

Conception and realization of 19d locomotive modernization

Koncepcja i realizacja modernizacji lokomotywy 19d

The article presents the main stages of the process of 19D locomotive modernization. The assumptions of locomotive design, stages of conception, realization of modernization, and the final stage of the locomotive are described. The modernization of locomotive was as a part of the realized project of Applied Research Program 3 No PBS3/B6/33/2015 titled: „Platform of modernized combustion 6-axle locomotives meeting the requirements of European Union with using locomotives operated in the country” carried out by the Rail Vehicles Institute ‘TABOR’ in Poznań and the Rail Vehicles PESA Bydgoszcz S.A.

W artykule przedstawiono główne etapy procesu realizacji modernizacji lokomotywy 19D. Opisano założenia projektu lokomotywy, etapy koncepcji, realizacji modernizacji, aż do końcowego etapu powstania lokomotywy. Modernizacja lokomotywy powstała w ramach realizowanego projektu Programu Badań Stosowanych 3 nr PBS3/B6/33/2015 pt.: „Platforma zmodernizowanych spalinowych lokomotyw 6-osiowych spełniających wymagania Unii Europejskiej z wykorzystaniem lokomotyw eksploatowanych w kraju” wykonywanego przez Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu i Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz S.A.

1 INTRODUCTION

This article describes the realization of locomotive modernization of type 19D series SM48 (TEM2).

Locomotive SM48 (industrial designation TEM2) is a single-cab locomotive with power of 880 kW with electrical transmission, intended for service of the eastern border areas in handling, heavy shunting works and also (after the installation of the Polish safety systems) for leading of freight line trains.

An analysis of the technical condition and parameters of the TEM2 locomotives was carried out for the transportation tasks currently being presented by operators, operating costs and ecology. As a result of the analyses it was decided that the most economical solution would be the deep modernization of the TEM2 locomotive.

The scope of tasks involved in the production of modern modernized shunting and line locomotives was as follows:

- simulation analyses for determining the technical and operating parameters of generating sets and the main equipment of machines and apparatus that can be used on a locomotive
- development of model designs for main sets, assemblies and systems
- execution and starting up the models of main sets and assemblies

1 WSTĘP

W niniejszym artykule opisano realizację modernizacji lokomotywy typu 19D serii SM48 (TEM2).

Lokomotywa SM48 (w przemyśle oznaczenie TEM2) jest jednokabinową lokomotywą o mocy 880 kW z przekładnią elektryczną, przeznaczoną do obsługi wschodnich rejonów przygranicznych w pracach przeładunkowych, ciężkich pracach manewrowych, a także (po zabudowie polskich systemów bezpieczeństwa) również do prowadzenia liniowych pociągów towarowych

Dokonano analizy stanu technicznego i parametrów lokomotyw serii TEM2 pod kątem zadań przewoźnych obecnie stawianych przez przewoźników, kosztów eksploatacji i ekologii. W wyniku analiz zdecydowano, że najbardziej ekonomicznym rozwiązaniem będzie przeprowadzenie głębokiej modernizacji lokomotywy TEM2.

Zakres zadań do wykonania związanych z wyprodukowaniem nowoczesnej zmodernizowanej lokomotywy manewrowej i liniowej obejmował:

- analizy symulacyjne dla wyznaczenia parametrów technicznych i eksploatacyjnych zespołów prądowców oraz głównych urządzeń maszyn i aparatów możliwych do zastosowania na lokomotywie

- carrying out the trials and tests of main sets and assemblies
- project preparation
- installation of equipment and assemblies
- preparation of acceptance stands and procedures
- development of technical documentation
- carrying out trials and checking tests on stands and during movement and preparation of procedures for obtaining the documents authorizing for placing in service
- initiation of procedures related to type and operation tests.

The modernized diesel locomotive 19D with axle arrangement CoCo is first of all designed for heavy maneuvering and shunting operations and for leading the freight trains on the standard lines with a track gauge of 1435 mm. The locomotive can optionally operate in multiple gauge traction, which means that it is possible to drive from one cabin to two locomotives.

2. REALIZATION OF LOCOMOTIVE MODERNIZATION

The whole range of works related to modernization was performed by Rail Vehicles PESA Bydgoszcz S.A. on the basis of a constructional project performed by the Rail Vehicles Institute TABOR in Poznań. The dismantling, measuring, rebuilding and verification tasks of the main units and components intended for the further use were carried out with special care to ensure a further reliable operation of the modernized locomotive. The underframe and bogies were subject to the main repair. In both cases, these units were subject to modification to make new assemblies and equipment possible to be built and as well as improving their operational characteristics.

- opracowanie projektów modeli głównych zespołów, układów i systemów
- wykonanie i uruchomienie modeli głównych zespołów i układów
- przeprowadzenie prób i badań głównych zespołów i układów
- przygotowanie projektu
- zabudowa urządzeń i zespołów
- przygotowanie stanowisk odbiorczych i procedur odbiorczych
- opracowanie dokumentacji technicznej
- przeprowadzenie prób i badań sprawdzających na stanowiskach oraz podczas ruchu i przygotowania procedur dla uzyskania dokumentów dopuszczających do ruchu
- uruchomienie procedur związanych z próbami typu i próbami eksploatacyjnymi.

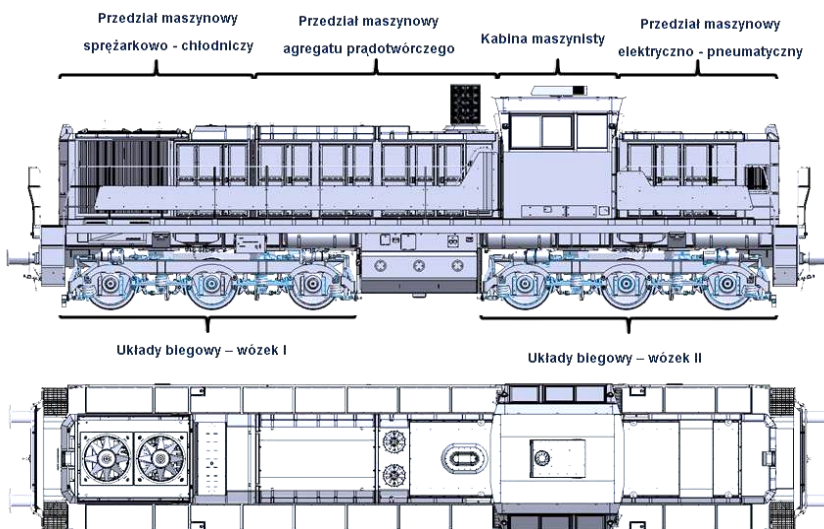
Zmodernizowana lokomotywa spalinowa 19D o układzie CoCo przeznaczona jest przede wszystkim do ciężkich prac manewrowych i przetokowych oraz prowadzenia pociągów towarowych na liniach normalnotorowych o prześwicie toru 1435 mm. Lokomotywa opcjonalnie może pracować w trakcji wielokrotnej, co oznacza, że możliwe jest prowadzenie z jednej kabiny do dwóch lokomotyw.

2 REALIZACJA MODERNIZACJI LOKOMOTYWY

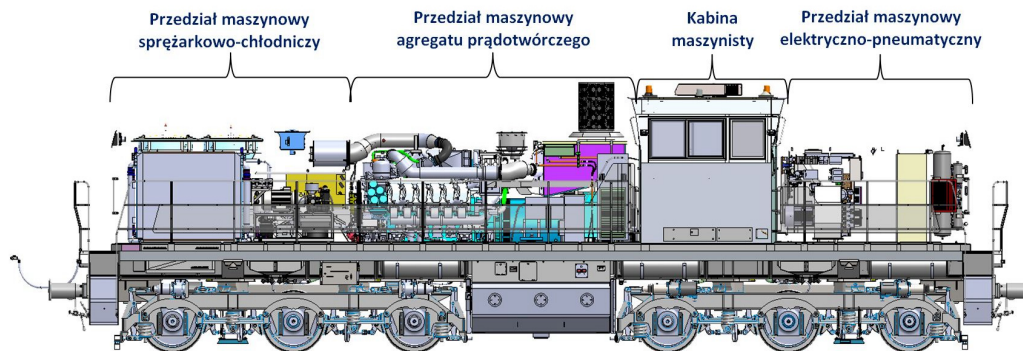
Cały zakres prac związanych z modernizacją został wykonany przez Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz S.A. na podstawie projektu konstrukcyjnego wykonanego przez Instytut Pojazdów Szynowych TABOR w Poznaniu. Prace demontażowe, pomiarowe, odtworzeniowe i weryfikacyjne głównych zespołów i elementów przewidzianych do dalszego zastosowania były przeprowadzane ze szczególną starannością,

aby zapewnić dalszą niezawodną eksploatację zmodernizowanej lokomotywy. Naprawie głównej podlegała ostoja oraz wózki. W obu przypadkach zespoły te zostały poddane modyfikacjom, umożliwiającym zabudowę nowych układów, urządzeń, jak również poprawiającym ich właściwości eksploatacyjne.

Zastosowanie modułowej konstrukcji poszczególnych przedziałów oraz ich sposób montażu na ostoji, pozwoliło na dokonanie wcześniejszego montażu głównych urządzeń wraz z ich okablowaniem poza lokomotywą. Podział poszczególnych przedziałów wraz z rozplanowaniem głównych urządzeń przedstawiono poniżej na rys. 1 i 2.



Rys.1. Rozplanowanie zmodernizowanej lokomotywy 19D
Fig.1. Layout of the modernized 19D locomotive



Rys. 2. Widok zmodernizowanej lokomotywy 19D – rozplanowanie głównych urządzeń i aparatów.
Fig. 2. View of modernized 19D locomotive - layout of main devices and apparatus

Application of the modular construction of individual compartments and their assembly method on the underframe allowed for the earlier assembly of main equipment with their wiring outside the locomotive. The division of individual compartments together with the layout of the main devices is shown in Figures 1 and 2 below.

The locomotive of 19D type is designed as a modular construction. A driver's cab and machine room (compressor - cooling, generator, electric - pneumatic sets) are built on the underframe. The sealing between the flexibly mounted cab and the generators and electric-pneumatic set compartments is realized by means of a deformable lip rubber gasket. A labyrinth sealing is used between the compressor and cooling compartment and the generating set. The access from the top to the devices in the machine rooms is possible after dismantling the appropriate roofs. The access to the compartments from the side and from the front of the platform is provided by the door. The doors are fitted with shutters allowing for the exchange of air from the machine rooms.

The driver's cab conforms to the requirements of the UIC 651. The cab and machine rooms construction is a skeleton constructed of closed sections that are welded together, characterized by high rigidity. The cab is mounted on the locomotive's underframe with four flexible dampers. Thanks to the isolation from the vibrations generated by the devices built in the machine rooms, the comfort of driver's work is significantly improved. Besides the thermal and acoustic insulation the cab is equipped with panoramic windows. The glasses in the windows and doors are made of safety glued glass, and the windscreen and door glasses are electrically heated. Thanks to this solution, the cab is characterized by excellent visibility from the driver's position forward (a large front window) and backward (a large door glass). The front windows and glasses in the doors are equipped with the electric wipers with sprinklers. Two windows are installed in the side walls of the cab, one of which is plug - sliding. The front and side windows are equipped with hand-controlled sun roller-blinds.

Lokomotywę typu 19D zaprojektowano jako konstrukcję modułową. Na ostoi zabudowano kabinę maszynisty oraz przedziały maszynowe (sprężarkowo - chłodniczy, agregatu prądowłórczego, elektryczno - pneumatyczny). Uszczelnienie pomiędzy elastycznie posadowioną kabiną a przedziałami agregatu prądowłórczego i elektryczno - pneumatycznym zrealizowano za pomocą odkształcalnej wargowej uszczelki gumowej. Pomiędzy przedziałem sprężarkowo - chłodniczym a agregatem prądowłórczym zastosowano uszczelnienie labiryntowe. Dostęp od góry do urządzeń w przedziałach maszynowych jest możliwy po demontażu odpowiednich dachów. Dostęp do przedziałów z boku oraz od czoła z poziomu pomostów zapewniają drzwi. W drzwiach zabudowano żaluzje pozwalające na wymianę powietrza z przedziałów maszynowych.

Kabina maszynisty odpowiada wymaganiom karty UIC 651. Konstrukcja nośna kabiny jak i przedziałów maszynowych to szkielety zbudowane z kształtowników zamkniętych pospawanych ze sobą, charakteryzujący się wysoką sztywnością. Kabina posadowiona jest na ostoi lokomotywy przy pomocy czterech elastycznych amortyzatorów. Dzięki izolacji od drgań generowanych przez urządzenia zabudowane w przedziałach maszynowych znacząco poprawił się komfort pracy maszynisty. Kabina oprócz izolacji cieplnej i akustycznej została wyposażona w okna panoramiczne. Szyby w oknach i drzwiach wykonano ze szkła bezpiecznego klejonego, ponadto szyba czołowa i szyba drzwi jest ogrzewana elektrycznie. Dzięki takiemu rozwiązaniu kabina charakteryzuje się znakomitą widocznością ze stanowiska maszynisty do przodu (duże okno czołowe) i do tyłu (duża szyba w drzwiach). Okna czołowe oraz szyby w drzwiach wyposażono w elektryczne wycieraczki ze spryskiwaczami. W bocznych ścianach kabiny zamontowano po dwa okna w tym po jednym odskokowo - przesuwne. Okna czołowe i boczne stałe zostały wyposażone w rolety przeciwsłoneczne sterowane ręcznie. Kabina wyposażona została we wszystkie niezbędne urządzenia i aparaty umożliwiające bezpieczne i funkcjonalne jej eksploatację.

The cab is equipped with all the necessary equipment and devices for safe and functional its operation. The compressor-cooling machine room is made in such a way that it allows the access to the main equipment. The room includes among others: the compressed air production units, the cooling and pre-heating of the combustion engine units, the hydraulic drive systems and the control and maintenance equipment.

The generating set, the combustion engine with damper of exhaust gas from the engine with filter of particulates, the generator set, hydraulic the pump - hydraulic and fuel system, the extinguish installation system, the additional cooling fan for the generator set, the water tank for social purposes and wheel rim lubrication are built in the machine room.

The proper arrangement of individual units allows the easy access from the external platforms built into the locomotive's underframe.

The electric-pneumatic machine room, mounted next to the driver's cab, is designed so that most of the equipment can be assembled outside the locomotive. The room consists of, among others,: SN and NN apparatuses, the pneumatic board with control, auxiliary and timing gear tanks, elements of the headlights control and pneumatic board. The converter cabinet and traction motors fan are the independent systems, which are located directly on the underframe and which are the part of the room.

Figure 3 below shows TEM2-154 locomotive designed for modernization.



Rys. 3. Widok lokomotywy TEM2-154 przed modernizacją
Fig. 3. TEM2-154 locomotive before modernization

During the modernization of the locomotive, some modifications of the underframe were made after the previous main repair to restore it to its constructional dimensions. The first stage was to remove unnecessary components (brackets, piping) located on the underframe and to weld the holes used in the construction of old equipment.

Fig. 4 shows the underframe before modernization, after dismantling of unnecessary units.

Przedział maszynowy sprężarkowo – chłodniczy został wykonany w sposób umożliwiający dostęp do głównych urządzeń. W przedziale zabudowano m.in.: zespoły wytwarzania sprężonego powietrza, zespoły chłodzenia i wstępnego podgrzewania silnika spalinowego, układy napędów hydraulicznych oraz urządzenia starowania i kontroli.

W przedział maszynowy agregatu prądotwórczego zabudowano silnik spalinowy z tłumikiem wylotu spalin z silnika z filtrem cząstek stałych, zespół prądnic, układ pomp – hydraulicznej i paliwa, układ instalacji gaszącej, dodatkowe wentylatory chłodzenia agregatu prądotwórczego, zbiornik wody do celów socjalnych i smarowania obrzeży kół.

Odpowiednie rozmieszczenie poszczególnych zespołów umożliwia łatwy dostęp z zewnętrznych podestów zabudowanych na ostoi lokomotywy.

Przedział maszynowy elektryczno – pneumatyczny, posadowiony przy kabinie maszynisty został tak zaprojektowany tak, aby montaż większości urządzeń mógł być wykonany na zewnątrz lokomotywy. W skład przedziału wchodzi m. in.: aparaty SN i NN, tablica pneumatyczna wraz ze zbiornikami sterującymi, pomocniczymi i rozrządu, elementy sterowania reflektorami i tablicy pneumatycznej. Niezależnymi układami, które posadowione są bezpośrednio na ostoi a wchodzące w skład przedziału jest szafa przetwornic i wentylator silników trakcyjnych.

Poniżej na rys. 3 przedstawiono lokomotywę TEM2-154 przewidzianą do modernizacji.

Podczas modernizacji lokomotywy dokonano modyfikacji ostoi, po wcześniejszej naprawie głównej mającej na celu przywrócenie jej do wymiarów konstrukcyjnych. Pierwszym etapem było usunięcie zbędnych elementów (wsporników, orurowania) znajdujących się na ostoi oraz zaspawania otworów wykorzystywanych przy zabudowie starych urządzeń.

Na rys. 4 przedstawiono ostoję przed modernizacją, po demontażu zbędnych zespołów.



Rys. 4. Widok ostoi lokomotywy TEM2-154 przed modernizacją
Fig. 4. View of the TEM2-154 locomotive before modernization

The next stage was the cleaning and checking the condition of all elements of the underframe: the side-sills together with the reinforcements, the cross-bars and the outside longitudinal beams, paying particular attention to the welds because of their continuity - cracks and defects were not allowed. The tests of welds were carrying out with non-destructive methods to detect discontinuities of welds.

The next stage was the adaptation of the underframe for the installation of new equipment. The underframe of modernized 19D locomotive as well as the individual modules built on the underframe were subjected to a strength assessment by determining the occurring stresses for both special and operational loads. The calculations were done by the finite element method.

Below, figure 5 shows the underframe of the modernized 19D locomotive adapted for the installation of new units and equipment.



Rys. 5. Widok ostoi lokomotywy po modyfikacji uwzględniającej naprawę i przystosowanie pod zabudowę nowych urządzeń i zespołów

Fig. 5. View of the locomotive underframe after modification taking into account the repair and adaptation for the building in the new equipment and assemblies

The bogies of the modernized locomotive were also changed significantly. The main assemblies that were modernized are:

- bogie frame with bracket system,
- wheelset steering,
- brake system,
- air pipe system,
- wheel rim lubrication system,
- sensors system on axle-boxes with wires,
- wheel sanding system,
- train automatic braking system (building in SHP electromagnet),

The modified bogie frame were subjected to static and fatigue strength assessment based on the requirements of PN-EN 13749 standard. The required essential strength calculations were carried out using the MES finite element method. In addition, the static tests of the bogie frame were performed to confirm the computer simulations.

Następnym etapem było oczyszczenie i sprawdzenie stanu wszystkich elementów ostoi: ostojnic wraz ze wzmocnieniami, poprzecznic i zewnętrznych belek wzdłużnych, zwracając szczególną uwagę na spoiny ze względu na ich ciągłość – niedopuszczalne były pęknięcia, ubytki. Wykonano badania spoin metodami nieniszczącymi w celu wykrycia nieciągłości spoin.

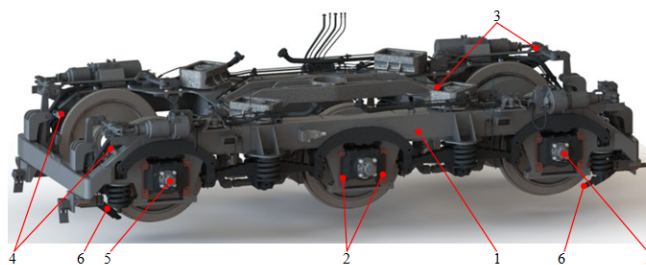
Kolejnym etapem było przystosowanie ostoi do zabudowy nowych urządzeń. Ostoja zmodernizowanej lokomotywy 19D podobnie jak i poszczególne moduły zabudowane na ostoi, poddane zostały ocenie wytrzymałościowej poprzez określenie powstających w niej naprężeń zarówno w przypadku obciążeń nadzwyczajnych jak i eksploatacyjnych. Obliczenia przeprowadzono metodą elementów skończonych.

Poniżej na rys. 5 przedstawiono ostoję zmodernizowanej lokomotywy 19D przystosowaną do zabudowy nowych zespołów i urządzeń.

Znaczącym zmianom poddano również wózki modernizowanej lokomotywy. Do głównych zespołów, które poddano modernizacji należy zaliczyć:

- ramę wózka z układem wsporników,
- prowadzenie zestawu kołowego,
- układ hamulcowy,
- układ przewodów powietrznych,
- układ smarowania obrzeży kół,
- układ czujników na maźnicach wraz z przewodami,
- układ piaskowania kół,
- system samoczynnego hamowania pociągu (zabudowa elektromagnesu SHP),

Zmodyfikowana rama wózka poddana została ocenie wytrzymałości statycznej i zmęczeniowej w oparciu o wymagania zawarte w normie PN-EN 13749. Niezbędne obliczenia wytrzymałościowe przeprowadzono metodą elementów skończonych MES. Ponadto wykonano badania statyczne ramy wózka celem potwierdzenia symulacji komputerowych.

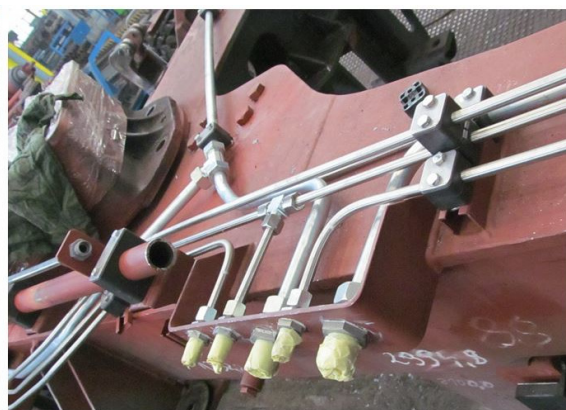


Rys. 6. Ogólne zestawienie wózka zmodernizowanej lokomotywy 19D (1-rama wózka z układem wsporników, 2-prowadzenie zestawu kołowego, 3-układ hamulcowy, 4-smarowanie obrzeży kół, 5-układ czujników na maźnicach, 6-piasecznice)

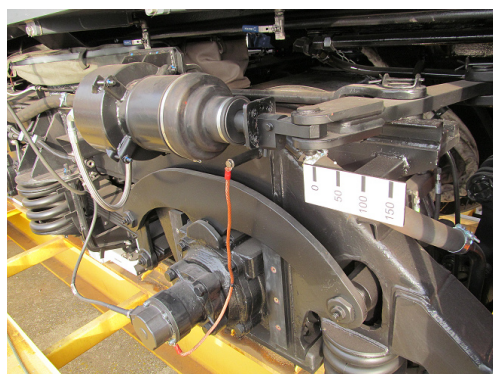
Fig 6. General overview of bogie of modernized 19D locomotive (1-bogie frame with brackets system, 2-wheelset steering, 3-brake system, 4-wheel rim lubrication, 5- sensors system on axle-boxes, 6-sandboxes)

Below fig. 6 ÷ 8 show the modifications made on the modernized bogie.

Ponizej na rys. 6 ÷ 8 przedstawiono modyfikacje przeprowadzone na zmodernizowanym wózku.



Rys. 7. Modyfikacja wózka modernizowanej lokomotywy 19D
Fig. 7. Bogie modification of the modernized 19D locomotive



Rys. 8. Widok ogólny na wózek zmodernizowanej lokomotywy 19D

Fig. 8. General view of the bogie of modernized 19D locomotive

As part of the modernization in the locomotive, the following modern units and devices are used:

- modern combustion engine meeting the requirements of Stage IIIb (according to Directive 2004/26/EC of the European Parliament) within the limitation of emissions of gas and particulate pollutants into the atmosphere
- modern synchronous generators set (main, auxiliary) (fig. 9)
- electrical system meeting the requirements within the noise and disturbance
- auxiliary drives with using AC engines and hydraulic engines (figures 10 and 11)
- modern brake system

The pneumatic brake system consists of, among others.:

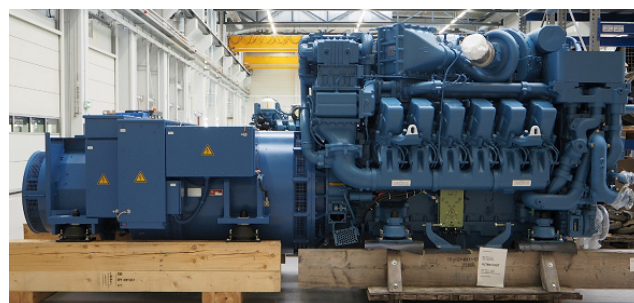
- pneumatic board
- brake cylinders
- module for generation and pre-treatment of air
- adsorption dryer

W ramach modernizacji w lokomotywie zastosowano następujące nowoczesne zespoły i urządzenia:

- nowoczesny silnik spalinowy spełniający wymagania etapu IIIb (zgodnie z wymogami dyrektywy 2004/26/WE Parlamentu Europejskiego) w zakresie ograniczenia emisji zanieczyszczeń gazowych i cząstek stałych do atmosfery
- nowoczesny zespół prądnic (główna, pomocnicza) synchronicznych (rys. 9)
- układ elektryczny spełniający wymagania w zakresie zakłóceń i hałasu
- apędy pomocnicze z wykorzystaniem silników prądu zmiennego i silników hydraulicznych (rys. 10 i 11)
- nowoczesny układ hamulca

W skład układu pneumatycznego hamulca wchodzi min.:

- tablica pneumatyczna
- cylindry hamulcowe
- moduł wytwarzania i wstępnego uzdatniania powietrza
- osuszacz adsorpcyjny



Rys. 9. Zespół prądowórczy zastosowany w zmodernizowanej lokomotywy 19D

Fig. 9. The generator set used in the modernized 19D locomotive



Rys. 10. Układ chłodzenia i wstępnego podgrzewania silnika spalinowego na zmodernizowanej lokomotywie 19D

Fig. 10. System of cooling and pre-heating of combustion engine on modernized 19D locomotive

In the pneumatic board of type 200ZH 99-1 built into the module, the devices being the instrumental in control of locomotive and train brakes are integrated, as well as the devices providing the compressed air distribution for auxiliary pneumatic systems of the locomotive. The pneumatic, electro-pneumatic, electric and microprocessor controllers required for performing the above mentioned functions and all connections between these devices (pneumatic, electric and computer) are built in this board.

Devices grouped on the pneumatic board allow to control the following brakes:

- pneumatic continuous brake of train,
- pneumatic continuous brake of locomotive
- pneumatic auxiliary brake of locomotive which also realizes the function of an anti-skid brake during its start-up,
- spring actuator parking brake of locomotive.

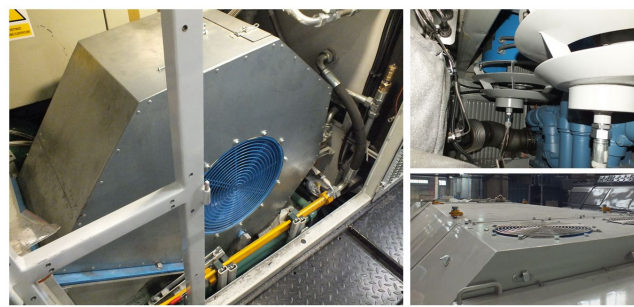
The sandbox, sirens and timing gear tanks are also supplied with compressed air through the pneumatic brake of this type. In addition, the brake condition signaling system is also powered thorough the board.

The compressed air production and pre-treatment module was designed to meet the very difficult and special operating conditions encountered on the railways in the moderate climate zone.



Rys. 12. Zabudowa głównych zespołów układu pneumatycznego w zmodernizowanej lokomotywie 19D

Fig. 12. Installation of the main units of pneumatic system in the modernized 19D locomotive



Rys. 11. Widok ogólny na zabudowę wentylatorów chłodzenia silników trakcyjnych i pomocniczych wentylatorów chłodzenia przedziału maszynowego agregatu prądowłórczego

Fig. 11. General view of installation of the cooling fans for traction engines and auxiliary cooling fans of the machine room of the generator set

W tablicy pneumatycznej typu 200ZH 99-1 zabudowanej w module, zintegrowano urządzenia pośredniczące w sterowaniu hamulcami lokomotywy i urządzenia sterowania hamulcem pociągu oraz urządzenia zapewniające rozrząd sprężonego powietrza dla pomocniczych układów pneumatycznych lokomotywy. Na tablicy tej zabudowane są aparaty pneumatyczne, elektropneumatyczne, elektryczne i sterowniki mikroprocesorowe niezbędne do wykonywania wyżej opisanych funkcji oraz wszystkie połączenia pomiędzy tymi urządzeniami (pneumatyczne, elektryczne i informatyczne).

Urządzenia zgrupowane na tablicy pneumatycznej umożliwiają sterowanie następującymi hamulcami:

- pneumatycznym hamulcem zespolonym pociągu,
- pneumatycznym hamulcem zespolonym lokomotywy
- pneumatycznym hamulcem dodatkowym lokomotywy realizującym też funkcję podhamowania przeciwpoślizgowego podczas jej rozruchu,
- sprężynowym hamulcem postojowym lokomotywy.

Za pośrednictwem tablicy pneumatycznej tego typu odbywa się też zasilanie sprężonym powietrzem piasecznic, syren i zbiornika rozrządu. Ponadto za pośrednictwem tablicy zasilany jest też układ sygnalizacji stanu hamulców.

Moduł wytwarzania i wstępnego uzdatniania sprężonego powietrza zaprojektowano, by sprostać bardzo trudnym i szczególnym warunkom eksploatacyjnym spotykanym na kolei w umiarkowanej strefie klimatycznej.

Moduł przeznaczony jest do wytwarzania sprężonego powietrza, niezbędnego do zasilania układów i zespołów pneumatycznych (w tym modułu tablicy pneumatycznej), w które wyposażona jest lokomotywa 19D.

Zabudowę głównych zespołów układu pneumatycznego pokazano poniżej na rysunku.

The module is designed for the production of compressed air necessary for the supply of systems and pneumatic units (including the pneumatic board module), which 19D locomotive is equipped with.

The installation of main units of the pneumatic system is shown below.

- f) microprocessor control and diagnostics system of the drive and the whole locomotive

The control system on the modernized locomotive is realized through the microprocessor system.

The controllers are built in the SN/NN cabinet and perform the following functions:

- control of main generator and auxiliary generator activation
- locomotive timing gear control depending on preset and current operating conditions
- compressor control
- cooperation with pneumatic board
- shunting system control
- cooperation with the CAN network of the locomotive
- cooperation with the combustion engine controller.

The proposed for installation distributed control system consists of several controllers such as a locomotive controller, a combustion engine controller, the brake system controllers, the converters and the auxiliary circuits that will be delivered with other ready units. The controller of locomotive will have the superior function. On the way of data exchange and through appropriate software it is possible to control the power of the locomotive, the starting up of the combustion engine, and the transmission of diagnostic data concerning the condition of the combustion engine. The other equally important objects of the controller are converters. The type of operation of the locomotive, the battery charge status, operation of auxiliary circuit devices such as traction engine fans or compressors will depend on their control.

Below figure 13 shows the location of the main electrical equipment.

- g) modern control cab with the independent desk-chair system, with the new acoustic and thermal insulation and linings, equipped with the air conditioner, fridge, cooker and sink for improved comfort of service.

Below figures 14÷17 present the cab before and after modernization.

- h) modern system of detection, signaling and extinguishing of machine rooms

The locomotive is equipped with a fire protection installation consisting of fire detection system (sensors in the rooms of generator set, compressor and cooling, in SN and

- f) mikroprocesorowy układ sterowania i diagnostyki napędem i całą lokomotywą

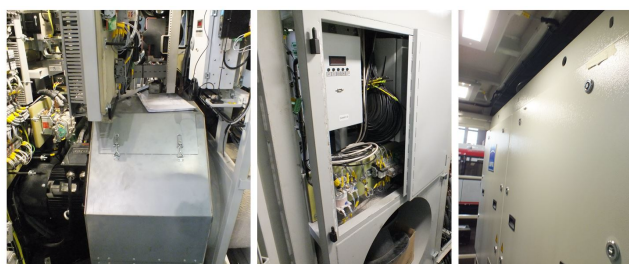
Układ sterowania na zmodernizowanej lokomotywie realizowany jest za pośrednictwem systemu mikroprocesorowego.

Sterowniki zabudowane są w szafie SN/NN realizuje następujące funkcje:

- regulacja wzbudzeniem prądnicy głównej i pomocniczej
- sterowanie układem rozrządu lokomotywy w zależności od zadanych i aktualnych warunków eksploatacji
- sterowanie sprężarką
- współpraca z tablicą pneumatyczną
- sterowanie układem bocznikowania
- współpraca z siecią CAN lokomotywy
- współpraca z sterownikiem silnika spalinowego.

Proponowany do zabudowany system rozproszony sterowania składa się z kilku sterowników takich jak: sterownik lokomotywy, sterownik silnika spalinowego, sterowniki układu hamulcowego, przekształtników oraz obwodów pomocniczych, które będą dostarczane z innymi gotowymi zespołami. Nadrzędną funkcję będzie pełnił sterownik lokomotywy. Na drodze wymiany danych i dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu jest możliwe sterowanie mocą lokomotywy, rozruchem silnika spalinowego, a także przekazywaniem danych diagnostycznych dotyczących stanu silnika spalinowego. Drugimi, równie ważnymi obiektami sterownika są przekształtniki. To od ich sterowania zależeć będzie rodzaj pracy lokomotywy; stan ładowania baterii akumulatorów, praca urządzeń obwodów pomocniczych takich jak wentylatory silników trakcyjnych czy sprężarki.

Poniżej na rys. 13 pokazano umiejscowienie głównych urządzeń elektrycznych.



Rys.13. Zabudowa głównych urządzeń elektrycznych w lokomotywie 19D

Fig.13. Installation of the main electrical equipment in 19D locomotive

- g) nowoczesną kabinę sterowniczą z niezależnymi układami pulpitu-fotel, z nową izolacją akustyczną i termiczną oraz wyłożeniami wyposażoną w klimatyzator, lodówkę, kuchenkę oraz umywalkę dla poprawy komfortu obsługi.

Poniżej przedstawiono na rys. 14÷17 kabinę przed i po modernizacji.

NN cabinets, pneumatic room, driver's cab and under the desk), signaling system supervised by the locomotive controller (optical and acoustic in the cab, optical and acoustic on the underframe, acoustic on the roof of the cab, acoustic under the side-sill (on the locomotive's heads)) and the stationary fire extinguishing system in the generator set room.

Six generators of the aerosol (containers with extinguishing agent) are placed in the generator set room. If a fire detection sensor works, the information is sent to the appropriate fire control controllers (in the desk, in the NN cabinet, on the front in the compressor/cooling room). Depending on the situation (the location of the fire, the locomotive at standstill or working, carrying out the test) the appropriate alarm signals are started (under and on the underframe, the sirens on the cab's roof, the buzzer in the cab), as well as the optical signaling on the underframe and in the cab (signal lights, operator panel). The decision to activate a permanent extinguishing installation remains on the side of the driver.



Rys. 17. Kabina maszynisty zmodernizowanej lokomotywy 19D – widok na główny pulpit i panel manewrowy
Fig 17. Kabina maszynisty zmodernizowanej lokomotywy 19D – widok na główny pulpit i panel manewrowy



Rys. 18. Rozmieszczenie instalacji przeciwpożarowej z rozmieszczonymi czujnikami wykrywania pożaru w przedziale agregatu prądowłórczego, na zmodernizowanej lokomotywie 19D

Fig. 18. Arrangement of fire protection system with arranged fire detection sensors in the generator set room, on modernized 19D locomotive

During the works, the main fuel tank was also modified, not only for the combustion engine, but also for the pre-heating system of the engine .

To each of devices, the fuel is supplied from the tank with an independent fuel pipe. The excess of fuel returns from the equipment to the tank with a common overflow pipe. The fuel filter and pump are built



Rys. 14. Kabina maszynisty lokomotywy TEM2-154 przed modernizacją

Fig. 14. Driver's cab of TEM2-154 locomotive before modernization



Rys. 15. Kabina maszynisty zmodernizowanej lokomotywy 19D – widok na pulpit sterowniczy 1
Fig. 15. Driver's cab of modernized 19D locomotive – view of control desk 1



Rys. 16. Kabina maszynisty zmodernizowanej lokomotywy 19D – widok na pulpit sterowniczy 2
Fig. 16. Driver's cab of modernized 19D locomotive – view of control desk 2

h) nowoczesny system wykrywania, sygnalizacji i gaszenia przedziałów maszynowych.

Lokomotywa została wyposażona w instalację przeciwpożarową składającą się z układu wykrywania pożaru (czujniki w przedziałach: agregatu prądowłórczego, sprężarkowo-chłodniczym, w szafach SN i NN, pneumatycznym, kabinie maszynisty i pod pulpitem), z układu sygnalizacji nadzorowanego przez sterownik lokomotywy (optycznego i akustycznego w kabinie, optycznego i akustycznego na ostoi, akustycznego na dachu kabiny, akustycznego pod ostoją (na czołach lokomotywy)) oraz stacjonarnego systemu gaszenia pożaru w przedziale agregatu prądowłórczego.

W przedziale agregatu prądowłórczego umieszczono sześć generatorów aerozolu (pojemników z czynnikiem gaszącym). W przypadku zadziałania czujnika wykrywania pożaru informacja zostaje przesłana do odpowiednich sterowników kontrolujących układ przeciwpożarowy (w pulpicie, w szafie NN, na czole w przedziale sprężarkowo - chłodniczym). W zależności od sytuacji (miejsce wystąpienia pożaru, lokomotywa na postoju lub pracująca, wykonywanie testu) zostają uruchomione odpowiednie sygnały alarmowe (pod i na ostoi, syreny na dachu kabiny, buczek w kabinie), jak również sygnalizacja optyczna na ostoi, i w kabinie (lampki sygnalizacyjne, panel operatorski). Decyzja o uruchomieniu stałej instalacji gaszącej pozostaje po stronie maszynisty.

on the pipe supplying the combustion engine.

Two hydrostatic fuel probes and two vent valves also functioned as safety valves are fitted in the fuel tank. Filling of the tank is done gravitationally through the filling connections located on both sides of the locomotive behind the tank covers. The access to them is possible after opening the flap closed with the conductor's key.

The locomotive is adapted to use the METRONIX fuel consumption monitoring system. The METRONIX system calculates the amount of fuel in the tank and the fuel consumption by the vehicle based on the data recorded by the hydrostatic fuel probes. The signals from the fuel probes are recorded by the measuring module of the system control panel. Data is transferred to the location and data transmission module, from where they are sent to the fuel level gauges and with the GSM network to dispatcher application.

Modification of the fuel tank is shown in fig. 19.



Rys. 19. Widok zbiornika paliwa przed i po modernizacji.

Fig. 19. View of the fuel tank before and after modernization.

The table below shows the main parameters of the base TEM2 locomotive and 19D locomotive (after modernization).

W trakcie prowadzonych prac, modyfikacji poddano także główny zbiornik paliwa, zasilający nie tylko silnik spalinowy, ale również system podgrzewania wstępnego silnika.

Do każdego z urządzeń paliwo ze zbiornika dostarczane jest niezależnym przewodem paliwowym. Nadmiar paliwa powraca z urządzeń do zbiornika wspólnym przewodem przelewowym. Na przewodzie zasilającym silnik spalinowy zabudowano min. filtr paliwa oraz pompę.

W zbiorniku paliwa zamontowano dwie hydrostatyczne sondy paliwa oraz dwa zawory odpowietrzające pełniące również funkcje zaworów bezpieczeństwa. Napełnianie zbiornika odbywa się grawitacyjnie przez króćce do napełniania umieszczone po obu stronach lokomotywy za osłonami zbiornika. Dostęp do nich jest możliwy po otwarciu klapki zamykanej na klucz konduktorski.

Lokomotywa przystosowana została do zastosowania systemu monitorowania zużycia paliwa METRONIX. System METRONIX oblicza ilość paliwa w zbiorniku oraz zużycie paliwa przez pojazd na podstawie danych rejestrowanych przez hydrostatyczne sondy paliwowe. Sygnały z sond paliwowych są rejestrowane przez moduł pomiarowy centralki systemu. Dane przekazywane są do modułu lokalizacji i transmisji danych, skąd dalej przesyłane są do wskaźników bocznych poziomu paliwa oraz poprzez sieć GSM do aplikacji dyspozytorskiej.

Modyfikację zbiornika paliwa przedstawiono na rys. 19.

W tabelicy poniżej przedstawiono główne parametry lokomotywy bazowej TEM2 i lokomotywy 19D (po modernizacji).

Porównanie parametrów lok. TEM2 (przed modernizacją) z parametrami lokomotywy 19D
Comparison of parameters of TEM2 locomotive (before modernization) with parameters of 19D locomotive

Lp./ Item	Wielkość , parametr/ Characteristic, parameter	Jedn./ Unit	Wartość/Value	
			Przed modern./Before modernization	Po modernizacji/ After modernization
1.	Producent lokomotywy bazowej/Producer of base locomotive	-	ZSRR BMZ Briańsk	
2.	Typ/Type	-	TEM2	19D
3.	Masa służbowa lokomotywy/Weight in working order	[Mg]	118 ^{-3%}	
4.	Prędkość maksymalna/Maximum speed	[km/h]	100	
5.	Rodzaj przekładni/ Kind of transmission	-	Elektryczna/Electric	Elektryczna/Electric
			DC - DC	AC - DC
6.	Hamulec/Brake	-	- zasadniczy/service	Matrosow
			- postojowy/parking	MH
7.	Urządzenia bezpieczeństwa ruchu/Traffic safety devices	-	Brak/lack	SHP, CA, RS

8.	Silnik spalinowy:/ Combustion engine:	- producent/producer	-	ZSRR	MTU
		- typ/type	-	PD1M	12V 4000 R84
		- moc znamionowa/nominal power	[kW]	883	1800
		- obroty/revolutions	[min ⁻¹]	750	1800
		- emisja zanieczyszczeń/emission of pollution	-	Brak danych/ no data	EU 26/2004 etap III B/stage III B
		- zużycie paliwa/fuel consumption	g / kW•h	229	202 ^{+5%}
		- zużycie oleju/oil consumption	g / kW•h	Brak danych/no data	0,2% zużycia paliwa/ 0,2% of fuel consumption
9.	Prądnicą główną/ Main generator	- wytwórnia/factory	[kW]	ZSRR GP-300BU2	Jenoptik Nowa prądu przem. z prostownikiem 1800 / Jenoptik Nowa alternating current with rectifier 1800
		- typ/type			
		- moc znamionowa ciągła/continuous nominal power		780	
10.	Prądnicą pomocniczą/ Auxiliary generator	- wytwórnia/factory	-	ZSRR MWG-25/IIU2 5,75 kW	Jenoptik-prądu przem. z przetwornicami 120 kVA/ Jenoptik-alternating current with converters 120 kVA
11.	Silniki trakcyjne/Traction engines	- typ/type	-	ED 118 AU2	
		- moc znamionowa ciągła/ continuous nominal power	kW	105	~ 240
12.	Prędkościomierz/Speedometer		---	Hasler RT9	DEUTA REDBOX
13.	Napięcie obwodów sterowania/ Control circuits voltage		[V]	75	24
14.	System sterowania /Control system		-	Elektryczny/Electric	Mikroprocesorowy/Microprocessor
15.	Sprężarka powietrza:/ Air compressor	- rodzaj, napęd/ type, drive	-	Tłokowa, od wału korb./Piston, from crank- shaft	Śrubowa, silnik elektryczny, 3x400 V AC,22kW 2,9/Screw, electric engine, 3x400 V AC,22kW 2,9
		- wydajność/output	m ³ / min	4,6	
16.	Napęd wentylatora chłodnicy/ Drive of radiator fan		-	Wał Cardana/Cardan shaft	Hydrostatyczny – płynna regulacja Obrotów/ Hydrostatic - smooth adjustment of revolutions
17.	Napęd wentylatorów silników trakcyjnych/ Drive of traction engines fans		-	Przekładnia pasowa/ Belt transmission	Silnik elektryczny 3x400 V AC/Electric engine 3x400 V AC
18.	Kabina maszynisty/Driver's cab		-		Nowe wyposażenie spełniające aktualne wymagania w zakresie ergonomii i bezpieczeństwa pracy/ New equipment that meets the current requirements for ergonomics and work safety
19.	Stałe urządzenie gaśnicze przedz. Silnika/ Fixed fire-extinguishing device of engine room		-	Brak/no	GENERATOR AEROZOLU
20.	Sterowanie radiowe/Radio control		-	Brak/no	REMOTUS 9000
21.	Projektory czoła lokomotywy/Head-lights of locomotive head		-	Żarówki/Bulbs	Reflektory halogenowe i diodowe/ Halogen and diode head-lights
22.	Podgrzewacz wody/ Water heater	- wytwórnia/factory	[kW]	Brak/no	HT - WEBASTO THERMO 350 LT- WEBASTO DBW-2016 2x35 i 16
		- typ/type			
		- moc cieplna/thermal power			

Below fig. 20 shows the modernized 19D locomotive during the final test trials.

Poniziej na rys. 20 przedstawiono zmodernizowaną lokomotywę 19D w trakcie realizowanych końcowych prób.



Rys. 20. Widok zmodernizowanej lokomotywy 19D
Fig. 20. View of modernized 19D locomotive

3 CONCLUSIONS

The 19D locomotive is a modern, friendly for user locomotive with many solutions improving the operation comfort and safety. At present 19D locomotive is the strongest locomotive of this type on the Polish market and it can perform the heaviest shunting works and carry the heavy freight wagon sets. The modernized locomotive was subjected to a number of required trials, tests and inspections confirming the correctness of the solutions and meeting the requirements of modern locomotives.

3 PODSUMOWANIE

Lokomotywa 19D jest nowoczesną lokomotywą, przyjazną użytkownikowi, posiadającą wiele rozwiązań poprawiających komfort obsługi oraz bezpieczeństwo użytkowania. Obecnie na rynku polskim lokomotywa 19D jest najsilniejszą tego typu lokomotywą pozwalającą wykonywać najcięższe prace manewrowe oraz prowadzić ciężkie składy towarowe. Zmodernizowana lokomotywa przeszła szereg wymaganych prób, badań i sprawdzeń potwierdzających poprawność rozwiązań i spełnienie wymagań stawianym nowoczesnym lokomotywom.

Bibliografia

- [1] Marciniak Z.: *Projekty modernizacyjne spalinowych lokomotyw liniowych i manewrowych wykonanych w Instytucie Pojazdów Szynowych. Logistyka, 2010 nr 4.*
- [2] Marciniak Z.: *Zmodernizowane w ostatnich latach lokomotywy elektryczne i spalinowe w Polsce. Technika Transportu Szynowego, 2011 nr 4*
- [3] Czerwiński J., Dobrowolski P., Jakuszko W., Michalak P.: *Możliwości zmiany istotnych dla środowiska parametrów eksploatacyjnych spalinowych lokomotyw 6-osiowych przez modernizację zespołów. Pojazdy Szynowe, 2015 nr 4*
- [4] Czerwiński J., Jakuszko W., Michalak P.: *Proces projektowania zmodernizowanej lokomotywy 19D. Pojazdy Szynowe, 2016 nr 3*
- [5] Milecki Sz., Miklasz R.: *Modernizacja wózków lokomotywy TEM2 w kierunku zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska. Konferencja Naukowo-Techniczna „ochrona Środowiska i Oszczędność Energii e Transporcie Szynowym”, Trzebow k. Poznania 2015r.*
- [6] Michalak P., Jakuszko W.: *Nowe rozwiązania i układy w modernizowanej lokomotywie spalinowej typu 19D serii SM48 zwiększające niezawodność i bezpieczeństwo w eksploatacji. VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, „Systemy Logistyczne Teoria i Praktyka”, Warszawa 2015r.*
- [7] Miklasz R., Antkowiak T., Michalak P.: *Modernizacja wózków lokomotywy 19D w kierunku zmniejszenia częstości obsługi eksploatacyjnej. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa „najnowsze technologie w transporcie szynowym., Józefów k. Warszawy – 2015r.*
- [8] Michalak P., Jakuszko W., Czerwiński J.: *Projekt lokomotywy 19D jako podstawa wersji platformy zmodernizowanych lokomotyw serii SM48 i ST44. IV Międzynarodowa Konferencja Naukowa „najnowsze technologie w transporcie szynowym., Józefów k. Warszawy – 2015r.*

Bibliography