

Marek BABEL,
Adam TUŁECKI

Instytut Pojazdów Szynowych
Politechniki Krakowskiej

KONSTRUKCJA ZMODERNIZOWANEJ SPALINOWEJ LOKOMOTYWY MANEWROWEJ SERII 6Dg

Streszczenie. W artykule zaprezentowano opis konstrukcji i parametry zmodernizowanej lokomotywy spalinowej manewrowej serii 6Dg, której projekt modernizacji opracowany został w IPSz Politechniki Krakowskiej, a prototyp dla ISD Huta Częstochowa Sp. z o.o. wykonał Newag S.A. w Nowym Sączu. Opisano zakres modernizacji w odniesieniu do układów mechanicznych, pneumatycznych i elektrycznych. Ponadto przedstawiono niektóre wyniki prób i badań lokomotywy 6Dg.

DESIGN OF A MODERNIZED SHUNTING DIESEL LOCOMOTIVE, CLASS 6Dg

Summary. In this paper there presented is the design and parametres of a modernized shunting diesel locomotive class 6Dg. Its modernization project was elaborated in the Rail Vehicles Institute at Cracow University of Technology and the prototype for ISD Częstochowa Steelworks Ltd was produced by Newag S.A. in Nowy Sacz. Described is the scope of modernization in relation to mechanical, pneumatic and electrical systems. Moreover, there shown are some results of trials and tests of the 6Dg locomotive.

1. Wstęp

Lokomotywy spalinowe serii 6D (oznaczenie wg PKP – SM42) produkowane były w długich i krótkich seriach w latach 1966–1992 bez żadnych zasadniczych zmian konstrukcyjnych w oparciu o technologie z połowy lat 60-tych. Ogólnie należy stwierdzić, że lokomotywy serii 6D są przestarzałe z technicznego punktu widzenia. Wiele ich parametrów i wskaźników znacznie odbiega od wielkości uzyskiwanych we współczesnych rozwiązaniach, dotyczy to w szczególności zespołu prądotwórczego (silnika spalinowego), kabiny maszynisty i napędów pomocniczych. Czynniki takie jak: konieczność ograniczenia rosnących kosztów utrzymania lokomotyw serii 6D w eksploatacji (w tym spowodowanych brakiem producentów oryginalnych części zamiennych), zmniejszenia ujemnego oddziaływania na środowisko naturalne, zdecydowanej poprawy warunków pracy maszynisty

lokomotywy, wprowadzenia nowoczesnych rozwiązań technicznych podwyższających bezpieczeństwo ruchu, prowadzą do postawienia jedyne, logicznego wniosku jakim jest konieczność modernizacji lokomotyw serii 6D. W okresie ostatnich 12-tu lat lokomotywy serii 6D dwukrotnie poddawane były pracom modernizacyjnym (w dwu wariantach), zakres których sprowadzał się do zabudowy nowego silnika spalinowego wraz z zespołem synchronicznych prądnic trakcyjnych, wdrożenia elektronicznych regulatorów obrotów i mocy, nowych pulpity w kabinie maszynisty, zmian w układzie pneumatycznym. W trakcie tych modernizacji częściowej rekonstrukcji poddano kabinę maszynisty bez zmian konstrukcyjnych przedziałów maszynowych oraz agregatu chłodniczego. Po wykonaniu trzech lokomotyw prototypowych wg ww. zakresu, dalsze prace modernizacyjne nie były kontynuowane.

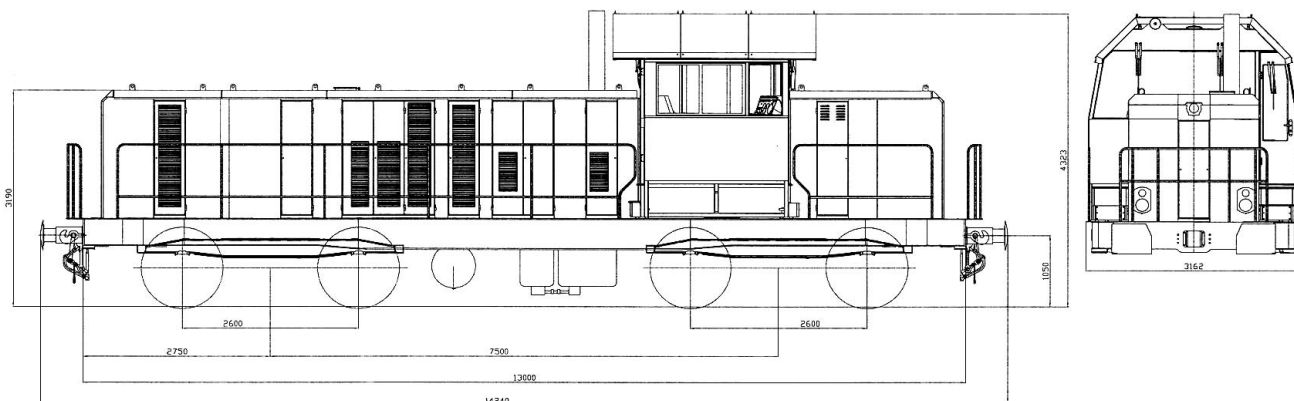
Autorzy niniejszego artykułu zaproponowali modernizację poszerzoną lokomotywy serii 6D, zakres której obejmuje zarówno zespół prądotwórczy, układ sterowania, napędy pomocnicze, układ pneumatyczny, jak również kabinę maszynisty i przedziały maszynowe wg całkowicie zmienionej (nowej) konstrukcji. Zakres przedmiotowej modernizacji przedstawiono poniżej.

2. Dane ogólne i parametry lokomotywy 6Dg po modernizacji.

Ogólny widok lokomotywy 6Dg wraz z podstawowymi wymiarami przedstawiono na rys.1, a jej główne parametry techniczne w tablicy 1. Rys.2 przedstawia rozmieszczenie zespołów na zmodernizowanej lokomotywie 6Dg.

W wyniku przeprowadzonej modernizacji całkowitej zmianie uległ wygląd zewnętrzny lokomotywy. Wysokość przedziałów maszynowych od poziomu ostoi została obniżona o około 300 mm, co wraz z nową lokalizacją tłumika wydechu przyczyniło się do znacznej poprawy widoczności z kabiny maszynisty.

Przedział maszynowy przedni składa się z dwóch modułów: przedziału sprężarki powietrza wraz z wentylatorem silników trakcyjnych wózka przedniego oraz przedziału agregatu prądotwórczego wraz z wentylatorem, chłodnicą i tłumikiem wydechu. Dach przedziału podzielony jest na cztery sekcje. Przedział maszynowy tylny wykonano w postaci pojedynczego modułu, w którym zlokalizowano szafy elektryczne, tablicę pneumatyczną wraz z wentylatorem silników trakcyjnych wózka tylnego. Drzwi w ścianach bocznych przedziałów maszynowych posiadają żaluzje stałe wraz z kasetami filtrującymi do oczyszczania powietrza wlotowego.



Rys. 1. Widok ogólny lokomotywy 6Dg

Tablica 1

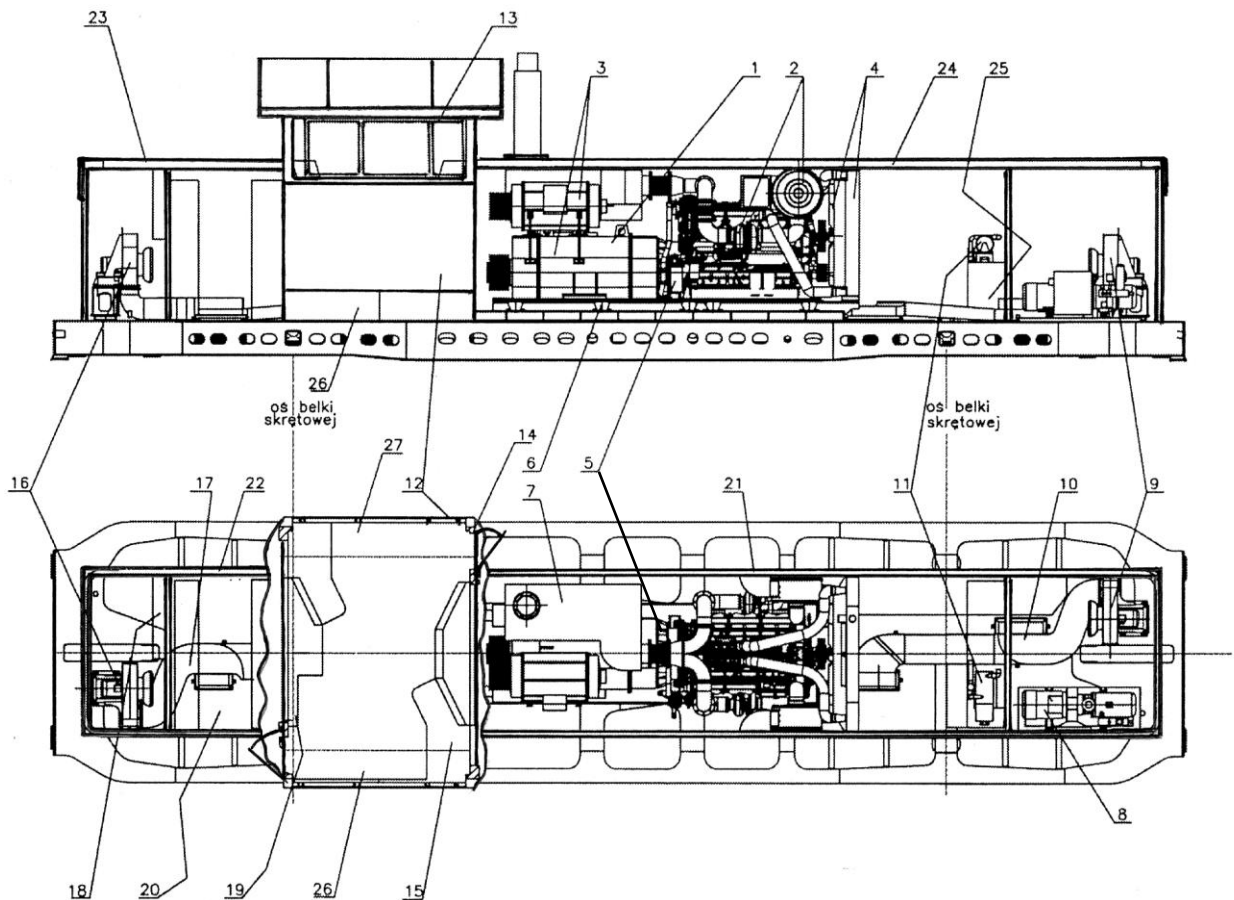
Podstawowe parametry techniczne lokomotywy 6Dg

Moc silnika spalinowego	653 kW (888 KM)
Moc na cele trakcyjne	około 600 kW (800 KM)
Masa służbowa (wózki typu 1LN)	70 Mg
Przekładnia elektryczna	prąd przemienny /prąd stały
Układ sterowania lokomotywą	mikroprocesorowy
Siła pociągowa przy rozruchu	≥ 230 kN
Prędkość jazdy – praca ciągła	14 km/h
Siła pociągowa – praca ciągła	113 kN
Największa prędkość jazdy	90 km/h
Układ pneumatyczny i hamulcowy	SAB-Wabco / tablica pneumatyczna
Napęd wentylatora chłodnicy	mechaniczny/przekładnia pasowa
Sprężarka powietrza	śrubowa z silnikiem trójfazowym
Napęd wentylatorów silników trakcyjnych	silniki trójfazowe
Zdalne sterowanie lokomotywy	radiowe w układzie duplex
Kabina maszynisty	podparta elastycznie
Ogrzewanie kabiny	wodne z nawiewem/niezależne
Nastawnik jazdy i zadajniki hamulca	elektroniczne
Urządzenia ciąglowe	zmechanizowany sprzęg śrubowy

Kabina maszynisty została zaprojektowana z uwzględnieniem wymagań dotyczących ergonomii i warunków pracy maszynisty. Wejście do kabiny odbywa się z pomostów lokomotywy. Oświetlenie zewnętrzne wykonano z wykorzystaniem małogabarytowych lamp halogenowych z możliwością dwustopniowej regulacji strumienia świetlnego.

W trakcie modernizacji lokomotywa została dobalastowana do masy służbowej 70 Mg (przy wózkach 1LN) poprzez zabudowę na ostoje dodatkowych płyt stalowych i śrutu ołowianego.

Wózki lokomotywy wraz z silnikami trakcyjnymi LSa 430 modernizacji nie podlegały. Zespoły te poddane zostały naprawie głównej zgodnie z obowiązującym zakresem tej naprawy. Na maźnicach zestawów kołowych zamontowano czujniki obrotów przekazujące sygnały do sterownika lokomotywy (regulacja poślizgu).



Rys. 2. Rozmieszczenie maszyn i urządzeń na zmodernizowanej lokomotywie 6Dg
 1-zespół prądowrczy na ramie; 2-silnik spalinowy C27; 3-zespół prądnic synchronicznych; 4-chłodnica z wentylatorem; 5-połączenie sprzęgłowe; 6-amortyzator metalowo-gumowy; 7-tłumik wydechu; 8-agregat sprężarkowy; 9,16-wentylatory chłodzenia silników trakcyjnych wózka przedniego i tylnego; 10,17-kanaly wentylacyjne silników trakcyjnych; 11-podgrzewacz Webasto; 12-kabina maszynisty; 13-okno boczne; 14-drzwi kabiny maszynisty; 15-pulpit maszynisty; 18-tablica pneumatyczna; 19-tablica NN; 20-przedział szaf elektrycznych WN, NN; 21,22-przedział maszynowy przedni i tylny; 23,24- dachy przedziałów maszynowych; 25-skrzynia akumulatorów; 26-skrzynia z prostownikiem pomocniczym i falownikami; 27-skrzynia z prostownikiem głównym i wzбудnicą statyczną.

3. Opis zmodernizowanych układów lokomotywy

3.1. Zespół prądotwórczy

Zespół prądotwórczy na lokomotywie 6Dg składa się z nowoczesnego wysokoobrotowego silnika spalinowego oraz synchronicznych prądnic trakcyjnych – prądnicy głównej i pomocniczej.

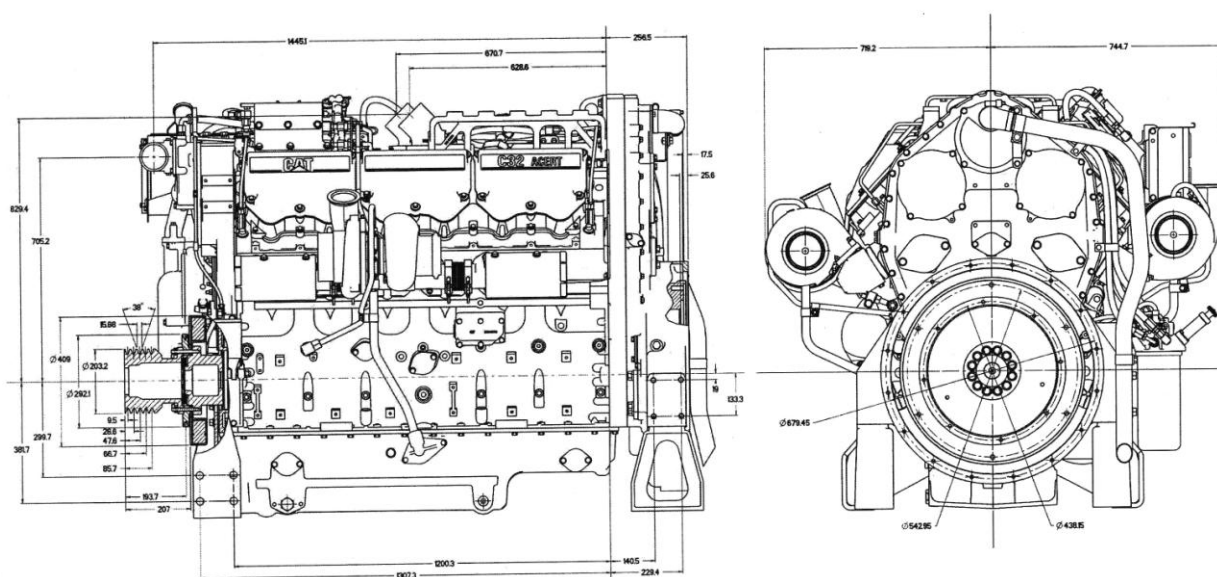
Przy wyborze typu (producenta) silnika spalinowego do modernizowanej lokomotywy 6Dg brano pod uwagę następujące czynniki:

- przedział mocy nominalnej / przy obrotach – 600 ÷ 750 kW / 1800 obr/min;
- wymiary gabarytowe, pozwalające na zabudowę silnika na ostoji lokomotywy przy obniżonej wysokości dachu przedziałów maszynowych;
- zastosowanie nowoczesnych rozwiązań w konstrukcji zespołów/podzespołów silnika spalinowego;
- spełnienie wymagań Dyrektywy Komisji Europejskiej 2004/26/EC dot. wartości granicznych emisji zanieczyszczeń w spalinach;
- cenę zakupu wraz z kosztami utrzymania w eksploatacji, rewers naprawczy,
- doświadczenie producenta w zakresie stosowania silników na lokomotywach spalinowych, w tym manewrowych;
- obecność na polskim rynku sieci obsługi serwisowej oraz dostępu do części zamiennych.

W wyniku przeprowadzonej przedmiotowej analizy wśród znanych na rynku producentów silników spalinowych, wybrano do zastosowania na modernizowanej lokomotywie 6Dg silnik spalinowy Caterpillar serii C27. Podstawowe wymiary silnika spalinowego przedstawiono na rys. 3, a dane techniczne w tabelicy 2.

Silniki spalinowe serii C27 powstały na bazie sprawdzonej w wieloletniej eksploatacji konstrukcji silników CAT 3412, które szeroko są stosowane do napędu lokomotyw spalinowych manewrowych w Czechach, Słowacji, Austrii, Niemczech.

Silnik C27 dostarczany jest z własnym rozrusznikiem oraz alternatorem na napięcie 24V DC. Alternator napędzany jest paskiem klinowym z wału korbowego silnika. Na silniku zabudowana jest własna pompa paliwowa o wydajności zapewniającej pobór paliwa bezpośrednio ze zbiornika pod ostoją. Wyeliminowana jest więc konieczność stosowania dodatkowej pompy paliwowej.



Rys. 3. Silnik spalinowy Caterpillar serii C27

Tablica 2

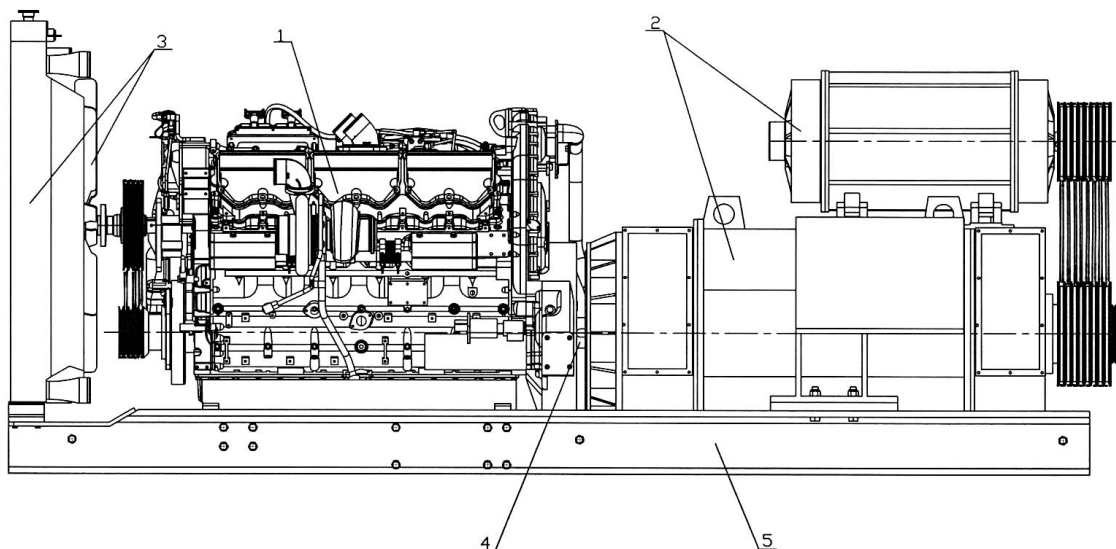
Dane techniczne silnika spalinowego C27

<i>Nazwa parametru silnika C27</i>	<i>Jednostka</i>	<i>Wartość</i>
Moc nominalna	KW (KM)	653 (888)
Obroty nominalne	obr/min	1800
Obroty biegu jałowego	obr/min	700
Średnica cylindra / skok tłoka	mm	137/152
Pojemność silnika	dm ³	27
Pojemność układu chłodzenia	dm ³	120
Pojemność układu olejowego	dm ³	109
Masa suchego silnika	kg	ok. 2400
Stopień sprężania	-	18:1
Emisja spalin	-	wg 2004/26/EC
Zużycie paliwa:		
- bieg jałowy	kg/h	4,0
- jednostkowe przy mocy nominalnej	g/kw·h	200
Zużycie oleju silnikowego	% zużycia paliwa	0,2
Wymiary: L/B/H	mm	2083/1473/1499

Silnik spalinowy C27 posiada własny elektroniczny regulator obrotów i mocy ECM, który na lokomotywie współpracuje (komunikuje się) ze sterownikiem mikroprocesorowym układu sterowania lokomotywą. W układzie chłodzenia silnika C27 zabudowany jest termostat, który automatycznie steruje przepływem czynnika chłodzącego pomiędzy wewnętrznym obiegiem chłodzenia silnika i zewnętrznym układem chłodnicy.

W miejsce dotychczasowych prądnic prądu stałego zastosowano w przedmiotowej modernizacji sprawdzone w eksploatacji na lokomotywach spalinowych trakcyjne maszyny elektryczne firmy Siemens, które szeroko są montowane w zespołach prądotwórczych lokomotyw z silnikami Caterpillar. Dla przyjętej mocy nominalnej silnika spalinowego C27 zastosowano dwułożyskową trójfazową prądnicę synchroniczną typu 1FC2 454 o mocy 628 kVA. Do napędu urządzeń pomocniczych na modernizowanej lokomotywie 6Dg zastosowano dwułożyskową prądnicę synchroniczną typu 1FC2 282 o mocy 63 kVA.

Zespół prądotwórczy – silnik spalinowy C27 / prądnicą główną Siemens 1FC2 454, patrz rys. 4, połączone są za pomocą elastycznego sprzęgła zębatego Centamax. Prądnicą pomocniczą 1FC2 282 zamontowaną na korpusie prądnicy głównej napędzana jest przekładnią pasową z wału prądnicy głównej. Zespół prądotwórczy zabudowany jest (zmontowany) na wspólnej ramie podsilnikowej zamocowanej na ostoi lokomotywy za pośrednictwem amortyzatorów metalowo-gumowych.



Rys. 4. Zespół prądotwórczy na ramie
1-silnik spalinowy C27; 2-zespół prądnic synchronicznych; 3-chłodnica z wentylatorem;
4-połączenie sprzęgłowe; 5-rama zespołu prądotwórczego

3.2. Układy pomocnicze silnika spalinowego

W układzie zasilania silnika powietrzem zastosowano dwa boczne filtry powietrza zabudowane na silniku z podwójnymi wkładami papierowymi. Powietrze do zasilania silnika jest pobierane z otoczenia poprzez żaluzje w ścianach bocznych przedziałów maszynowych. Gorące powietrze z turbosprężarek chłodzone jest w zewnętrznej chłodnicy powietrza doładowania.

Tłumik wydechu nowej konstrukcji o zwiększonym stopniu tłumienia hałasu zabudowano nad prądnicą główną pod górnym poszyciem (dachem) przedziału maszynowego. Kolektory wydechowe z dwóch turbosprężarek wyposażono w stosowne kompensatory poziome i pionowe uwzględniające drgania zespołu napędowego na lokomotywie oraz zmianę długości kolektorów w zależności od temperatury spalin.

W układzie wentylacji skrzyni korbowej zabudowano specjalny filtr-separator do filtracji mieszaniny olejowo-gazowej (odmy).

W układzie chłodzenia silnika spalinowego zastosowano chłodnicę aluminiową zabudowaną na wspólnej ramie zespołu napędowego, poprzecznie do przedziału maszynowego. Przedmiotowa chłodnica w postaci pojedynczego radiatora podzielona jest na trzy sekcje – środkową do chłodzenia cieczy silnika spalinowego i dwie skrajne do chłodzenia powietrza doładowania. Napęd wentylatora, ułożyskowanego na wsporniku silnika spalinowego, odbywa się poprzez przekładnię pasową z wału korbowego silnika. Przepływ powietrza chłodzącego jest następujący: wentylator zasysa powietrze z otoczenia poprzez żaluzje w ścianach bocznych przedziałów maszynowych, tłoczy przez chłodnicę i wyrzuca za chłodnicą do atmosfery poprzez otwór (kratownicę) w dachu przedziału maszynowego.

3.3. Kabina maszynisty

W trakcie modernizacji wykonano całkowicie nową konstrukcję kabiny maszynisty. Projekt plastyczny elementów kabiny, pulpitu i wyposażenia, uwzględniający między innymi wymagania ergonomii, został wykonany przez ASP Wydział Wzornictwa Przemysłowego w Krakowie. Zwiększono szerokość kabiny. W ścianach bocznych zabudowano szczelne okna odskokowo-przesuwne z szybami wklejanymi. Ściany czołowe kabiny zaprojektowano w sposób umożliwiający zabudowę, praktycznie na całej szerokości kabiny, szyb wielowarstwowych montowanych metodą wklejania. Szyby czołowe i drzwiowe wyposażono w wycieraczki z napędem elektrycznym ze spryskiwaczami.

Drzwi wejściowe do kabiny usytuowano w ścianach czołowych (wejścia z pomostów lokomotywy). W kabinie zabudowane są dwa ergonomiczne pulpity maszynisty, na których zainstalowano liczne aparaty i niezbędne urządzenia do sterowania lokomotywą. Kabinę wyposażono w dwa ergonomiczne fotele maszynisty. Do izolacji cieplnej i akustycznej kabiny zastosowano niepalną wełnę mineralną. Wszystkie ściany wewnętrzne, sufit, jak również obydwa pulpity wyłożone są estetycznymi panelami wykonanymi z niepalnych żywic poliestrowych. Lampy oświetleniowe w kabinie maszynisty posiadają możliwość regulacji natężenia oświetlenia. W suficie kabiny zabudowano wentylator wyciągowy.

Kabina zabudowana jest na ostoi lokomotywy za pośrednictwem czterech elementów metalowo-gumowych bez połączeń metalicznych (sztywnych) z pozostałymi częściami lokomotywy.

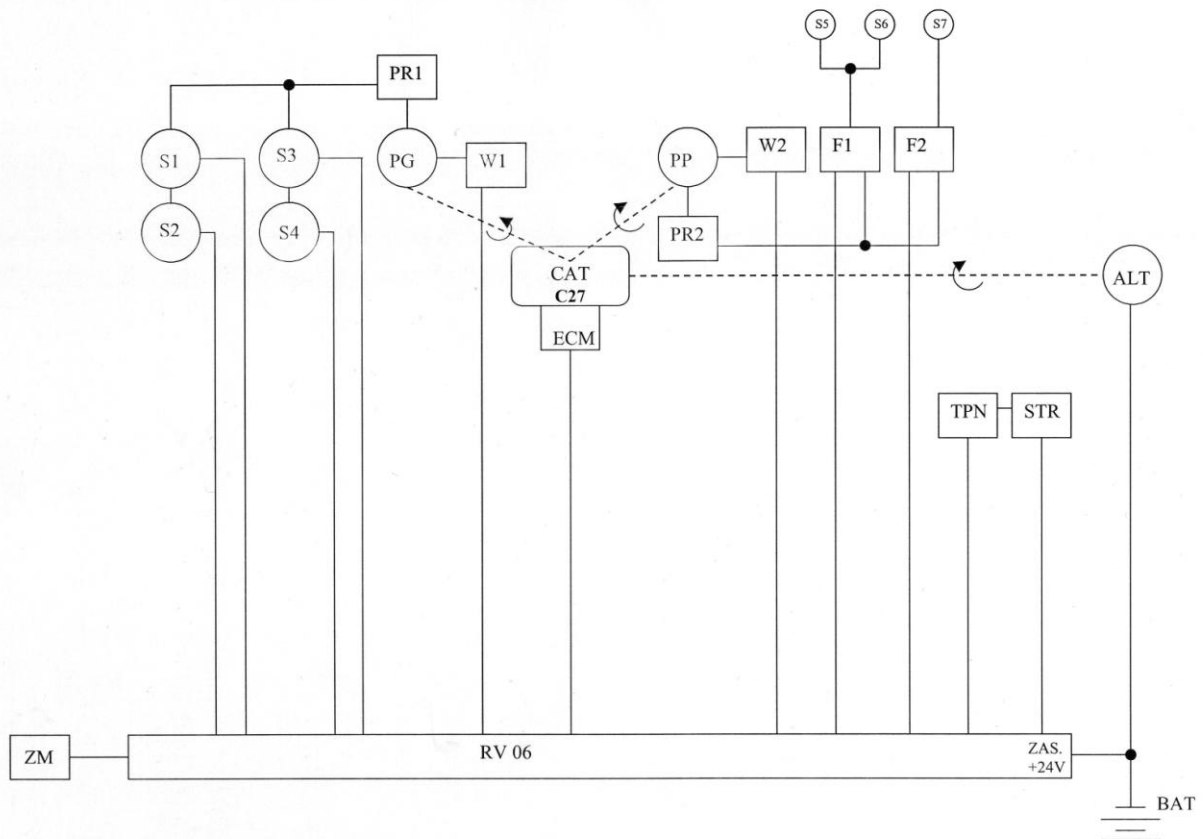
Ogrzewanie kabiny realizowane jest za pomocą nagrzewnicy wodno-powietrznej (ogrzewanie nawiewne) zasilanej cieczą chłodzącą silnika spalinowego. Intensywność ogrzewania kabiny jest regulowana z pulpitu maszynisty. Ogrzewanie jest niezależne od pracy silnika spalinowego.

3.4. Układ sterowania zespołami i całą lokomotywą

W trakcie modernizacji lokomotywy 6Dg ujednoczone zostało napięcie pokładowe w obwodach sterowania, pomocniczym, sygnalizacji i kontroli do wielkości 24 V DC.

Układ sterowania realizowany jest na zmodernizowanej lokomotywie za pośrednictwem sterownika mikroprocesorowego MORIS. Schemat blokowy układu sterowania lokomotywą przedstawiono na rys.5. Funkcje realizowane przez sterownik, algorytmy sterowania i graniczne wartości parametrów pracy mogą być modyfikowane przez zmiany w oprogramowaniu sterownika. Sterownik realizuje następujące funkcje:

- współpracuje z elektronicznym regulatorem ECM silnika spalinowego C27,
- reguluje wzbudzenie prądnicy głównej - steruje układem rozrządu lokomotywy w zależności od zadanych i aktualnych warunków eksploatacji,
- steruje pracą sprężarki powietrza,
- steruje układem bocznikowania silników trakcyjnych,
- automatycznie kontroluje i steruje likwidacją poślizgu kół,
- współpracuje z nadajnikiem zdalnego radiowego sterowania lokomotywą,
- realizuje układy zabezpieczające lokomotywy, w tym silnika spalinowego.



Rys. 5. Schemat blokowy układu sterowania silnikiem spalinowym i napędem lokomotywy 6Dg

- | | |
|--------------------------------------|---|
| S1,S2,S3,S4 – Silniki trakcyjne; | CAT- Silnik spalinowy z regulatorem elektronicznym ECM; |
| S5,S6 – Silniki wentyl. sil. trakt.; | F1 – Falownik silników wentyl. sil. trakt.; |
| S7 – Silnik sprężarki powietrza; | F2 – Falownik silnika sprężarki; |
| PG – Prądnicą główną; | TPN – Tablica pneumatyczna; |
| PR1 – Prostownik PG; | STR – Blok zdalnego sterowania radiem; |
| W1 – Wzbudnica PG; | ALT – Alternator 24V DC na silniku C27; |
| PP – Prądnicą pomocniczą; | BAT – Bateria akumulatorów 24V; |
| PR2 – Prostownik PP; | ZM – Pulpitowy zadajnik mocy; |
| W2 – Regulator PP; | RV06 – Mikroprocesorowy sterownik lokomotywy; |

Lokomotywa wyposażona została w diagnostykę pokładową i stacjonarną, którą objęte są sterownik (autodiagnostyka), silnik spalinowy z regulatorem oraz obwód główny lokomotywy. Do diagnostyki wykorzystywane są przetworniki pomiarowe i sygnały, które służą procesom sterowania, regulacji i zabezpieczania. Sygnały informujące o powstałych usterkach i uszkodzeniach w układach diagnozowanych przez regulator silnika spalinowego są gromadzone w jego pamięci oraz wybrane kierowane do sterownika MORIS i prezentowane na wyświetlaczach pulpitu.

3.5. Obwód główny i pomocniczy. Urządzenia i aparaty trakcyjne.

W trakcie modernizacji wykonano całkowicie nowe konstrukcje szaf elektrycznych WN i NN, które zlokalizowano w przedziale maszynowym tylnym. Do modernizacji obwodu głównego i pomocniczego wykorzystano (po naprawie głównej) eksploatowane dotychczas na lokomotywach 6D następujące aparaty: nawrotnik, styczniki liniowe i rozruchowe oraz pomocnicze dostosowane do napięcia sterowania 24V DC. Na zmodernizowanej lokomotywie 6Dg silniki trakcyjne Lsa430 połączone zostały w dwa obwody szeregowe złożone z dwóch silników - układ szeregowo- równoległy. Zaproponowane rozwiązanie polepsza właściwości trakcyjne lokomotywy przy rozruchu oraz zmniejszyła się ilość aparatów elektrycznych. Wyniki badań zmodernizowanej lokomotywy 6Dg nie wykazały w tym przypadku zmniejszenia maksymalnej prędkości lokomotywy.

Tablicę sterowniczą NN zabudowano w ścianie czołowej kabiny maszynisty, obok pulpitu od strony szafy WN z dostępem maszynisty do przełączników, wskaźników i aparatów elektrycznych z wnętrza kabiny. Do regulacji wzbudzenia prądnicy głównej zastosowano wzbudnicę statyczną w postaci oddzielnego urządzenia elektrycznego.

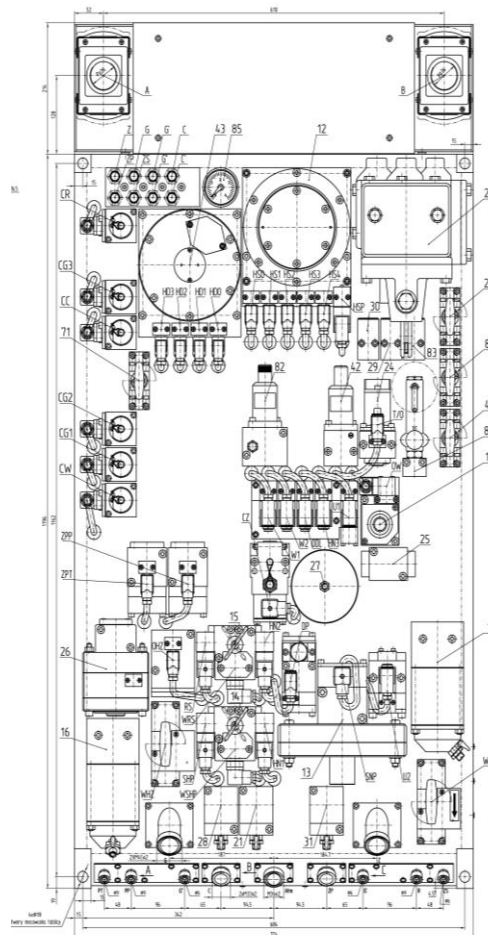
Prostownik główny jest konstrukcją modułową w jednej obudowie. Posiada on 3 oddzielne wentylatory do chłodzenia radiatorów na których zamocowane są diody prostownicze dużej mocy. Prostownik zasilany jest bezpośrednio z prądnicy głównej. Wyjście prostownika obciążone jest silnikami trakcyjnymi LSa 430. Prostownik pomocniczy, o podobnej konstrukcji jak prostownik główny, współpracuje z prądnicą pomocniczą dostarczając poprzez falowniki napięcie 3x400V DC do zasilania napędów pomocniczych lokomotywy. Wymienione wyżej aparaty trakcyjne zabudowane zostały w skrzyniach pod kabiną maszynisty.

3.6. Układ hamulca pneumatycznego.

W zmodernizowanej lokomotywie 6Dg zastosowane zostały następujące rodzaje hamulców:

- zespolony hamulec pneumatyczny przeznaczony do hamowania zarówno lokomotywy jak i prowadzonego pociągu,
- dodatkowy hamulec do hamowania lokomotywy,
- hamulec postojowy,
- hamulec bezpieczeństwa.

Urządzenia wykonawcze hamulca zabudowane na wózkach pozostały bez zmian. Sterowanie działaniem układu hamulca odbywa się za pośrednictwem binarnych sygnałów elektrycznych przekazywanych przez manipulatory hamulca zespolonego i dodatkowego zabudowanych na pulpitych sterowniczych. Wszystkie aparaty pneumatyczne i elektropneumatyczne zostały zabudowane na tablicy pneumatycznej produkcji IPS Tabor, przedstawionej na rys.6.



Rys. 6. Tablica aparatów układu pneumatycznego lokomotywy 6Dg

Na tablicy pneumatycznej zabudowano następujące układy:

- sterowania hamulcem zespolonym pociągu i lokomotywy,
- sterowania hamulcem dodatkowym lokomotywy,
- sterowania hamulcem zespolonym przy zdalnym radiowym sterowaniu lokomotywą,
- czuwaka, SHP i radiostopu,
- pneumatyczny piasecznic,
- pneumatyczny rozrządu lokomotywy.

W konstrukcji tablicy pneumatycznej przewidziano możliwość zabudowy układu współpracy hamulca elektrodynamicznego z hamulcem pneumatycznym.

Do zasilania układu pneumatycznego na zmodernizowanej lokomotywie wykorzystano agregat sprężarkowy Airpol ze sprężarką śrubową SK15. Silnik asynchroniczny sprężarki zasilany jest z prądnicy pomocniczej poprzez prostownik i falownik napięciem 3x400V DC. Agregat sprężarkowy zabudowany został w przedziale maszynowym przednim. Jest to kompletny zespół zmontowany na własnej ramie.

3.7. Wentylatory silników trakcyjnych.

Chłodzenie silników trakcyjnych realizowane jest na zmodernizowanej lokomotywie 6Dg za pomocą dotychczasowych wentylatorów z napędem od silników asynchronicznych. Zasilanie silników odbywa się z prądnicy pomocniczej poprzez prostownik i falownik. Kanały wentylacyjne wózka przedniego pozostały na zmodernizowanej lokomotywie 6Dg bez zmian konstrukcyjnych. Do rozprowadzenia powietrza chłodzącego silniki trakcyjne wózka tylnego wykorzystano konstrukcję kanałów wózka przedniego montując je na ostoi przedziału maszynowego tylnego jako ich lustrzane odbicie. Dzięki temu ujednolicono typ kanałów wentylacyjnych na zmodernizowanej lokomotywie.

3.8. Układ zabezpieczenia przeciwpożarowego.

W lokomotywie zostały zabudowane dwa obwody sygnalizacji przeciwpożarowej składające się z czujników wykrywania ognia (temperatury) współpracujących z centralką sygnalizacji pożarowej. Czujniki temperatury zlokalizowane są w kabinie maszynisty i szafie WN (jeden obwód) oraz w przedziale silnika spalinowego. Wykrycie ognia sygnalizowane jest na pulpicie maszynisty – lampka sygnalizacyjna oraz sygnalizatorem dźwiękowym. W przypadku wykrycia ognia przez czujniki i informacji centralki, maszynista specjalnym przyciskiem uruchamia system gaszenia. Z chwilą uruchomienia systemu gaszeniowego z przycisku zostaje zatrzymany silnik spalinowy. Na lokomotywie 6Dg został zainstalowany system gaśniczy składający się z układu rurek i dysz oraz butli gaśniczej wypełnionej środkiem gaśniczym FM 200. Butla wyposażona jest w zawór szybkozwalający w celu szybkiego wyzwolenia gazu do przedziału silnikowego. Ponadto lokomotywa wyposażona jest w gaśnice proszkowe umieszczone w kabinie maszynisty, natomiast wszystkie materiały użyte w budowie lokomotywy i jej urządzeń, zespołów oraz instalacja elektryczna spełniają wymagania w zakresie palności, dymienia i toksyczności gazów.

3.9. Układ zdalnego sterowania lokomotywą

W trakcie modernizacji na lokomotywie 6Dg zabudowano układ zdalnego radiowego sterowania lokomotywą. Zastosowano urządzenie systemu Remotus pracujące w układzie duplex, to znaczy, że zadane informacje zostają potwierdzone w panelu sterowniczym operatora. Zainstalowane urządzenie składa się z trzech podstawowych elementów:

- nadajnika (sterownik nadawczy),
- odbiornika zamontowanego na lokomotywie
- anteny odbiorczej na dachu lokomotywy.

Przy użyciu sterownika nadawczego można inicjować na lokomotywie następujące funkcje:

- wybrać kierunek jazdy – przód / tył,
- sterować wzrostem mocy zespołu napędowego,
- hamować (luzować) pociągiem /lokomotywą,
- wybrać trzy stałe prędkości jazdy (zadane),
- sterować piasecznicami,
- sterować zmechanizowanym sprzęgiem samoczynnym,
- zatrzymać lokomotywę – „STOP AWARYJNY”

Nadajnik używany przez operatora posiada zamontowany wewnątrz specjalny wyłącznik przechyłowy, który w razie nagłego przechyłu (upadek operatora) powoduje włączenie „STOPU AWARYJNEGO”.

3.10. Pozostałe zespoły i urządzenia zmodernizowanej lokomotywy 6Dg

W ramach modernizacji lokomotywa uzyskała dodatkowo następujące nowe zespoły i urządzenia:

- tachograf elektroniczny T-130P składający się z nadajnika impulsowego, jednostki centralnej, dwóch kabinowych mierników prędkości, 3-ch kart pamięci i oprogramowania,
- układ podgrzewania cieczy chłodzącej silnika spalinowego (podgrzewacz Webasto Thermo 350),
- ultradźwiękowe urządzenie pomiaru ilości paliwa w zbiorniku,
- zmechanizowany sprzęg śrubowy sterowany ręcznie z przycisków sterowniczych lub drogą radiową,
- układ radiostopu (niezależny od układu czuwaka i SHP).

4. Próby i badania prototypu zmodernizowanej lokomotywy

Po wykonanej modernizacji lokomotywa została przekazana do prób i badań, w ramach których przeprowadzono:

- Sprawdzenie i analiza parametrów geometryczno - fizycznych i własności użytkowych,
- Sprawdzenie wytrzymałości struktury nośnej pojazdu, zespołów i ich mocowania,
- Badania emitowanego hałasu, drgań i sygnałów dźwiękowych.
- Ocena toksyczności spalin silnika spalinowego CAT C27.
- Sprawdzenie zabezpieczenia przeciwpożarowego,
- Sprawdzenie kabiny maszynisty w zakresie ergonomii stanowiska pracy, pola widzenia szlaku, fotel maszynisty.
- Badania stacjonarne i ruchowe modernizowanej lokomotywy spalinowej 6Dg. Badania hamulca pneumatycznego,
- Ocena własności dynamicznych modernizowanej lokomotywy spalinowej 6Dg.

Wyniki prób wyszczególnione i ocenione w sprawozdaniach i raportach potwierdziły założone i deklarowane parametry trakcyjne oraz decydujące o bezpieczeństwie i oddziaływaniu na środowisko naturalne i otoczenie.

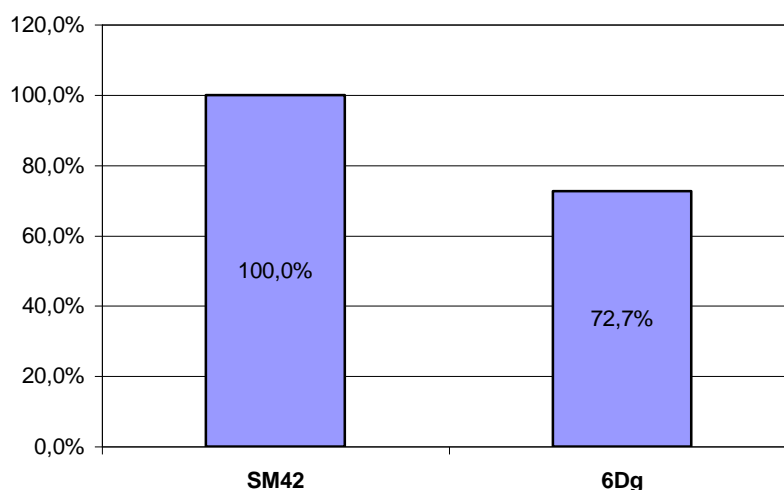
Po próbach i badaniach lokomotywa została przekazana do eksploatacji obserwowanej, która odbywa się na liniach kolejowych i bocznicach ISD Huta Częstochowa. Podczas eksploatacji obserwowanej lokomotywa prowadzi zbiorcze pociągi towarowe o masie 1200 ÷ 1500 ton przy prędkościach w zakresie od 10 do 18 km/h. Z ważniejszych wyników eksploatacji obserwowanej lokomotywy należy odnotować:

- zmniejszenie zużycia paliwa w granicach 25 – 30% w stosunku do lokomotywy przed modernizacją,
- niezawodność pracy zespołu napędowego lokomotywy,
- mniejszy czas wykonywania przeglądów kontrolnych i bieżących.

Biorąc pod uwagę wszystkie wyniki prób i badań stwierdzono, że lokomotywa przeszła cykl badań koniecznych z wynikami pozytywnymi zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 12-10-2005r. Pozwoliło to na uzyskanie przez lokomotywę Świadectwa dopuszczenia do eksploatacji (T/2007/0202) typu pojazdu szynowego.

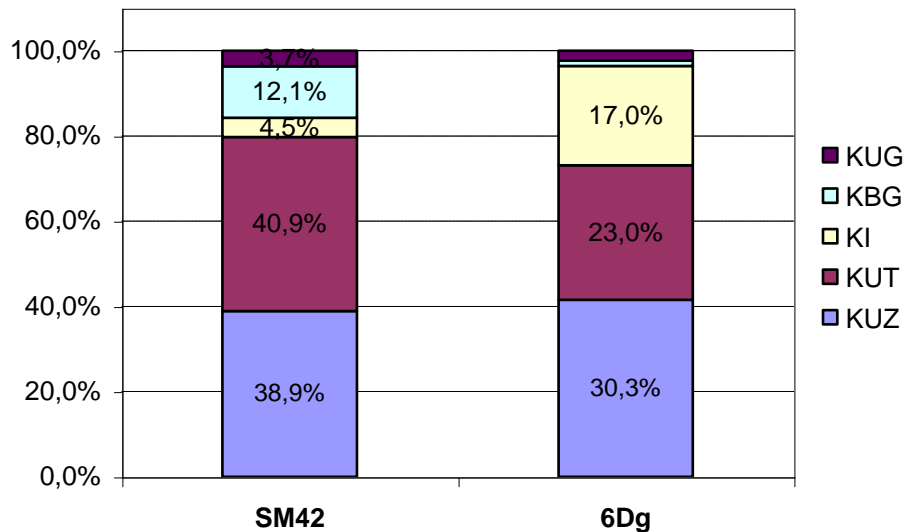
5. Efektywność modernizacji

Ocenę efektywności modernizacji lokomotywy spalinowej 6Dg przeprowadzono w oparciu o analizę LCC (Life Cycle Costs) oraz ekonomiczną analizę korzyści – kosztów CBA (Cost-Benefit Analysis). Przyjęto, że ocena ma charakter porównawczy polegający na porównaniu efektów ekonomicznych uzyskiwanych przy eksploatacji lokomotywy SM42 przed modernizacją do efektów uzyskiwanych po jej modernizacji. Na podstawie przeprowadzonych badań konstrukcji nośnej i układu biegowego lokomotywy założono okres eksploatacji lokomotywy odpowiadający 130 tys. Godzin pracy silnika spalinowego. Na rys. 7 przedstawiono porównanie LCC dla analizowanych wariantów lokomotywy SM42. Lokomotywa 6Dg wykazuje zmniejszenie LCC w przyjętym okresie na poziomie ok. 28%.



Rys. 7. Porównanie LCC dla analizowanych wariantów lokomotywy SM42.

Na rys 8 przedstawiono strukturę kosztów w LCC analizowanych wariantów lokomotywy SM42. Przy wysokich nakładach inwestycyjnych dla lokomotywy 6Dg uzyskuje się obniżenie kosztów utrzymania o około 18%, natomiast kosztów użytkowania o około 9%. Okres zwrotu nakładów poniesionych na modernizację lokomotywy wynosi 6 lat.



Rys. 8. Podstawowe kategorie kosztów w LCC analizowanych wariantów modernizacji lokomotywy SM42.

KUT - koszty utrzymania, KUZ - koszty użytkowania, KI - koszty inwestycyjne, KUG - koszty utrzymania w gotowości dod. lok, KBG - koszty braku gotowości.

6. Zakończenie

Zaprezentowana konstrukcja zmodernizowanej lokomotywy 6Dg oraz jej nowe zespoły i układy to pojazd trakcyjny, który będzie mógł być z powodzeniem eksploatowany przez następne 20 lat. Obecnie prototyp zmodernizowanej lokomotywy 6Dg odbywa, w ramach eksploatacji nadzorowanej, jazdy próbne na PLK. Następne dwie sztuki lokomotyw 6Dg znajdują się w trakcie prac modernizacyjnych, podczas których wdrażane są, między innymi zmiany w zespołach i układach lokomotywy powstałe w wyniku przeprowadzonych dotychczas badań oraz eksploatacji obserwowanej.

7. Bibliografia

1. Marciniak Z.: Dotychczasowe projekty modernizacji lokomotyw spalinowych w Polsce. Technika Transportu Szynowego, 9/2005.
2. Bolewski S., Kowalczyk E.: „Lokomotywy spalinowe serii SM42 i SP42”. WKiŁ, Warszawa 1986.
3. Rydzyński P., Kazimierowski P.: „Raport – Lokomotywy Towarowe oraz manewrowe polskich szlaków i bocznic. Rynek kolejowy nr 1/2003.
4. Tułeczki A.: „Ekonomiczno – techniczne aspekty odnowy parku spalinowych pojazdów trakcyjnych”. Czasopismo Techniczne. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej 2.3-M/2005.

5. Tułeczki A.: „Modele decyzyjne w odnowie parku spalinowych pojazdów trakcyjnych”. Technika Transportu Szynowego 9/2005.
6. Gronowicz J.: „Kierunki zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska przez lokomotywy spalinowe”. Technika Transportu Szynowego 9/2005.
7. Kuczek T., Mrzygłód M.: „Zastosowanie nowoczesnych narzędzi projektowania ergonomii do optymalnego kształtowania kabiny maszynisty lokomotywy”. Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej, seria Transport z.49.2003.