylatorów silników trakcyjnych realizować będą asynchroniczne silniki zasilane z przetwornic statycznych. Przetwornice zasilac będą również schładzacz dachowe, nagrzewnice, ogrzewanie szyb i kuchenkę elektryczną a ponadto służyć będą do zasilania układów sterowania, ładowania akumulatorów i oświetlenia
- **obwody pomocnicze** zasilane będą napięciami 3x400V i 230 V 50 Hz AC oraz 110 V i 24 V DC, dla których źródłem będzie prądnica pomocnicza oraz zespół przetwornic statycznych
- **układy sterowania i diagnostyki** realizowane będą przez sterowniki mikroprocesorowe, manipulatory i układy zabudowane w szafie. Lokomotywa będzie mogła pracować pojedynczo oraz w trakcji wielokrotnej.
- **układ pneumatyczny i układ hamulca** wyposażony w tablicę pneumatyczną, zespół manipulatorów pulpituowych, hamulec postojowy typu sprężynowego oraz nowoczesną sprężarkę śrubową

- układ prowadzenia środkowego zestawów kołowych w ramie wózka oraz wprowadzenie dodatkowych podpór elastycznych wózka gwarantować będzie pełne bezpieczeństwo ruchu zarówno na torach PKP PLK jak i DB. Ponadto zestawy kołowe zostaną wyposażone w olejowy system smarowania obrzeży kół, a zlikwidowany zostanie sprzęg międzywózkowy. Ogólne rozmieszczenie głównych (dodatkowych) podzespołów na wózku lokomotywy ST46 (303Da) przedstawione na rys. 6.



Rys.6 - Ogólne rozmieszczenie głównych podzespołów wózka lokomotywy ST46 (303Da) zmienionych w ramach modernizacji: 1- tłumiki hydrauliczne; 2- pięta podpora elastyczna; 3- hamulec sprężynowy; 4- przesuwna oś środkowa; 5- smarowanie obrzeży kół

- **urządzenia bezpieczeństwa ruchu** w tym układ samoczynnego hamowania pociągu LZB/PZB stosowany na DB (kolejach niemieckich)
- **dualne urządzenia radiolączności** (łączność analogowa oraz GSM-R) wyposażone w moduły zgodnie z wymaganiami kolei polskich i niemieckich oraz spełniające wymagania w zakresie interoperacyjności dla kolei konwencjonalnych
- **kabiny sterownicze** zapewniające pełne bezpieczeństwo dla obsługi dwuosobowej wyposażone w:
 - nowoczesne pulpity sterownicze i pomocnicze
 - nowoczesne fotele spełniające wymagania ergonomii i zapewniające możliwość szybkiej ewakuacji
 - kamery boczne umożliwiające obserwację do tyłu z obu stron lokomotywy
 - układy klimatyzacji (schładzanie) oraz ogrzewanie
 - płytę grzewczą zabudowaną na pulpicie pomocnika
 - oświetlenie wnętrza z możliwością regulacji jego natężenia
 - szafkę odzieżową, umywalkę oraz szafkę narzędziową



Rys. 7 - Projekt wnętrza kabiny maszynisty lokomotywy spalinowej ST46 (303Da)

- nową izolację akustyczną i termiczną gwarantującą tłumienie dźwięku i zapewniającą właściwy komfort cieplny
- nowe wyłożenia wykonane z płyt poliwęglowych i laminatów poliestrowo-szkła-nych
- układ wykrywania i sygnalizacji pożaru oraz stałą instalację gaszącą.

Propozycje wizualną kabiny sterowniczej zaakceptowana przez użytkownika zaprezentowano na rys. 7.

4. Podsumowanie

Wykonana zmodernizowana lokomotywa spalinowa serii ST46 (303Da) zostanie skierowana w połowie bieżącego roku do prób i badań zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia Ministra Infrastruktury (Dz. U. nr 212 z dnia 12.10.2005 poz. 1772 §4 pkt. 1).

W szczególności zostaną wykonane następujące sprawdzenia, próby i badania:

- odbiorcze zgodnie z wymaganiami Warunków Technicznych Odbioru
- wyznaczenie charakterystyk trakcyjnych
- określenie bezpieczeństwa przed wykolejeniem oraz wyznaczenie oddziaływania dynamicznego lokomotywy na tor
- badania wpływu lokomotywy na pracę urządzeń srk oraz zakłóceń radioelektrycznych i elektromagnetycznych emitowanych do wnętrza i na zewnątrz lokomotywy
- badania układów hamulca, urządzeń przeciwpoślizgowych oraz urządzeń i układów związanych z bezpieczeństwem ruchu
- ocena własności akustycznych
- ocena warunków pracy maszynistów (pomiar hałasu, oświetlenia, warunków komfortu i ergonomii oraz indukcyjności pola magnetycznego).

Po uzyskaniu pozytywnych wyników i terminowego świadectwa dopuszczenia do eksploatacji zmodernizowana lokomotywa zostanie skierowana do prób eksploatacyjnych tj. 12 miesięcznej normalnej eksploatacji z pociągami towarowymi.

W zakończeniu należy stwierdzić, że największe korzyści ze zmodernizowanych lokomotyw ST46 (303Da) osiągnięte zostaną tylko w przypadku wdrożenia do eksploatacji większej liczby lokomotyw.

Oczywistym jest, że efekty z przeprowadzonej modernizacji będą również widoczne dopiero po dłuższym okresie czasu, nie mniej jednak proces unowocześnienia parku lokomotyw spalinowych realizowanych przez zakupy nowych lokomotyw oraz przez modernizację winien być prowadzony, gdyż w przeciwnym razie może w niedługim czasie zabraknąć na torach Polskich Linii Kolejowych nowoczesnych krajowych spalinowych pojazdów trakcyjnych.

Literatura

- [1] Marciniak Z.: *Modernizacja lokomotywy spalinowej typu M62 w oparciu o silnik 12CzN26/26 – konstrukcja i wyniki badań*. Technika Transportu Szynowego, 2007, nr 1 i 2.
- [2] Marciniak Z.: *Modernizacja lokomotyw spalinowych – stan obecny i zamierzenia*, Materiały XVIII Konferencji Naukowej „Pojazdy Szynowe”, Katowice – Ustroń, 2008.
- [3] Marciniak Z.: *Doposażenie, remotoryzacja oraz modernizacja liniowych i manewrowych lokomotyw spalinowych w Pesa Bydgoszcz S.A.*, Technika Transportu Szynowego, 2009, nr 4 ÷ 5.
- [4] Marciniak Z.: *Polonizacja, remotoryzacja i modernizacja lokomotyw spalinowych eksploatowanych w kraju*. Pojazdy Szynowe, 2010, nr 1.
- [5] Marciniak Z.: *Nowe rozwiązania i układy w zmodernizowanej lokomotywie spalinowej typu 301Dd serii ST45 do ruchu towarowego*. Materiały XIX Konferencji Naukowej Pojazdy Szynowe, Targanice k/Andrychowa, 2010.
- [6] Marciniak Z.: *Projekty modernizacyjne spalinowych lokomotyw liniowych i manewrowych wykonanych w Instytucie Pojazdów Szynowych*, Logistyka, 2010, nr 4.
- [7] Michalak P., Bejenka K.: *Specyfikacja techniczna zespołów wyposażeniowych lokomotywy ST46*. Opracowanie niepublikowane – Pesa Bydgoszcz / IPS „Tabor” - Z1/1611/OR-9727, Bydgoszcz / Poznań 04.2010.
- [8] *Zakres modernizacji lokomotywy spalinowej serii SU46 (ze zmianą serii na ST46)* Opracowanie niepublikowane PKP Cargo, 2009.