

Pulpit sterowniczy modernizowanej lokomotywy spalinowej SP32M

Przedstawiono przebieg procesu projektowania nowoczesnego pulpitu sterowniczego lokomotywy jednokabinowej SP32M. W części podstawowej artykułu zaprezentowano nowy sposób projektowania w przestrzeni 3D (trójwymiarowej) od koncepcji poprzez analizy ergonomiczne i model pulpitu do tworzenia dokumentacji konstrukcyjnej przy wykorzystaniu systemu projektowania 3D (Solid Works 2000).

1. Wprowadzenie

Projektowanie pulpitu sterowniczego pojazdów szynowych ze względu na ich złożoną topologicznie strukturę przestrzenną, jest złożonym i czasochłonnym procesem konstrukcyjnym.

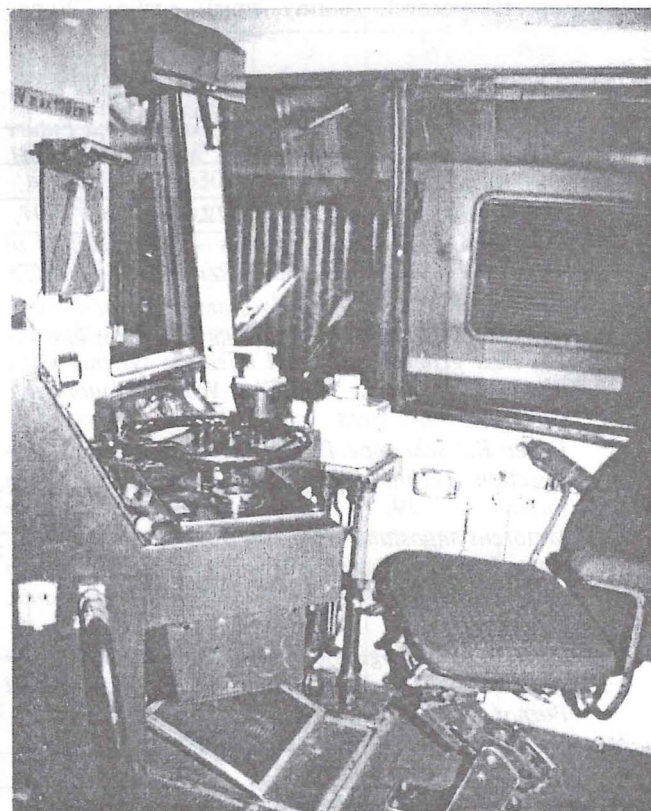
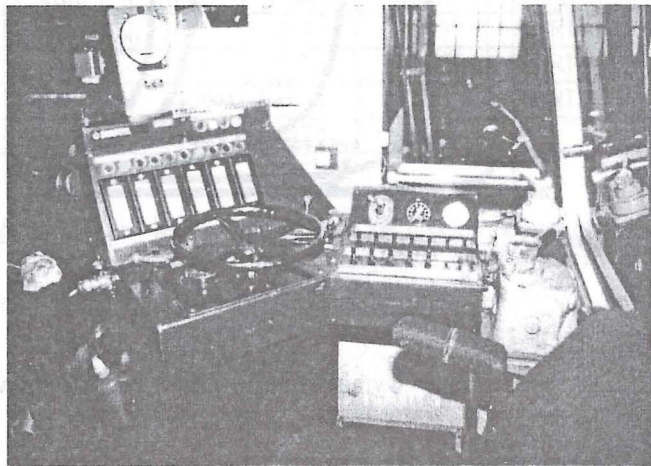
Wynika to z konieczności zabudowy wielu urządzeń sterowniczych i regulacyjnych, w sposób umożliwiający obsłudze zachowanie normalnej pozycji i nie ograniczającej swobody ruchu, oraz zabudowy urządzeń wskazujących tak, aby zapewnić dobrą widoczność zgodną z zasadami ergonomii. Dodatkowo wewnątrz pulpitu trzeba zapewnić miejsce na okablowanie, urządzenia elektryczne i pomocnicze (np. układ spryskiwaczy szyb ze zbiornikiem płynu, radiotelefon itd.).

Dlatego często w trakcie projektowania pulpitu budowano w skali 1:1 uproszczoną makietę stanowiska pracy, na której w praktyce kształtowano geometrię i główne wymiary konstrukcyjne, oraz weryfikowano poprawność rozmieszczenia urządzeń pulpitu z punktu widzenia zasięgu i widoczności.

W przypadku modernizowanej lokomotywy SP32M dodatkową trudność stanowią małe wymiary kabiny sterowniczej, w której muszą być umieszczone dwa stanowiska pracy. Stąd wynika narzucona jeszcze na etapie założeń przestrzeń do zabudowy pulpitu o gabarytach: szerokość 1320 mm, głębokość 670 mm i wysokość 1080 mm.

2. Dotychczasowy stan pulpitu (przed modernizacją)

Dotychczas stosowany pulpit sterowniczy lokomotywy spalinowej serii SP32 zaprojektowanej i wykonanej w Rumunii w końcu lat 80-tych przedstawiono na fot. 1



Fot. 1 Widoki na pulpit i stanowisko sterowania-
stan przed modernizacją



Pulpit ten charakteryzuje się tym, że do przekazywania informacji o parametrach pracy pojazdu rakcyjnego używa się analogowych przyrządów pomiarowych i układów sterowniczych, które są rozmieszczone z przodu oraz po lewej i prawej stronie stanowiska sterowniczego.

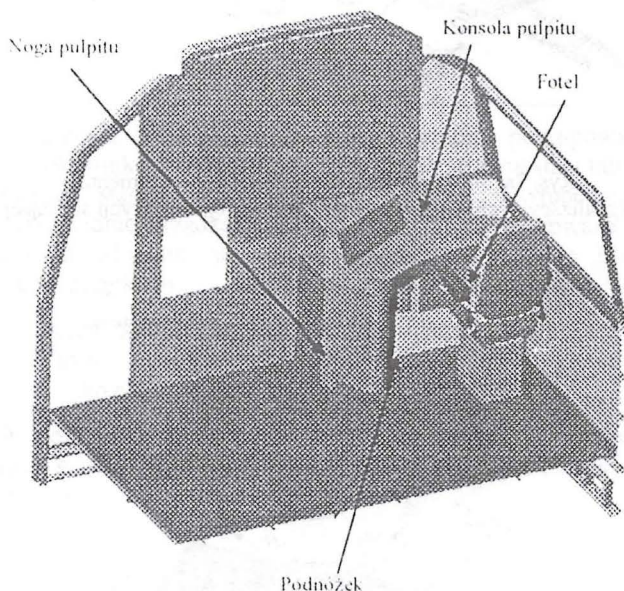
Cechą charakterystyczną tych urządzeń są duże wymiary gabarytowe i nieergonomiczne kształty, co widać szczególnie przy nastawniku jazdy w postaci koła kierowniczego oraz głównego i pomocniczego zaworu maszynisty. Skutkiem tego jest dość dziwny kształt pulpitu, w którym nastąpiło pomieszczenie dwóch poziomów – informacyjnego i wykonawczego a ponadto przyrządy wskazujące są rozmieszczone na różnych wysokościach i w różnych miejscach. Absorbują to podczas jazdy uwagę maszynisty, utrudniając mu obserwację sytuacji na szlaku kolejowym.

Kształt tego pulpitu z dużą ilością ostrych krawędzi i narożników powoduje, że maszynista jest narażony na urazy, skaleczenia i kontuzje a wymiary i kształt pulpitu nie gwarantują dostatecznej swobody ruchu kolan i ud.

W praktyce pulpit jest zbudowany niezgodnie z współczesnymi zasadami ergonomii i nie spełnia już żadnych wymagań sprecyzowanych odpowiednimi normami PN i przepisami międzynarodowymi [3] (karta UIC-651). Konsekwencją tego jest niewygodna praca maszynisty, podatność na urazy i szybkie zmęczenie, co nie zwiększa bezpieczeństwa ruchu na szlaku kolejowym.

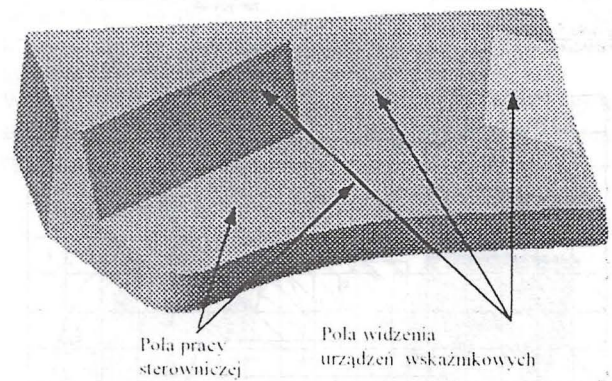
3. Koncepcja nowego pulpitu

Wykorzystując opracowania [1], [2], wyniki analizy widoczności SP32M, zasady ergonomii, przepisy UIC-651 [3] i Polskich Norm [4] oraz wymagania przyszłych użytkowników, ukształtowano wstępnie uproszczoną koncepcję stanowiska pracy maszynisty przedstawioną na rys. 1 w postaci modelu 3D.



Rys. 1 Uproszczony model 3D stanowiska pracy maszynisty.

Tak ukształtowane stanowisko pracy składa się z konsoli pulpitu, nogi pulpitu i podnóżka oraz fotela. W kabynie znajdują się dwa takie stanowiska, drugie po przeciwnej stronie kabiny, którego dla uproszczenia nie pokazano. Wstępną geometrię konsoli pulpitu przedstawiono na rys. 2



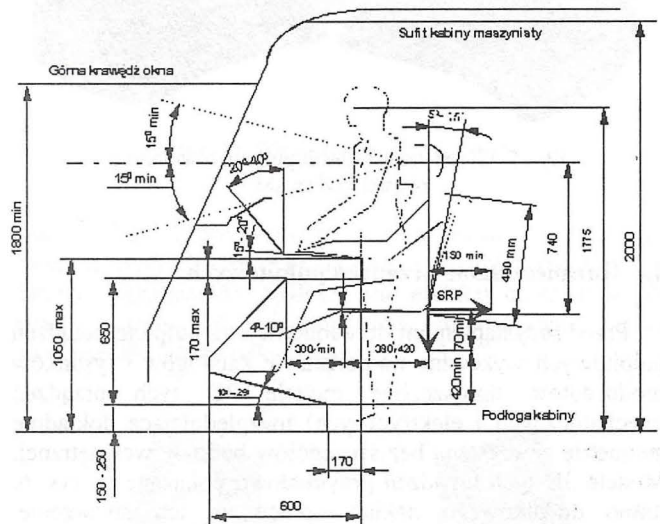
Rys. 2 Uproszczony model 3D konsoli pulpitu.

Przestrzeń roboczą tej konsoli dla zapewnienia dobrej widoczności poziomu informacyjnego i wykonawczego oraz zapewnienia optymalnej strefy działania rąk dla działań sterowniczych i regulacyjnych podzielono na:

- pola pracy sterowniczej,
- pola widzenia urządzeń wskaźnikowych.

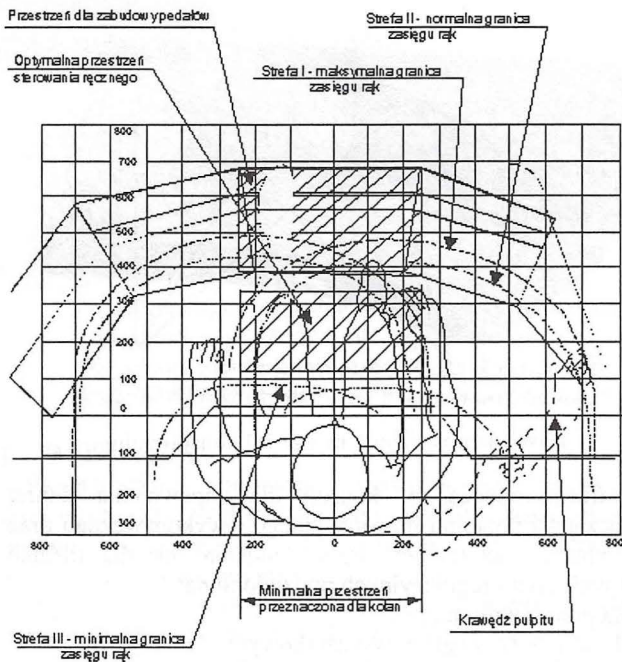
Ukształtowano wstępnie uproszczony model 3D stanowiska pracy przedstawiony na rys.1, poddano dokładnej analizie i weryfikacji:

- w układzie pulpit-fotel maszynisty sprawdzono, czy jest zapewnione łatwe siadanie i wstawanie, czy zagwarantowana jest dostateczna swoboda ruchu kolan i ud nawet w przypadku obrotu fotela, czy zapewniona jest dobra praca maszynisty w pozycji siedzącej i stojącej oraz okresowa zmiana pozycji siedzącej na stojącą,
- sprawdzono, czy główne wymiary układu pulpit-fotel maszynisty są zgodne z wymaganiami UIC-651 podanymi na rys. 3,



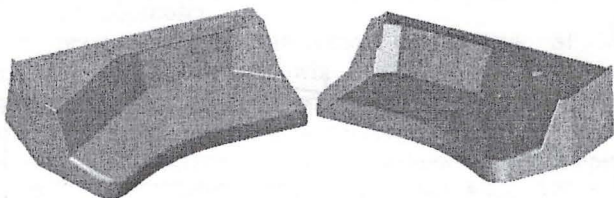
Rys. 3 Zalecane główne wymiary układu pulpit-fotel.

- Sprawdzono, czy pulpit umożliwia wykonanie czynności sterowniczych i regulacyjnych zgodnie z granicami zasięgu rąk wg wymagań UIC-651 rys. 4, tj. obserwację urządzeń sygnalizacyjnych na konsoli pulpitu oraz sygnałów na szlaku kolejowym,



Rys. 4 Pola optymalnej pracy sterowniczej dla działania rąk (strefy zasięgu).

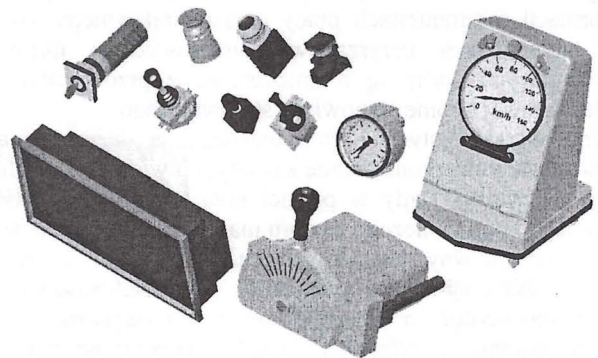
W wyniku tych analiz skorygowano i ukształtowano wyjściowy kształt oraz wymiary gabarytowe całego pulpitu. Z uwagi na dość złożony kształt konsoli pulpitu zdecydowano górną część wykonać z tworzywa sztucznego (laminat poliestrowo-szklany) jako jeden element. Widok geometrii tej części przedstawiono rys.5.



Rys. 5 Górna część konsoli pulpitu w widoku z przodu i od spodu.

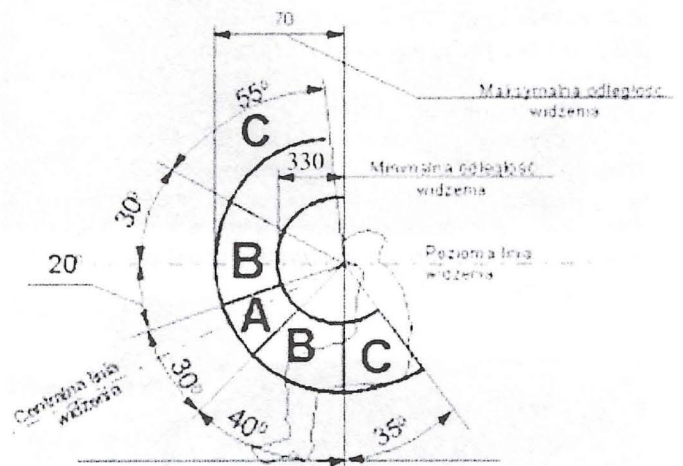
4. Rozmieszczenie urządzeń pulpitowych

Przed przystąpieniem do zabudowy na pulpicie urządzeń pulpitowych wykonano na podstawie katalogów i rysunków producentów uproszczone modele 3D tych urządzeń (mechanicznych i elektrycznych) uwzględniające dokładnie geometrię zewnętrzną bez szczegółów budowy wewnętrznej. Modele 3D tych urządzeń przykładowo pokazane na rys. 6, mimo dodatkowego nakładu pracy na ich stworzenie, znacznie ułatwiły i przyspieszyły prace związane z ich zabudową i rozmieszczeniem na konsoli pulpitu górnego.

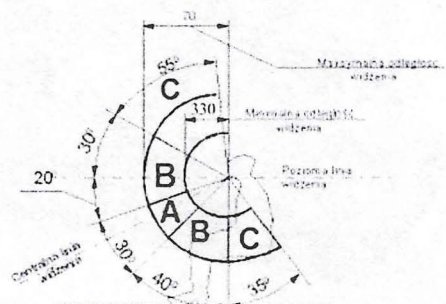


Rys. 6 Przykładowe modele 3D niektórych urządzeń zabudowanych w pulpicie.

Na tak przygotowanej konsoli pulpitu rys. 5 przystąpiono do rozmieszczenia urządzeń sterowniczych, regulacyjnych i wskaźnikowych. Przy ustawianiu tych urządzeń starano się, by były one rozmieszczone optymalnie, zgodnie ze strefami zasięgu (rys. 4) i uwzględniały strefy postrzegania wzrokowego zgodnie z wymaganiami norm [4] rys. 7a i 7b.

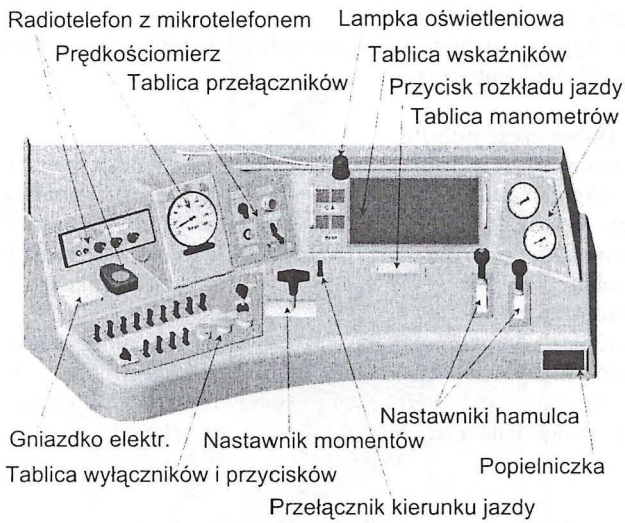


Rys. 7a Strefy postrzegania wzrokowego elementów sygnalizacyjnych w płaszczyźnie strzałkowej dla pozycji siedzącej.

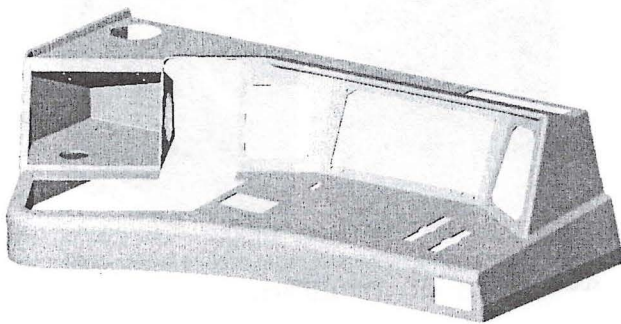


Rys. 7b Strefy postrzegania wzrokowego elementów sygnalizacyjnych w płaszczyźnie poziomej dla pozycji siedzącej.

W wyniku tych prac rozmieszczono na konsoli urządzenia które pokazano na rys. 8, a ostateczną konstrukcję konsoli pulpitu na rys. 9.



Rys. 8 Widok konsoli pulpitu z rozmieszczonymi urządzeniami pulpitowymi.

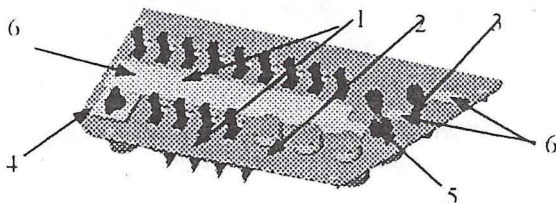


Rys. 9 Widok konsoli pulpitu.

Urządzenia zabudowane na konsoli pulpitu pogrupowano w bloki funkcjonalne o zbliżonym działaniu w postaci tablic. Tablice stanowią płyty, do których są przymocowane bezpośrednio urządzenia, a sama tablica jest mocowana na konsoli wkrętami do wlaminiowanych w konsolę blach z nitonakrętkami.

Po lewej stronie konsoli pulpitu ukształtowano wnękę, w której zabudowano radiotelefon z mikrotelefonem i gniazdko elektryczne.

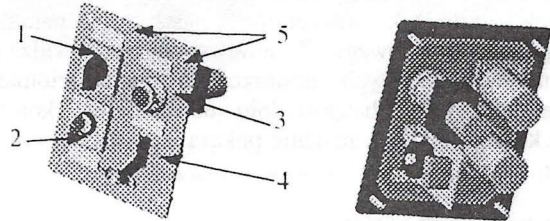
W polu pracy sterowniczej (rys.2) umieszczono po lewej stronie tablicę wyłączników i przycisków pokazaną na rys. 10:



Rys. 10 Widok tablicy wyłączników i przycisków.

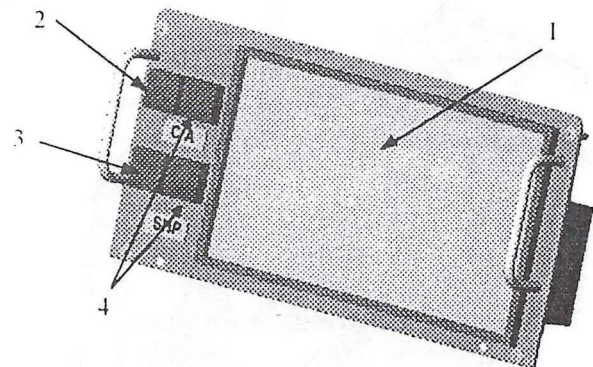
Na tej tablicy zabudowano wyłączniki dźwigienkowe (1) do załączania różnych urządzeń, przyciski (2), regulator przyciemnienia (3), łącznik krzywkowy (4), manipulator syreny (5) oraz etykiety opisowe (6).

W polu widzenia urządzeń wskaźnikowych (rys.2) po lewej stronie umieszczono tablicę przełączników pokazaną na rys. 11:



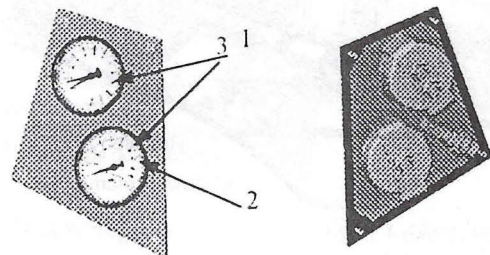
Rys. 11 Widok tablicy przełączników w widoku z przodu i z tyłu.

W tej tablicy zabudowano przełącznik reflektorów (1), wyłącznik sterowania (2), przycisk pożarowy (3), przełącznik stopu awaryjnego (4) oraz etykiety opisowe (5). W części centralnej umieszczono tablicę wskaźników pokazaną na rys. 12:



Rys. 12 Widok tablicy wskaźników.

Na tej tablicy zabudowano urządzenia wskaźnikowe, a więc monitor typu EL-16 (1), lampki sygnalizacyjne CA (2), lampki sygnalizacyjne SHP (3) oraz etykiety opisowe (4). Po prawej stronie części centralnej umieszczono tablicę manometrów, którą pokazano na rys. 13:



Rys. 13 Widok tablicy manometrów w widoku z przodu i z tyłu.

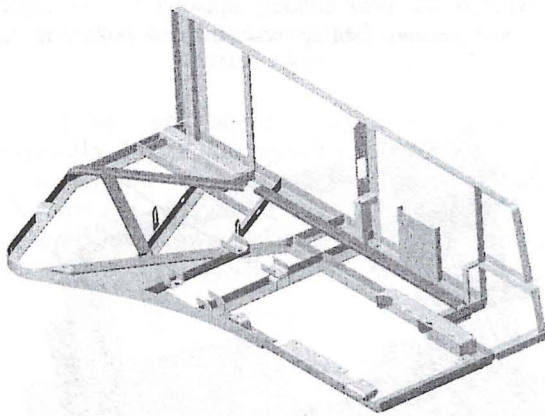
W tej tablicy zabudowano manometry, dwuwskaźnikowy (1) i jednowskaźnikowy (2) a z tyłu lampkę podświetlającą manometry wraz z oprawką (3).

Dodatkowo na konsoli pulpitu zabudowano przełącznik kierunku jazdy oraz dodatkowe pomocnicze urządzenia takie jak lampkę do podświetlenia rozkładu jazdy, przycisk rozkładu jazdy i popielniczkę.

Pozostałe urządzenia związane ze sterowaniem jazdą umieszczono w centralnej części pola pracy sterowniczej, takie jak nastawnik momentów, nastawniki hamulca zespolonego i dodatkowego. Po lewej stronie pola widzenia urządzeń wskaźnikowych umieszczono prędkościomierz Hasslera, mocowany bezpośrednio do szkieletu konsoli pulpitu, którego budowa zostanie pokazana w dalszej części artykułu.

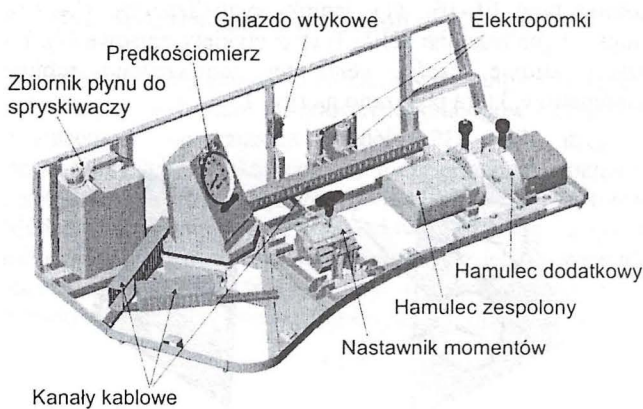
5. Szkielet konsoli pulpitu

Równoległe z zabudową urządzeń pulpitu kształtowano konstrukcję szkieletu konsoli pulpitu, którego struktura stanowi konstrukcję nośną dla konsoli pulpitu oraz niektórych urządzeń sterowniczych i pomocniczych. Widok tego szkieletu przedstawiono na rys. 14:



Rys. 14 Widok szkieletu konsoli pulpitu.

Jest to konstrukcja stalowa spawana wykonana z profili giętych i płaskowników. Na szkielecie zostały zabudowane pozostałe urządzenia pokazane na rys. 15.



Rys. 15 Urządzenia zabudowane na szkielecie konsoli.

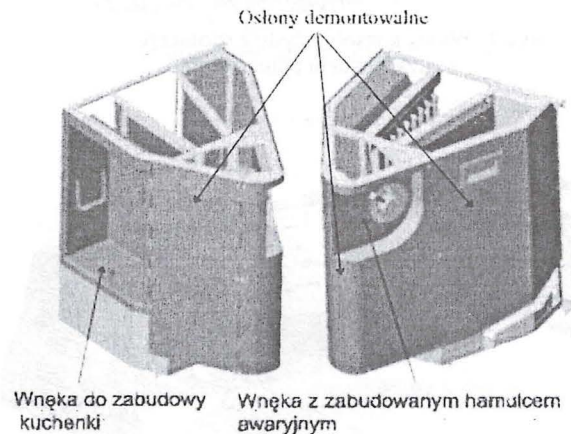
Urządzenia takie jak hamulec zespolony i dodatkowy, nastawnik momentów oraz prędkościomierz Hasslera zostały zamocowane do szkieletu przez wsporniki pośrednie, dzięki temu jest możliwa regulacja ich ustawienia względem konsoli pulpitu przy montażu.

Dla drugiego stanowiska sterowania w kabinie konstrukcja konsoli jest identyczna.

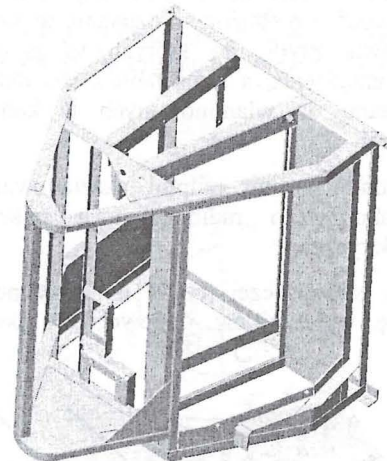
6. Dolna część pulpitu

Dolna część pulpitu składa się z nogi i podnóżka (rys. 1). Ze względu na różnice w zabudowie urządzeń wewnątrz nogi, powstały dwie konstrukcje tej nogi o tej samej geometrii zewnętrznej, różniące się szczegółami konstrukcji szkieletu i osłon zewnętrznych, które wynikają z zabudowanych urządzeń.

Zasadniczo konstrukcja nogi pulpitu składa się ze szkieletu, w którym zabudowano urządzenia oraz osłon zewnętrznych. Widok nogi dla pierwszego stanowiska sterowniczego przestawiono na rys. 16, a konstrukcję szkieletu nogi na rys. 17.



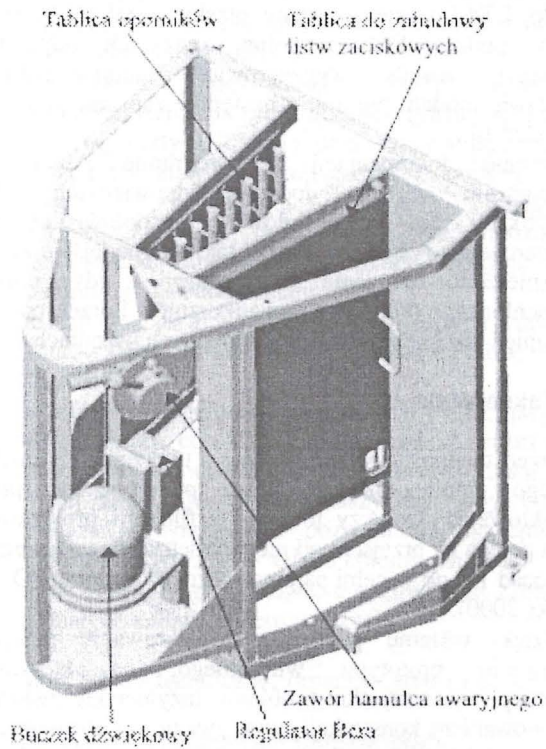
Rys. 16 Widok ogólny nogi pulpitu dla pierwszego stanowiska sterowania.



Rys. 17 Widok szkieletu nogi pulpitu dla pierwszego stanowiska sterowniczego.

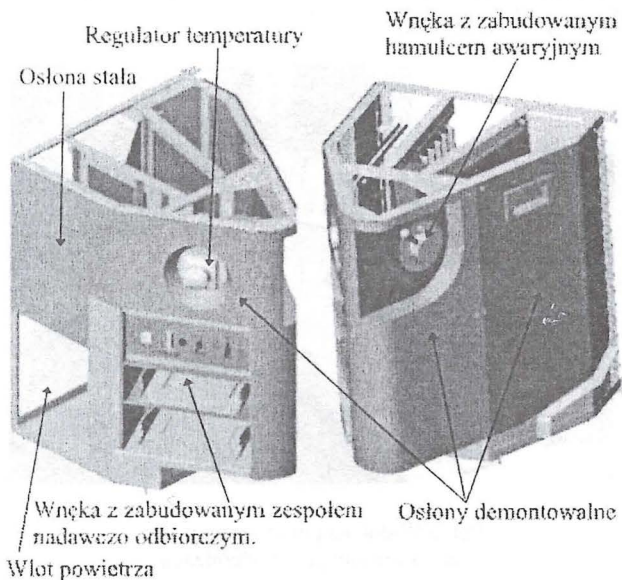
Szkielet wykonano jako konstrukcję spawaną z profili giętych i płaskowników. Wewnętrzną strukturę szkieletu

kształtowano równoległe z zabudową urządzeń, co pokazano na rys. 18.

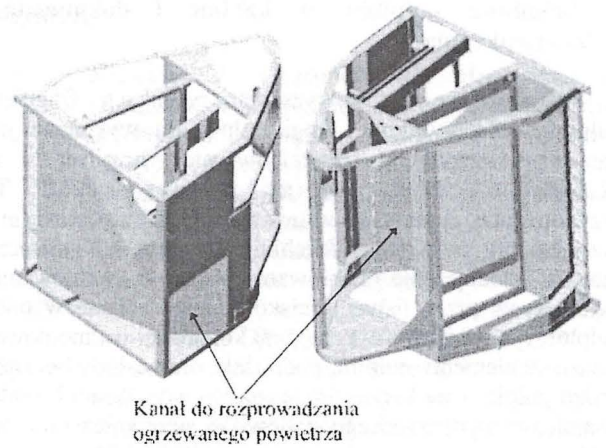


Rys. 18 Widok nogi częściowo odsłoniętej z zabudowanymi urządzeniami dla pierwszego stanowiska sterowniczego.

Nogę pulpitu dla drugiego stanowiska sterowniczego wraz z zabudowanymi urządzeniami przedstawiono na rys. 19, a konstrukcję szkieletu na rys. 20.

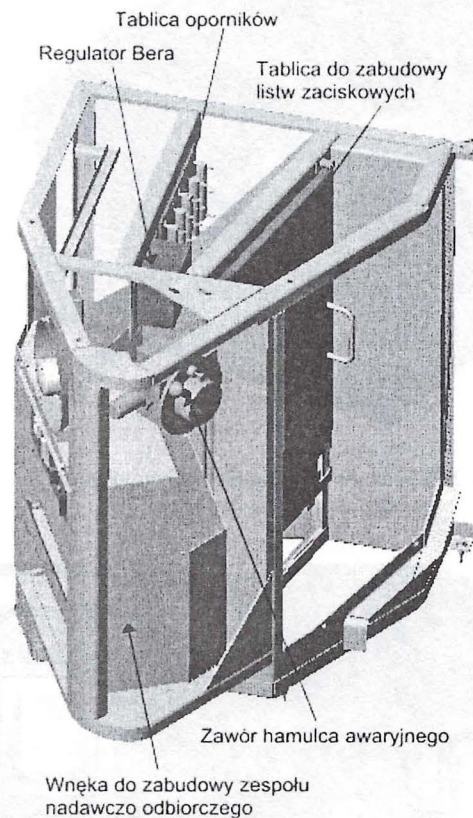


Rys. 19 Widok ogólny nogi pulpitu dla drugiego stanowiska sterowania.



Rys. 20 Widok szkieletu nogi pulpitu dla drugiego stanowiska sterowniczego.

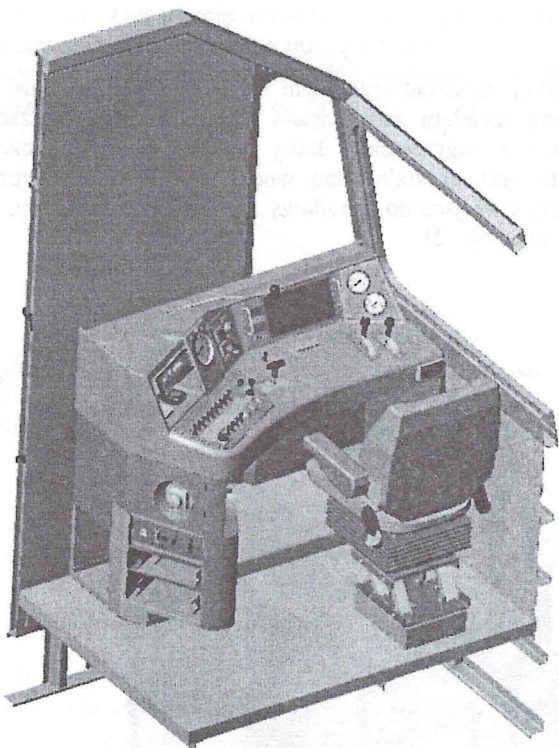
Konstrukcja ta zasadniczo różni się od poprzedniej tym, że wewnątrz szkieletu zabudowano kanał do rozprowadzania powietrza z nagrzewnicy, który stanowi integralną część szkieletu oraz ukształtowano wnękę na zespół nadawczo odbiorczy i miejsce do zabudowy regulatora temperatury, co pokazano na rys. 21.



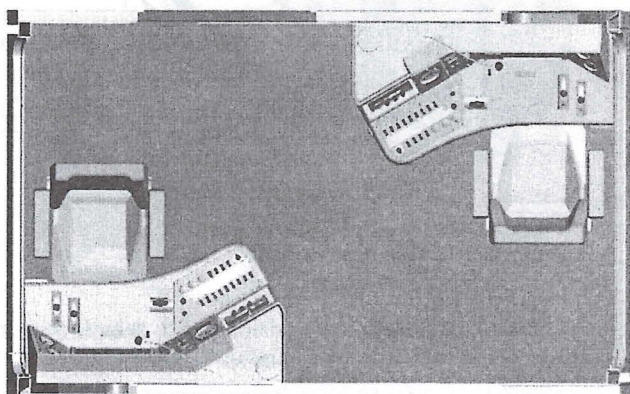
Rys. 21 Widok nogi częściowo odsłoniętej z zabudowanymi urządzeniami dla drugiego stanowiska sterowniczego.

7. Zabudowa pulpitów w kabinie i dokumentacja konstrukcyjna

Przedstawione na powyższych rysunkach fragmenty pulpitu, konsola górna i nogi pulpitu są wykonane jako niezależne moduły a montaż w nich urządzeń i ich okablowanie odbywa się na zewnątrz kabiny. Tak przygotowane moduły są wstawiane do kabiny maszynisty przez otwory drzwiowe. W kabinie następuje ich ostateczny montaż i podłączenie okablowania pulpitu z okablowaniem lokomotywy przez listwy zaciskowe umieszczone w nodze pulpitu (rys. 18 i 21). W następnej kolejności są montowane pozostałe elementy pulpitu, podnóżek oraz osłony boczne w nodze pulpitu i na końcu fotele maszynisty. Widoki modelu kompletnego pojedynczego stanowiska sterowniczego i całej kabiny sterowniczej przedstawiono na rys. 22 i 23.



Rys. 22 Widok modelu kompletnego pojedynczego stanowiska sterowniczego.



Rys. 23 Widok całego stanowiska sterowniczego lok. SP32M w widoku z góry.

Dokumentacja konstrukcyjna pulpitu została wykonana w systemie AutoCad 14, na podstawie modelu pulpitu. Wykorzystując odpowiednie narzędzia programu 3D (Solid Works 2000) wszystkie rzuty płaskie detali i rozwinięcia blach, podzespołów, zespołów oraz ich odpowiednie przekroje, zostały wygenerowane automatycznie na podstawie modelu pulpitu, a następnie zapisane w formacie AutoCad 14.

Tworzenie dokumentacji w programie AutoCad 14 sprowadzało się do dodania odpowiednich tabelek, specyfikacji dla podzespołów i zespołów, opisów i wymiarowania rysunków. Dzięki takiemu podejściu znacznie przyspieszono tworzenie dokumentacji, gdyż uniknięto pracochłonnego procesu rysowania rzutów i przekrojów oraz rozwinięć blach, często o dosyć złożonych kształtach.

8. Zakończenie

Przedstawiony wyżej proces tworzenia konstrukcji nowego pulpitu oznacza nowe podejście do procesu projektowania. Dotyczy to zmiany filozofii projektowania, która polega na przejściu od nieparametrycznego systemu 2D (Autocad 14) do w pełni parametrycznego systemu 3D (Solid Works 2000).

Dzięki takiemu podejściu, projektowanie polega na budowaniu prototypu wirtualnego, na którym są rozwiązywane wszystkie problemy inżynierskie związane z kształtowaniem konstrukcji, wykrywaniem i eliminowaniem kolizyjności elementów składowych konstrukcji i zabudowanych urządzeń oraz poszukiwanie optymalnych rozwiązań dzięki możliwości wariantowania konstrukcji.

Otrzymany prototyp wirtualny w postaci modelu 3D, zawiera praktycznie wszystkie informacje jakie daje rzeczywisty prototyp fizyczny, dzięki czemu wyeliminowano konieczność budowy fizycznego prototypu pulpitu, celem weryfikacji poprawności konstrukcji pulpitu.

Widok rzeczywistego zabudowanego pulpitu w lokomotywie przedstawiono na fot. 2.



Fot. 2 Widok na pulpit i stanowisko sterowania-stan po modernizacji.

Konstrukcja nowego pulpitu jest zgodna ze współczesnymi zasadami ergonomii i spełnia wymagania odpowiednich norm i przepisów międzynarodowych.

Zaletami nowego pulpitu są:

- kształt i geometria układu pulpit-fotel umożliwiające łatwe siadanie i wstawanie oraz zapewniająca dostateczną swobodę ruchu kolan i ud, nawet w przypadku obrotu fotela,
- konstrukcja umożliwiające łatwe wykonanie czynności sterowniczych zgodnie z granicami zasięgu rąk (wg karty UIC-651) oraz zapewniająca dobrą pracę maszynisty w pozycji siedzącej i stojącej,
- aparaty i urządzenia sterowania i regulacji rozmieszczono w taki sposób, że umożliwiają maszyniście zachowanie normalnej pozycji i nie ograniczają swobody ruchu,
- kształt pozbawiony jakichkolwiek ostrych krawędzi, kantów i narożników, eliminujących możliwe urazy i skaleczenia,
- wyraźnie wydzielone dwa poziomy – informacyjny i wykonawczy, co radykalnie poprawiło komfort pracy maszynisty i zwiększyło bezpieczeństwo ruchu, gdyż mniej absorbuje uwagę maszynisty przy kontroli wskazań przyrządów i pozwala mu na spokojną obserwację sytuacji na szlaku kolejowym,
- małe wymiary gabarytowe, umożliwiające zabudowę w małych kabinach sterowniczych.

Uzyskane efekty techniczne, organizacyjne i ekonomiczne to:

- zdecydowana poprawa warunków pracy,
- estetyczne i nowoczesne miejsce pracy maszynisty,
- ograniczenie obciążenia fizycznego i psychicznego,
- poprawa bezpieczeństwa obsługi lokomotywy, a tym samym poprawa bezpieczeństwa ruchu kolejowego.

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] *Ukształtowanie kabin maszynisty lokomotyw, wagonów silnikowych, zespołów trakcyjnych i wagonów sterowniczych. Karta UIC-651 wyd. 2 Paryż 1994.*
- [4] *Kabina maszynisty lokomotywy elektrycznej dwukabinowej. Podstawowe wymagania, bezpieczeństwo pracy i ergonomii. Norma PN-90/K-11001. Warszawa 1990.*
- [5] *Marciniak Z., Krawczyk J. Kabiny sterownicze nowoczesnych lokomotyw: ergonomia, bezpieczeństwo i warunki pracy obsługi. Materiały z Konferencji „Ergonomia w środkach transportu”. Warszawa, kwiecień 2000.*
- [6] *Krawczyk J. Marciniak Z., Zgłoszenie udziału w „Ogólnopolskim Konkursie Poprawy Warunków Pracy”. Warszawa, 2001.*