

Zmodernizowane kabiny sterownicze lokomotyw elektrycznych i spalinowych

W artykule dokonano przeglądu kabin sterowniczych wybranych lokomotyw i stanowisk sterowniczych przed modernizacją, pokazano przebieg prac przy modernizacji kabin lokomotyw z wykorzystaniem modeli 3D kabin lokomotyw przed modernizacją, a po modernizacji pokazano modele 3D zmodernizowanych kabin i nowych stanowisk sterowniczych (konsola, dolna część pulpitu) razem z fotelami oraz zaprezentowano widoki lokomotyw po modernizacji wraz z kabinami i stanowiskami sterowniczymi po modernizacji. Praca dotycząca modernizacji kabin została wykonana w ramach projektu rozwojowego NR 10-0062-10/2011 pt. „Lokomotywy manewrowe z hybrydowym układem napędowym z wykorzystaniem wysokowydajnych zasobników energii” i sfinansowana przez NCBR.

1. WSTĘP

Obecnie eksploatowane na liniach kolejowych pojazdy szynowe takie, jak lokomotywy liniowe, lokomotywy manewrowe, zespoły trakcyjne, autobusy szynowe znajdują się w różnym stanie technicznym. Po wielu latach niedoinwestowania polskich kolei tabor, a szczególnie lokomotyw spalinowe, wymaga modernizacji.

Średni wiek lokomotyw największych przewoźników na rynku pasażerskim, PKP Intercity oraz Przewozów Regionalnych, aktualnie przekracza 26 lat. Na rynku przewozów towarowych na ogólną liczbę eksploatowanych ~ 3500 lokomotyw, ~ 1600 miało więcej niż 30 lat, a ~ 1700 miało 26÷30 lat, natomiast tylko ~150 było w wieku 16÷25 lat, zaś kilkanaście lokomotyw (będących w posiadaniu PKP CARGO) nie przekroczyło 15 lat. Lokomotywy będące w posiadaniu prywatnych przewoźników (ponad 400 sztuk) to lokomotywy, których wiek przekracza 40 lat.

Ze względów ekonomicznych nie jest możliwa w krótkim czasie wymiana całego taboru, na nowy spełniający aktualne wymagania i przepisy (UIC-651, UIC-612), oraz odpowiednich norm PN-EN. Wiele tych pojazdów ma ograniczone możliwości eksploatacyjne, ze względu na stan techniczny i warunki pracy obsługi oraz wymagania środowiskowe. Z kolei nowe pojazdy są zbyt drogie, pozostaje zatem modernizacja.

Drugą przesłanką opłacalności modernizacji lokomotyw liniowych jest to, że na ogół ostoja i szkielety pudła są w dobrym stanie, nie są skorodowane i mają wystarczającą wytrzymałość. Wynika to między innymi przyjętymi w czasach ich budowy wysokimi współczynnikami bezpieczeństwa.

Jednym z ważniejszych elementów lokomotyw jest kabina sterownicza. W starych kabinach lokomotyw warunki pracy maszynisty nie spełniają już współczesnych wymagań, odnośnie ergonomii, komfortu klimatycznego i akustycznego oraz wyposażenia, dlatego przy okazji modernizacji lokomotyw zachodzi konieczność gruntownej modernizacji kabin sterowniczych, stanowiska sterowniczego, podłogi, wyłożenia kabiny, oświetlenia, izolacji termicznej i akustycznej. Ponadto kabina powinna być wyposażona w urządzenia socjalne jak szafki, kuchenki, umywalkę oraz lodówkę.

Całe wnętrze kabiny powinno spełniać warunki wg UIC-651 [5] oraz wymagania odpowiednich norm PN-EN, zaś stanowisko sterownicze wymagania UIC-612 [4] oraz wyposażone być wyposażone w ergonomiczne fotele z możliwością regulacji.

2. KABINY STEROWNICZE LOKOMOTYW PRZED MODERNIZACJĄ

2.1. Lokomotywa spalinowa 301Db (SP45 i SU45)

Lokomotywy te powstały w latach 1970-1976 w Zakładach Metalowych im. H. Cegielskiego w Poznaniu. Były one przeznaczone do ruchu towarowego oraz pasażerskiego (SP45) na nieelektryfikowanych liniach kolejowych. Ogółem wyprodukowano 270 lokomotyw tego typu. SP45 jest lokomotywą sześćosiową o układzie osi Co-Co (dwa wózki trzyosiowe). Po modernizacji polegającej na ujednoczeniu systemu (ogrzewanie elektryczne zamiast parowego), zmodernizowane pojazdy oznaczono serią SU45.

Pudło lokomotywy stanowi spawana ostoja i ściany boczne, które wraz z dachem stanowią konstrukcję samonośną. Na obu końcach ostoi umieszczono szkielety kabiny maszynisty, które są przyspawane do ścian bocznych i ostoi.



Rys. 1. Widoki ogólne lokomotywy i kabiny oraz stanowiska sterowniczego 301Db (SU45) przed modernizacją

2.2. Lokomotywa spalinowa 303D (SU46)

Projekt tej lokomotywy powstał w 1972 roku jako rozwinięcie konstrukcji lokomotywy 301Db (serii SP45). Lokomotywy powstały w latach 1974 ÷ 1977. Wyprodukowano 52 sztuk lokomotyw a w roku 1985 wykonano jeszcze dwa zmodyfikowane egzemplarze. Były one przeznaczone do ruchu pasażerskiego i towarowego na niezelektryfikowanych liniach kolejowych.



Rys. 2. Widok lokomotywy i kabiny 303D (SU46) przed modernizacją

2.3. Lokomotywa elektryczna 201E (ET22)

Założenia konstrukcyjne opracowano w latach 1965–1966, a prototypy wyprodukowane zostały w Pafawagu Wrocław w 1969. W roku 1972 ruszyła produkcja seryjna. Są to lokomotywy przeznaczone do ciężkich przewozów towarowych. Dla PKP wyprodukowano ogółem 1183 sztuk.



Rys. 3. Widok lokomotywy i kabiny 201E (ET22) przed modernizacją

2.4. Lokomotywa elektryczna (4E) EU-07

Produkcję tych lokomotyw rozpoczęto od 1965 w Pafawagu we Wrocławiu i do roku 1974 zbudowano 240 sztuk EU-07 (typ 4E). W 1983 produkcję wznowiono w zakładach „H. Cegielskiego” w Poznaniu jako seria EU-07 (typ 303E).

W nowej EU07 pojawiło się wiele modyfikacji i nadano jej oznaczenie fabryczne 303E. Lokomotyw tego typu wykonano łącznie 243 (numery 301-543). Produkcję seryjną kontynuowano aż do roku 1992.

Te uniwersalne lokomotywy przeznaczone są do prowadzenia pociągów pośpiesznych o masie do 700 t z prędkością maksymalną do 125 km/h albo lekkich pociągów towarowych o masie do 2000 t z prędkością maksymalną 70 km/h.

W modelu 303E zastąpiono dotychczasowe pudła samonośne pudłami z ostojnicą i bocznymi ścianami ryflowanymi, zamontowano również większe zgarniacze pod czołownicą.



Rys. 4. Widok lokomotywy i kabiny 4E (EU-07) przed modernizacją

2.5. Lokomotywa spalinowa SP32

Lokomotywy SP32 powstały w 1985 roku na zamówienie PKP i były produkowane w Rumunii. Zostały one przeznaczone do obsługi lekkiego ruchu pasażerskiego. Wyprodukowano łącznie dla PKP 150 sztuk tych lokomotyw. Lokomotywę tą pokazano wraz ze stanowiskiem sterowniczym na rys. 5.



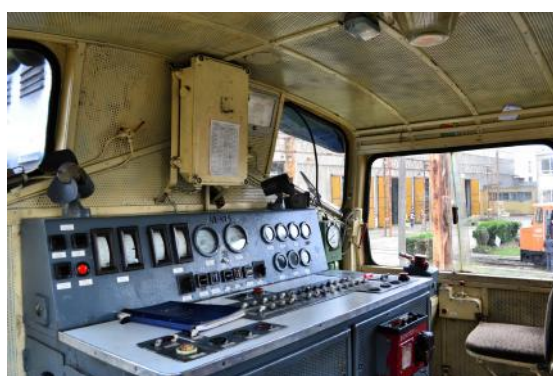
Rys. 5 Widok lokomotywy i kabiny SP32 przed modernizacją

2.6. Lokomotywa spalinowa manewrowa 6D (SM42)

Jest to podstawowa manewrowa lokomotywa spalinowa przeznaczona do ciężkich prac manewrowych oraz prowadzenia pociągów. Została zaprojektowana na przełomie lat 50 i 60-tych. Produkcja tej lokomotywy była prowadzona do roku 1981 i została wznowiona w niewielkim zakresie w 1985 roku. Łącznie wyprodukowano ponad 660 sztuk tych lokomotyw.

Lokomotywy te są eksploatowane zarówno na torach PKP, torach leżących na terenach zakładów produkcyjnych jak oraz stacjach rozrządowych.

Widoki tej lokomotywy i wnętrza kabiny ze stanowiskiem sterowniczym przed modernizacją przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Widok lokomotywy i kabiny SM42 (6D) przed modernizacją

3. MODELE 3D LOKOMOTYW PRZED MODERNIZACJĄ

Z uwagi na charakter pracy przy pracach projektowo-koncepcyjnych i obliczeniach (praca narzędziami w systemach 3D), dostępne dane wyjściowe pudła lokomotyw przed modernizacją w postaci dokumentacji płaskiej (papierowej), są niewystarczające.

Dlatego przed przystąpieniem do dalszych prac, konieczna jest konwersja danych rysunkowych pudła lokomotyw do modelu 3D (ostoi i ścian bocznych oraz kabin), jako najbardziej przydatnego do dalszych prac projektowych [8].

Na podstawie dostępnej dokumentacji technicznej (w postaci papierowej) dokonano konwersji wybranych fragmentów konstrukcji lokomotywy, szkieletu pudła z poszyciem, ostoi i obu szkieletów kabiny z poszyciem na końcu pudła w skali 1:1.

W modelach tych pominięto stare wyłożenia, pulpity, różne instalacje (pneumatyczne, wodne i elektryczne), części przyspawane, gdyż w modernizowanych lokomotywach będą one robiono na nowo. Modele 3D poszczególnych lokomotyw przed modernizacją przedstawiono na rys 7 ÷ 11 [9].



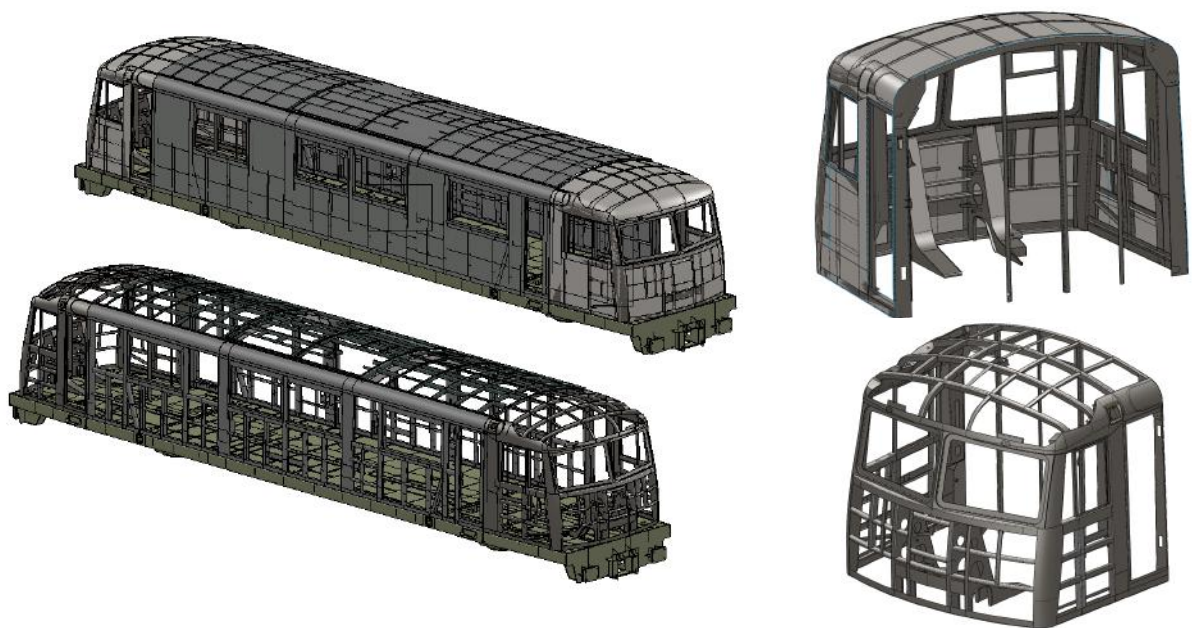
Rys. 7. Widok na model szkieletu pudła i kabiny (z poszyciem oraz bez) lokomotywy 301Dd (SU45) przed modernizacją



Rys. 8. Widok na model szkieletu pudła i kabiny (z poszyciem oraz bez) lokomotywy 303D (ST46) przed modernizacją

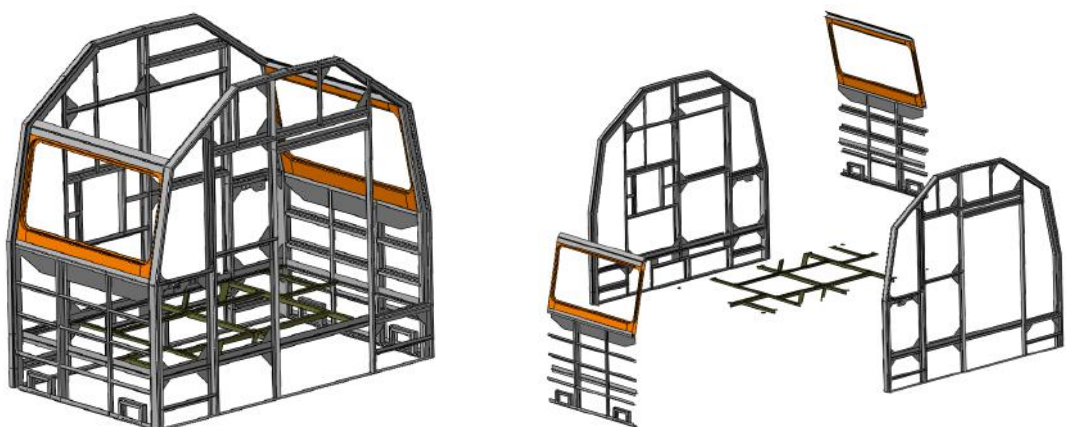


Rys. 9. Widok na model szkieletu pudła i kabiny (z poszyciem oraz bez) lokomotywy 201E (ET22) przed modernizacją



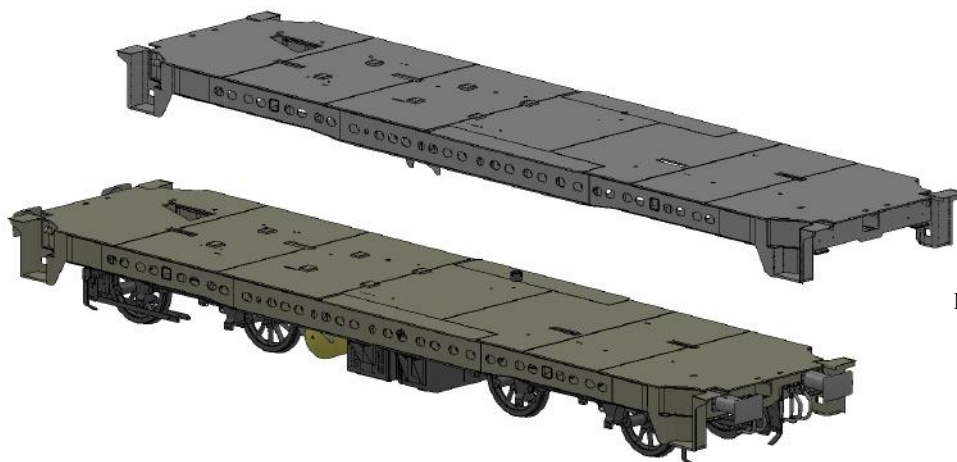
Rys. 10. Widok na model szkieletu pudła i kabiny (z poszyciem oraz bez) lokomotywy EU-07 (303E) przed modernizacją

Na podstawie dostępnej dokumentacji papierowej lokomotywy SP-32 wykonano model 3D szkieletu kabiny przedstawiony w widoku aksonometrycznym i eksplodowanym na rys. 11.



Rys. 11. Widok na model szkieletu i widok rozłożony szkieletu kabiny lokomotywy SP32 przed modernizacją

Modernizacja lokomotywy manewrowej SM42 (rys. 6) ma polegać na modernizacji w ograniczonym zakresie wózków i ostoi. Całe stare nadwozie tj. kabina maszynisty i przedziały maszynowe będą całkowicie usunięte, a w ich miejsce zostanie zabudowane całkowicie nowe nadwozie wraz nową kabiną, dlatego wykonano konwersję do modelu 3D tylko ostoi lokomotywy. Model przedstawiono na rys. 12.

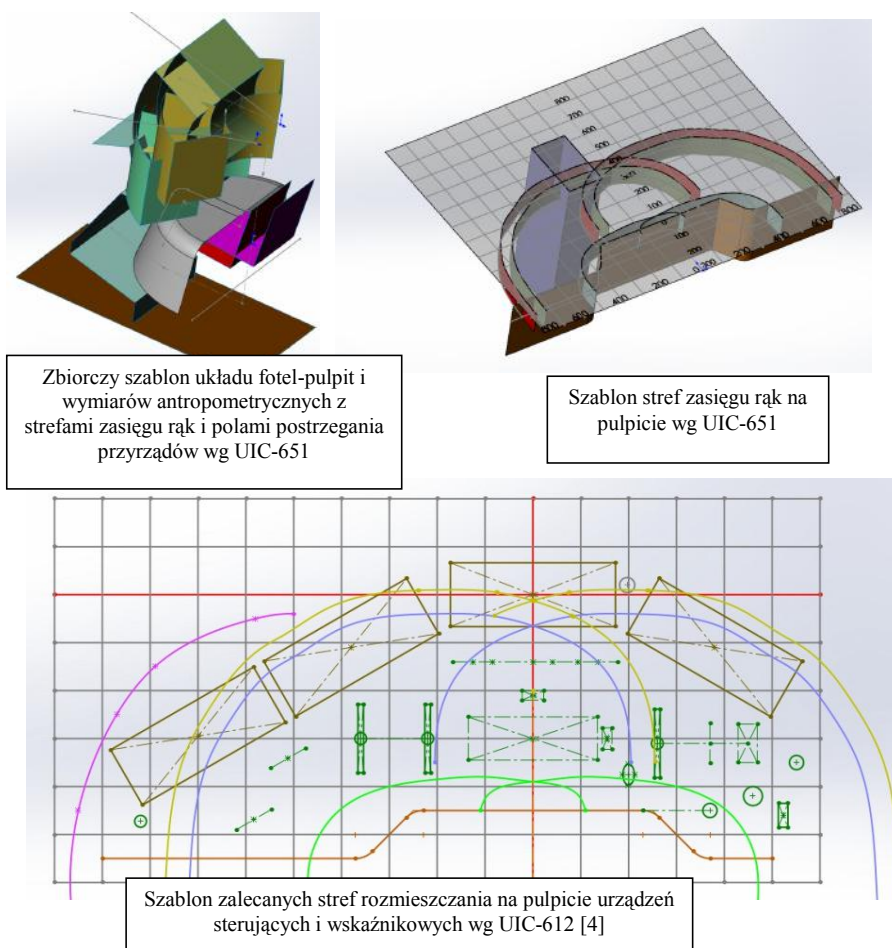


Rys. 12. Widok na model ostoi lokomotywy SM42 przed modernizacją

4. WYMAGANIA PROJEKTOWE STANOWISKA STEROWNICZEGO W MODERNIZOWANEJ KABINIE

Na tak przygotowanych modelach 3D kabiny maszynisty wykonano analizy przestrzenne związane z kształtowaniem geometrii wyjściowej pulpitu górnego (konsoli) i dolnego wraz z rozmieszczeniem na konsoli urządzeń wskaźnikowych i sterujących zgodnie z aktualnymi wymaganiami i zasadami ergonomii oraz z zabudową aparatów pulpitowych w dolnej części pulpitu[2].

Ze względu na dużą złożoność geometrii stanowiska sterowniczego, a przez to złożone analizy przestrzenne, wykorzystano utworzone na bazie dokumentów UIC [5] i norm niektóre pomocnicze szablony z wymaganymi wymiarami, które następnie wykorzystano w tych analizach. Szablony przedstawiono poniżej.



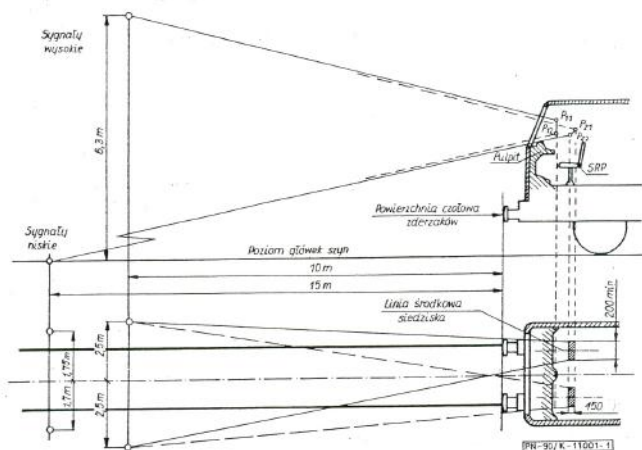
Rys.13. Szablony wykorzystane do analiz i tworzenia geometrii stanowiska sterowniczego

Takie podejście do projektowania umożliwiło analizę jednocześnie bardzo wielu złożonych informacji w różnych aspektach, w rozsądnym czasie i usprawniło proces kształtowania konstrukcji pulpitu oraz zabudowy urządzeń pulpitowych. Możliwe stało się również wykrywanie i eliminowanie kolizji między elementami składowymi pulpitu na etapie koncepcji, bez konieczności budowy prototypu pulpitu celem weryfikacji.

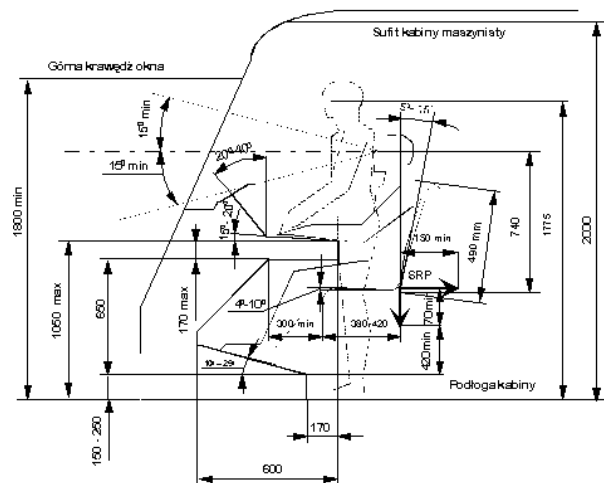
Struktura stanowiska sterowniczego była kształtowana wraz z zabudową różnorodnych urządzeń sterujących, aparatów elektrycznych, urządzeń wskaźnikowych i pomocniczych, zarówno na pulpicie jak i pod pulpitem[1].

Tak ukształtowaną geometrię wyjściową stanowiska sterowniczego w kabynie sprawdzono pod względem widoczności sygnałów wysokich i niskich wg wymagań UIC-651 pokazanych na rys. 14.

Na tak przygotowanych modelach 3D wykonano prace koncepcyjno-konstrukcyjne związane z tworzeniem stanowisk sterowniczych, pulpitu dolnego i górnego, oraz modyfikowano kabinę wraz z zabudową urządzeń i kształtowaniem struktury kabiny (okna czołowe i boczne, podłoga, drzwi wejściowe, wyłożenia wraz z izolacją i wygłuszeniem).



Rys. 14. Widoczność szlaku wg karty UIC 651 [5]



Rys. 15. Zalecane wg UIC-651 główne wymiary układu pulpit-fotel.

Tak ukształtowane geometrie wyjściowe stanowiska sterowniczego w postaci modelu 3D zostały poddane trójwymiarowej analizie i weryfikacji.

W układzie pulpit-fotel maszynisty sprawdzono czy:

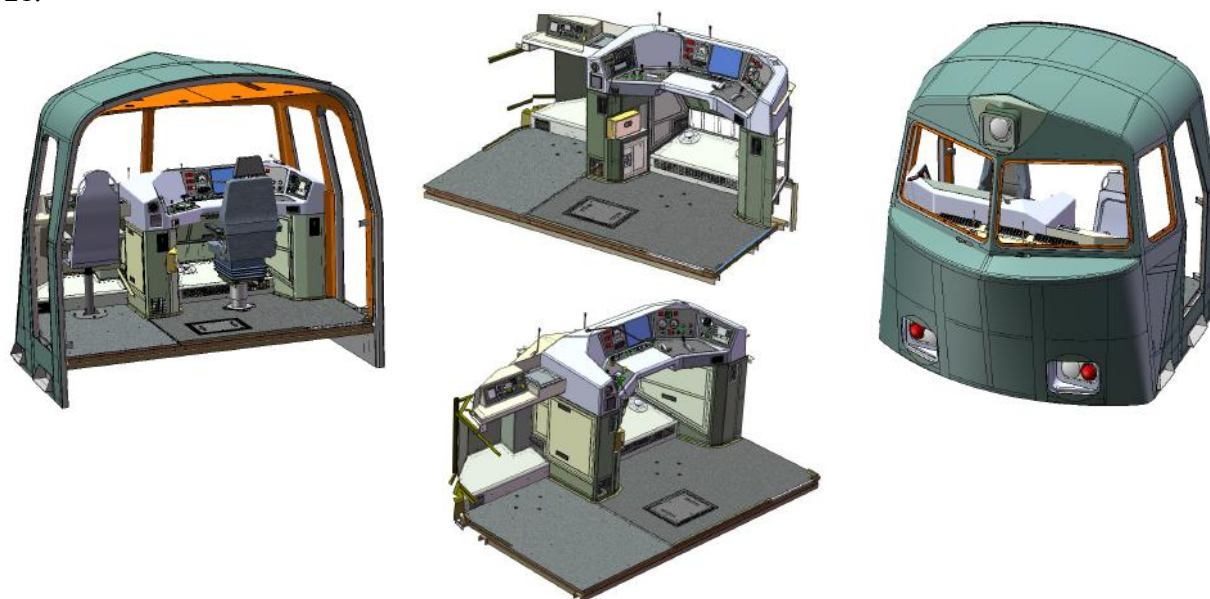
- zapewnione jest łatwe siadanie i wstawanie
- zagwarantowana jest dostateczna swoboda ruchu kolan i ud w przypadku obrotu fotela
- zapewniona jest dobra praca maszynisty w pozycji siedzącej i stojącej
- łatwa jest okresowa zmiana pozycji siedzącej na stojącą.

Sprawdzono czy główne wymiary układu pulpit-fotel maszynisty są zgodne z wymaganiami UIC-651 (rys. 15), oraz sprawdzono czy rozmieszczone na pulpicie urządzenia sterujące, załączające i wyłączające, leżą w strefach optymalnego zasięgu rąk oraz czy urządzenia wskaźnikowe (panel wyświetlacza i lampki kontrolne) są dobrze widoczne w każdych warunkach oświetlenia.

5. MODELE 3D ZMODERNIZOWANYCH KABIN LOKOMOTYW I NOWYCH STANOWISK STEROWNICZYCH

Wszystkie te prace były wykonane na wyjściowym modelu 3D kabiny. W efekcie tych prac powstały wersje wirtualne w postaci modelu 3D, zawierające praktycznie wszystkie informacje jakie mają rzeczywiste prototypy fizyczne zmodernizowanych kabin lokomotyw wraz ze stanowiskami sterowniczymi i wyposażeniem kabiny.

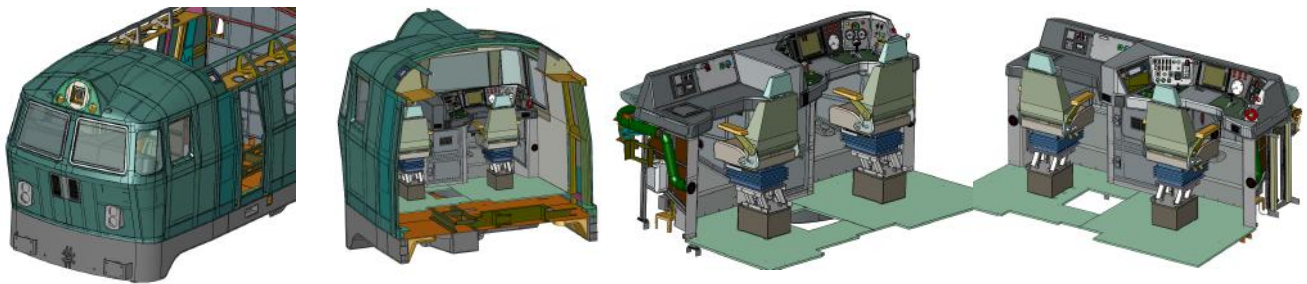
Struktura tego modelu w pełni odpowiada strukturze dokumentacji rysunkowej, która powstała na podstawie tych modeli. Widoki modeli kabin i stanowisk sterowniczych zaprezentowano na rys. 16 ÷ 21.



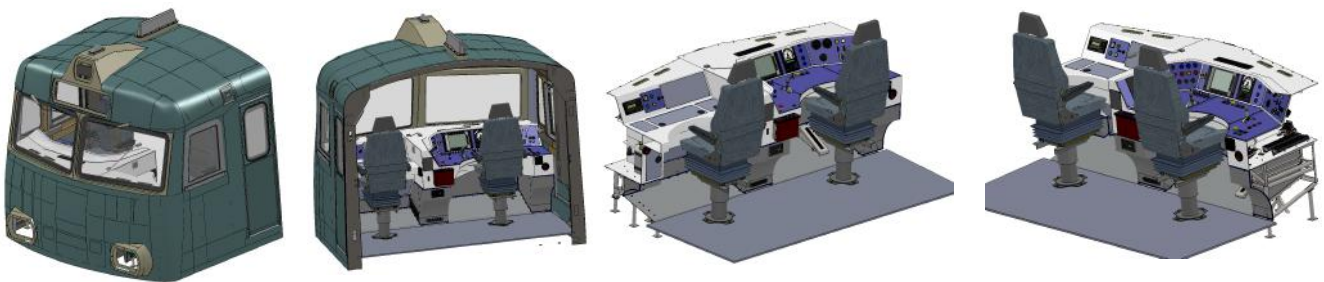
Rys. 16. Model modernizowanej kabiny z stanowiskiem sterowniczym lokomotywy 301Dd (ST45)



Rys. 17. Model modernizowanej kabiny z stanowiskiem sterowniczym lokomotywy 303D (ST46) [6], [7]



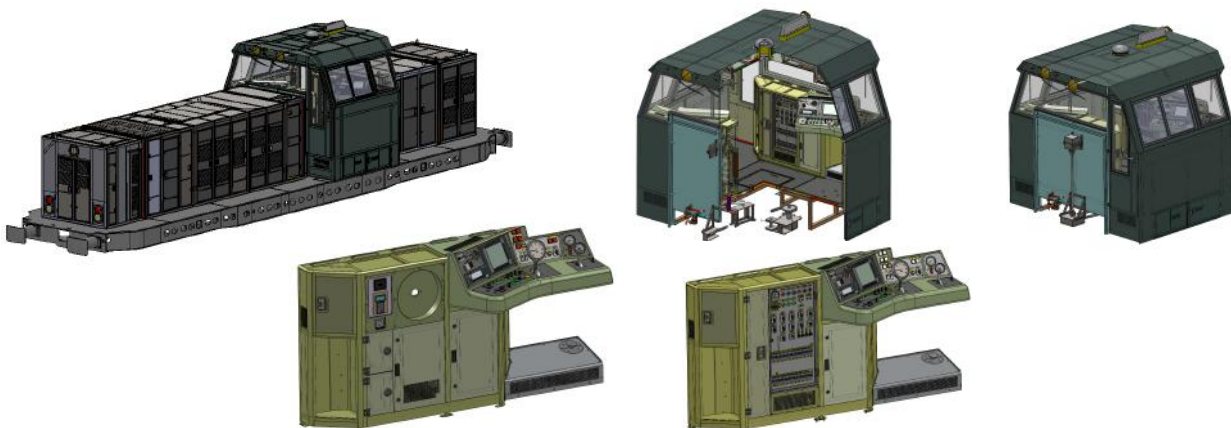
Rys. 18. Model modernizowanej kabiny z stanowiskiem sterowniczym lokomotywy 201Em (ET 22)



Rys. 19. Model modernizowanej kabiny z stanowiskiem sterowniczym lokomotywy 303E (EU-07)



Rys. 20. Model modernizowanej kabiny z stanowiskiem sterowniczym lokomotywy SP32



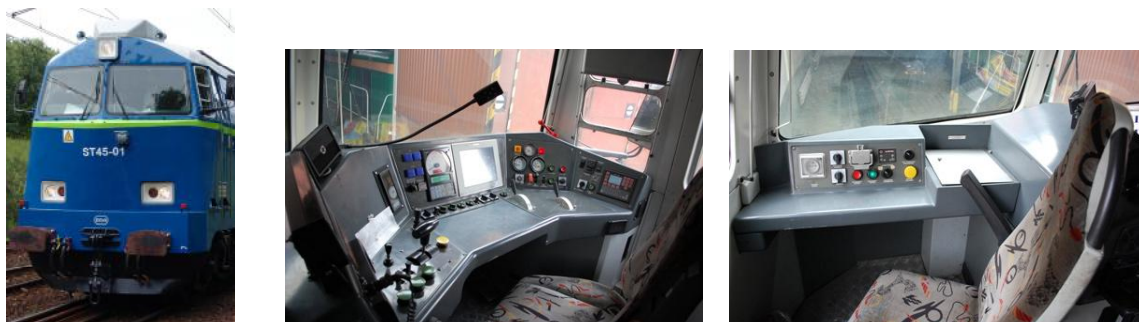
Rys. 21. Model lokomotywy i kabiny 6Di oraz stanowiska sterownicze po modernizacji

Lokomotywa SM42 po modernizacji jako typ 6Di przedstawiona jest w postaci tylko modelu gdyż aktualnie trwają prace przy budowie prototypu.

Na podstawie ww. przedstawionych modeli została wykonana kompletna dokumentacja techniczna dla modernizacji lokomotyw.

6. PREZENTACJA ZMODERNIZOWANYCH LOKOMOTYW

Poniżej na rys. 22 ÷ 27 zaprezentowano zdjęcia lokomotyw, kabin sterowniczych wybranych lokomotyw wraz z nowymi stanowiskami sterowniczymi.



Rys. 22. Widok lokomotywy 301Dd (ST45) oraz kabiny po modernizacji z nowymi stanowiskami sterowniczymi



Rys. 23. Widok lokomotywy 303D (ST46) oraz kabiny po modernizacji z nowymi stanowiskami sterowniczymi



Rys. 24. Widok lokomotywy 201Em (ET22) oraz kabiny po modernizacji z nowymi stanowiskami sterowniczymi



Rys. 25. Widok lokomotywy 303E (EU-07) oraz kabiny po modernizacji z nowymi stanowiskami sterowniczymi

7. PODSUMOWANIE

Modernizacja wybranych lokomotyw szczególnie, kabin maszynisty oraz nowe stanowiska sterownicze, zdecydowanie poprawiają warunki pracy maszynistów i pomocników w lokomotywach.

Po przeprowadzonej modernizacji kabiny i wyposażeniu jej w nowoczesne pulpity, warunki pracy personelu obsługującego lokomotywy ulegają znacznej poprawie.



Rys. 26. Widok lokomotywy SP32 oraz kabiny po modernizacji z nowymi stanowiskami sterowniczymi

Podwyższony został komfort pracy dzięki klimatyzacji i wentylacji kabiny, poprawie warunków oświetlenia. Dzięki izolacjom z zastosowanych, nowoczesnych materiałów w wyłożeniach ścian bocznych, suficie oraz nowej konstrukcji i izolacji podłogi, uzyskano znaczne obniżenie poziomu hałasu w kabinie oraz dobrą izolację termiczną.

Dzięki nowej konstrukcji pulpitów możliwe stało się takie ukształtowanie stanowiska (z uwzględnienie warunków przestrzennych w kabinie), że spełnione są wymagania ergonomii układu człowiek-fotel-pulpit, widoczności sygnałów na szlaku kolejowym, zgodnie z aktualnymi wymaganiami i normami.

Rozdzielenie na pulpicie poziomu informacyjnego i wykonawczego oraz ich rozmieszczenie w strefach optymalnego zasięgu i widoczności, znacznie poprawiło warunki interakcji człowiek-maszyna, co przyczynia się do poprawy bezpieczeństwa na kolei.

Dodatkowo wyposażenie kabiny w urządzenia socjalne, (łódówkę, umywalkę, urządzenie do podgrzewania posiłków (kuchenkę lub mikrofalówkę), schowki szafki ubraniowe) poprawiło komfort pracy maszynisty i pomocnika.

8. LITERATURA

1. Krawczyk J., Guzikowski D., Mockiewicz K.: *Opracowanie wytycznych dla kabin maszynisty lokomotywy o prędkości 200km/h w zakresie ergonomii kabiny i fotela maszynisty w powiązaniu z wymaganiami funkcjonalnymi. Opracowanie OR-7561. OBRPS-Poznań 1991.*
2. Krawczyk J., Guzikowski D.: *Wytyczne do konstrukcji kabiny maszynisty spełniającej najnowsze wymagania ergonomiczne. Opracowanie OR-7803. OBRPS-Poznań 1994.*
3. Marciniak Z., Krawczyk J. *Kabiny sterownicze nowoczesnych lokomotyw, ergonomia, bezpieczeństwo i warunki pracy obsługi. Materiały z Konferencji Ergonomia W Środkach Transportu. Warszawa, kwiecień 2000.*
4. *Interfejsy Maszynista-Pojazd dla EMU/DMU, Lokomotyw i Napędnych wagonów osobowych -Funkcjonalne i systemowe wymagania związane ze współpracującymi Interfejsami Maszynista-Pojazd. Karta UIC-612 wyd.1 Paryż 2009.*
5. *Ukształtowanie kabin maszynisty lokomotyw, wagonów silnikowych, zespołów trakcyjnych i wagonów sterowniczych. Karta UIC-651 wyd. 2 Paryż 2000.*
6. *Dokumentacja Techniczna – Ruchowa lokomotywy spalinowej typu 303Da serii ST46 – Opis techniczny. Opracowanie 303Da 0159-1, IPS "TABOR" Poznań, 06.2011.*
7. Marciniak Z., Michalak P.: *Nowe oraz zmodernizowane układy i zespoły w modernizowanej lokomotywie spalinowej typu 303D serii SU46, Pojazdy Szynowe 2012, nr 1.*
8. Jacek Krawczyk: *Modernizacja kabin sterowniczych pojazdów szynowych pod kątem współczesnych wymaga ergonomii, Politechnika Warszawska. Prace Naukowe. Transport - zeszyt 98, Środki i Infrastruktura Transportu.*
9. Krawczyk J. *Baza Danych modeli 3D do wykorzystania w dokumentacji konstrukcyjnej modułowych projektów przyszłych lokomotyw elektrycznych i spalinowych. Opracowanie OR-10205. IPS Poznań 2012.*