

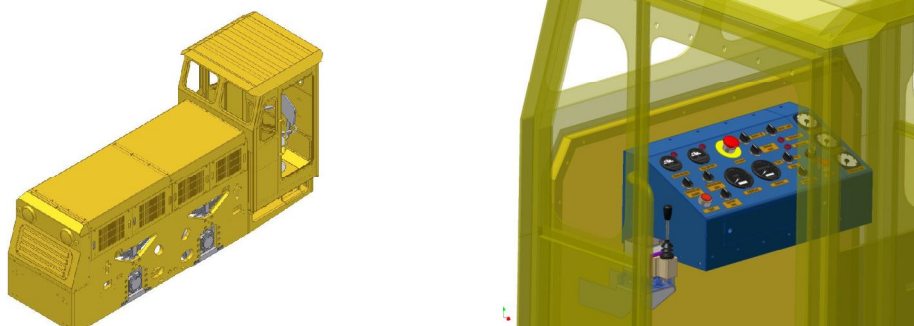
**Teodor WINKLER, Dariusz MICHALAK, Łukasz JASZCZYK, Hubert SUFFNER, Krzysztof KACZMARCZYK, Piotr DOBRZANIECKI - CMG KOMAG, Gliwice**

## **KSZTAŁTOWANIE ŚRODOWISKA PRACY OPERATORA LOKOMOTYWY WĄSKOTOROWEJ**

Streszczenie. W artykule przedstawiono proces doboru i rozmieszczenia elementów wyposażenia kabiny operatora lokomotywy wąskotorowej stosowanej w górnictwie. W pracach związanych z kształtowaniem środowiska pracy operatora uwzględniono szereg uwarunkowań wynikających ze sposobu obsługi maszyny oraz ograniczeń przestrzennych. Przedstawiona ocena ergonomiczna i funkcjonalna jest jednym z etapów wirtualnego prototypowania przeprowadzanego w celu analizy nowego rozwiązania konstrukcyjnego.

### 1. WPROWADZENIE

Jednym z etapów projektowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych jest kształtowanie przestrzeni pracy operatora maszyny. Z uwagi na wymiary pozostałych elementów lokomotywy (układ jezdny, sterowniczy, napęd) nie ma możliwości zmiany wymiarów kabiny operatora, co w znacznym stopniu wpływa na rodzaj i sposób rozmieszczenia oprzyrządowania w kabinie. W artykule zostanie przedstawiona analiza ergonomiczna i wstępne rozmieszczenie elementów sterowniczych kabiny operatora lokomotywy powierzchniowej WLP-50M. Badania przeprowadzono techniką wirtualnego prototypowania w oparciu o modele 3D szkieletu kabiny, poszycia dachowego oraz elementów wyposażenia wnętrza kabiny. Przebadano zaproponowany wariant możliwego rozmieszczenia elementów wyposażenia w oparciu o normy i wytyczne projektowe.



Rys.1. Ogólny widok przestrzeni ograniczającej kabinę operatora

Na rys.1. przedstawiono widok ogólnego szkieletu kabiny operatora. W kabinie maszynisty znajdują się następujące elementy wchodzące w skład wyposażenia elektrycznego:

- manipulator (manipulatory), sterujący kierunkiem jazdy oraz hamowaniem,
- pulpit sterowniczy do sterowania lokomotywą,

Analizę przeprowadzono w następujących etapach:

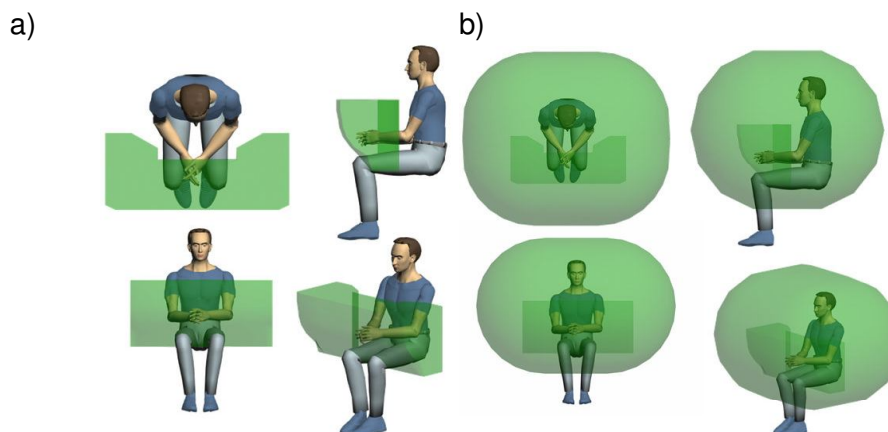
- Etap 1 Identyfikacja kryteriów oceny kabiny operatora,
- Etap 2 Identyfikacja koniecznych do wykonania czynności związanych z jazdą do przodu oraz do tyłu,
- Etap 3. Modelowanie 3D wyposażenia kabiny oraz cech antropometrycznych operatora,
- Etap 4. Ocena ergonomiczna zaproponowanych sposobów rozmieszczenia wyposażenia zgodnie z zasadą miar ograniczających, zgodnie, z którą progowe wartości wymiarów stanowiska pracy określa się dla 5 i 95 centyla,
- Etap 5. Wybór optymalnego rozwiązania.

## 2. KRYTERIA OCENY ERGONOMICZNEJ KABINY OPERATORA LOKOMOTYWY

Analizą ergonomiczną objęto następujące składniki kabiny:

- rozdzielacz hydrauliczny – badana była łatwość dostępu, zabezpieczenie przed nieumyślnym zadziałaniem oraz możliwość użytkowania w rękawicach [2],
- manipulator – badana była łatwość dostępu, zabezpieczenie przed nieumyślnym zadziałaniem oraz możliwość użytkowania w rękawicach [2],
- pulpit sygnalizacyjny – badane było umieszczenie elementów sterowniczych w sąsiedztwie współpracujących z nimi wskaźnikami w taki sposób, aby ich wzajemne relacje były oczywiste dla operatora, przekazywane informacje powinny znajdować się w zasięgu wzroku i być łatwo dostępne [3], dopuszcza się umiejscowienie elementów poza dopuszczalnymi strefami tylko w przypadku wskaźników nie dotyczących stanów krytycznych w odniesieniu do bezpiecznego działania,
- fotel operatora – fotel operatora powinien zapewnić zajęcie wygodnej pozycji, z możliwością regulacji wysokości siedziska.

W analizach strefy wygody i zasięgu dla powierzchniowych lokomotyw spalinowych wykorzystano normę PN-EN ISO 6682 – „Maszyny do robót ziemnych” [1]. Elementy sterownicze takie jak pulpity i manipulatory powinny znajdować się w przestrzeni określonej przez strefy wygody i zasięgów, których pozycjonowanie odbywa się względem punktu bazowego siedziska – SIP, którego zadaniem jest precyzyjne umiejscowienie stref.



Rys.2. Widok 3D stref, a – wygody, b – zasięgów

Na rys.2. przedstawiono widok 3D stref wygody i zasięgów wykorzystanych w ocenie ergonomicznej zgodnie z wytycznymi ujętymi w normie [1] i [4].

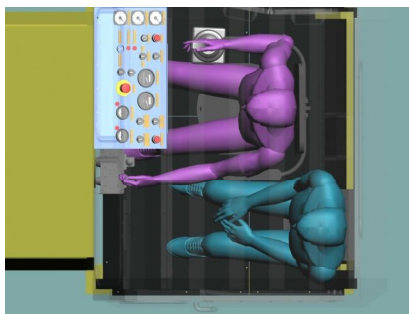
Ocena ergonomiczna w zakresie stref wygody i zasięgów polega na sprawdzeniu czy elementy sterownicze podzielone względem swoich funkcji na pomocnicze i podstawowe znajdują się we właściwych strefach. Elementy sterownicze podstawowe powinny znaleźć się w strefie wygody, elementy sterownicze pomocnicze powinny znaleźć się w strefie wygody lub zasięgu.

Norma [1] definiuje następujące określenia i wymagania:

- SIP – punkt bazowy siedziska określony w ISO 5353 (ustalony w środkowym położeniu regulacji siedziska).
- skok elementu sterowniczego – przemieszczenie elementu sterowniczego w zakresie działania,
- położenie elementu sterowniczego – pozycje elementu sterowniczego, włącznie z odpowiadającym skokiem, określone względem SIP,
- elementy sterownicze podstawowe – elementy sterownicze używane przez operatora często lub stale, takie jak:
  - elementy sterownicze maszyny: skrzyni biegów, hamulców, kierowania, prędkości silnika,
  - elementy sterownicze narzędzia roboczego,
  - elementy sterownicze pomocnicze - elementy sterownicze: świateł, wycieraczek szyb, rozrusznika, grzejnika, klimatyzatora, itp., które nie są często używane przez operatora.
- strefy wygody – zalecane strefy położenia elementów sterowniczych dla podstawowych elementów sterowanych ręcznie i nożnie. Zarówno 95 – centylowy jak i 5 – centylowy operator powinien w pozycji siedzącej sięgać do elementów sterowniczych w tych strefach.
- strefy zasięgu – strefy położenia elementów sterowniczych pomocniczych sterowanych ręcznie i nożnie. Zarówno 95 – centylowy jak i 5 – centylowy operator powinien móc wygodnie dosięgnąć elementów sterowniczych w tych strefach, ale może zaistnieć konieczność, aby operator obrócił się lub pochylił do przodu lub na boki.

### 3. OCENA ERGONOMICZNA

Ocenię ergonomiczną poddano rozmieszczenie elementów sterowniczych kabiny operatora, rys.3.



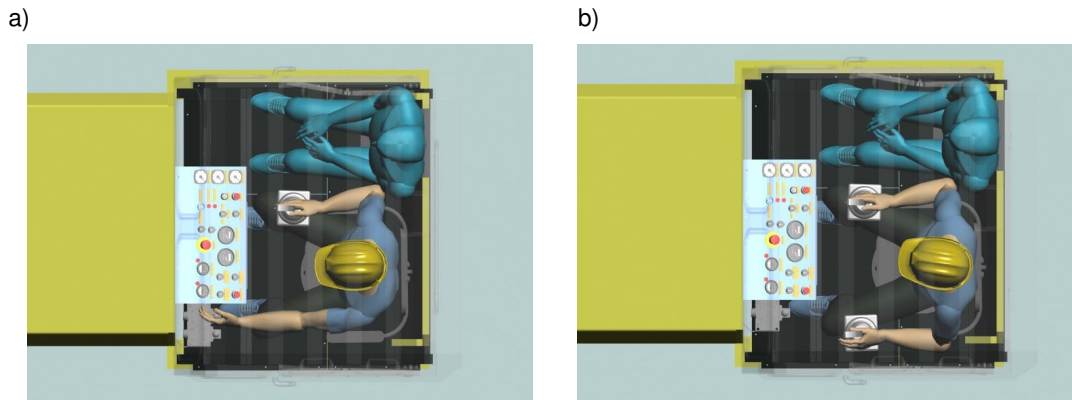
Rys.3. Początkowe rozmieszczenie elementów kabiny - jazda do przodu

W toku analiz określono trzy podstawowe elementy wymagające modyfikacji:

- ustawienie rozdzielacza hydraulicznego koliduje w sposób niedopuszczalny z manipulatorem, przez co znacząco utrudnia jego obsługę podczas jazdy do tyłu,
- obrót fotela w lewo powoduje kolizję manipulatora z pulpitem sterowniczym,
- pulpity sterownicze umieszczone po prawej stronie kabiny jest nieergonomiczny ze względu na małe pole widzenia kierującego podczas jazdy do tyłu.

Zaproponowano przesunięcie całego pulpitu sterowniczego wraz z fotelem i manipulatorem na lewą część kabiny, dzięki temu manipulator znajduje się w miejscu

158 T. Winkler, D. Michalak, Ł. Jaszczyk, H. Suffner, K. Kaczmarczyk, P. Dobrzaniecki dogodnym dla prawej dłoni i dodatkowo nie stanowi przeszkody podczas zajmowania miejsca przez operatora. Dodatkowo ławkę dla konwojenta umieszczono tuż obok prawych drzwi kabiny, co zwiększyło dla niego przestrzeń i komfort podróżowania. Wszelkie urządzenia sterownicze znajdują się w bezpiecznej odległości od konwojenta, dzięki czemu ograniczono ryzyko nieumyślnego włączenia przez niego któregoś z urządzeń. Ocenę ergonomiczną proponowanego rozmieszczenia elementów wyposażenia kabiny przeprowadzono zgodnie z zasadą miar ograniczających. Zgodnie, z którą progowe wartości wymiarów stanowiska pracy określa się dla 5 i 95 centyla.



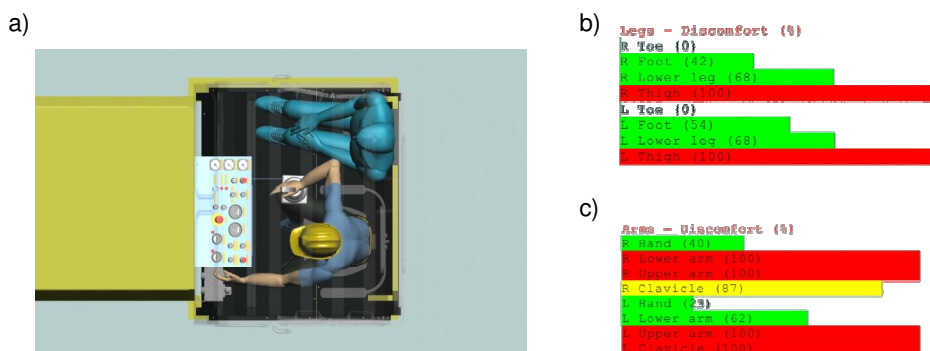
Rys. 4. Warianty rozmieszczenia elementów wyposażenia kabiny

Dla proponowanego rozmieszczenia elementów wyposażenia kabiny przyjęto dwa warianty:

- 1) z jednym manipulatorem sterującym kierunkiem jazdy (rys. 4a);
- 2) z dwoma manipulatorami – sterującym kierunkiem jazdy oraz sterującym hamowaniem (rys. 4b).

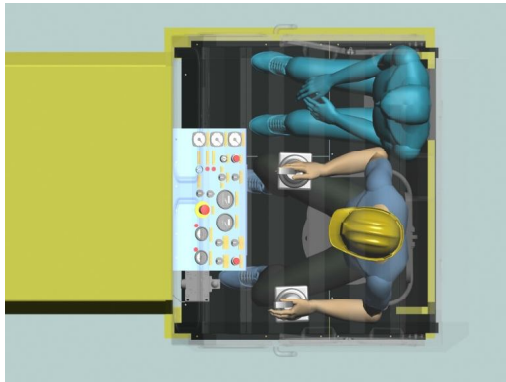
### 3.1. Ocena współczynnika dyskomfortu kierowcy lokomotywy

Ocena ergonomiczna kabiny - w toku przeprowadzonej oceny ergonomicznej określono dyskomfort kierowcy lokomotywy podczas jazdy do przodu (rys. 5) i do tyłu (rys.6). Współczynnik dyskomfortu określono dla kończyn górnych i dolnych kierowcy. Analizę przeprowadzono dla wariantu z jednym i z dwoma manipulatorami dla modelu 95 – centylowego (rys. 5d – f i rys. 6d – f) oraz 5 – centylowego (rys. 5a – c i rys. 6a – c).

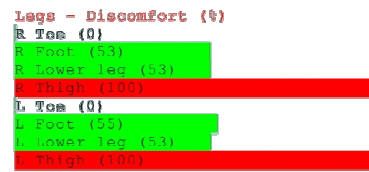


Rys. 5. Współczynnik dyskomfortu określony dla kończyn górnych i dolnych kierowcy lokomotywy podczas jazdy do przodu [5]

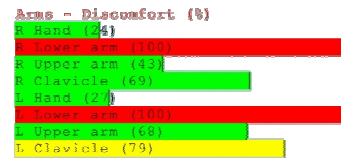
d)



e)

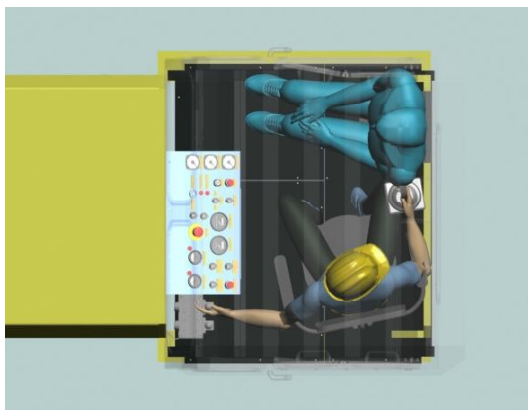


f)

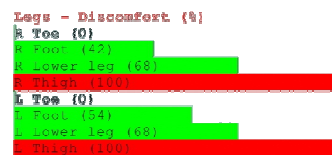


Rys. 5. Współczynnik dyskomfortu określony dla kończyn górnych i dolnych kierowcy lokomotywy podczas jazdy do przodu [5]

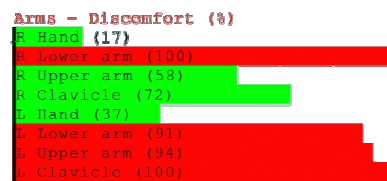
a)



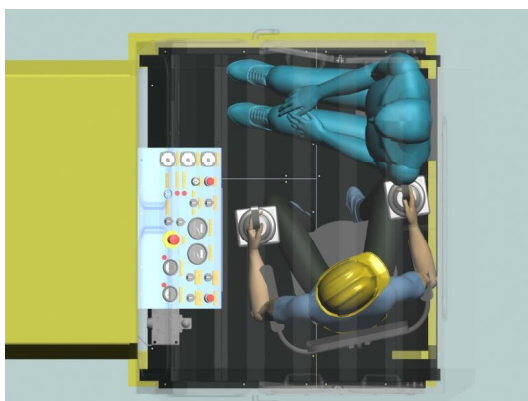
b)



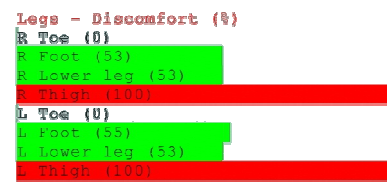
c)



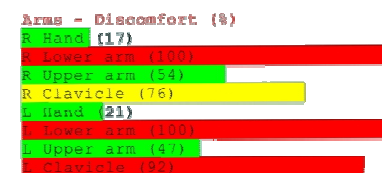
d)



e)



f)



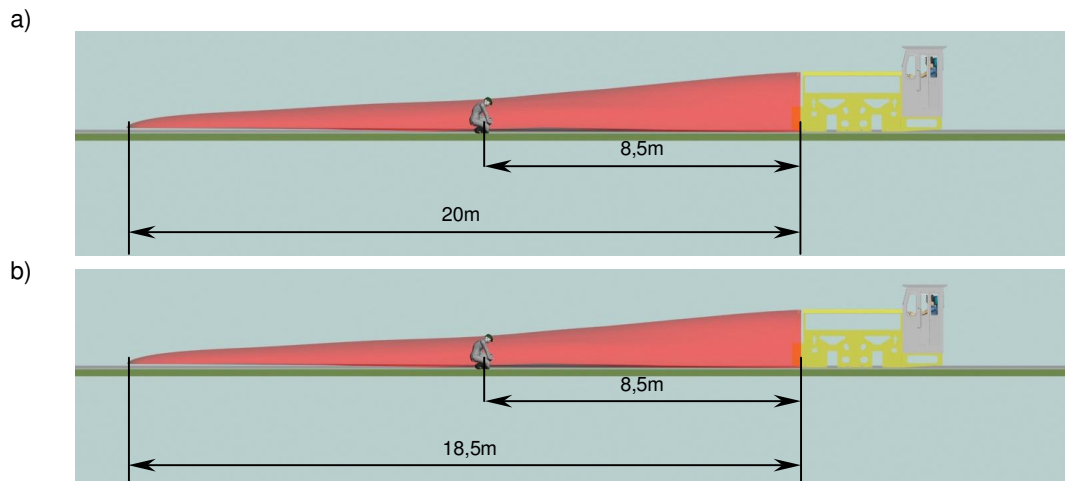
Rys. 6. Współczynnik dyskomfortu określony dla kończyn górnych i dolnych kierowcy lokomotywy podczas jazdy do tyłu [5]

Jako zintegrowaną miarę stopnia wyężenia układu mięśniowo-szkieletowego ruchu przyjęto umowny współczynnik dyskomfortu statycznego. W programie ANTHROPOS ErgoMAX, współczynnik ten wyznacza się na podstawie wartości momentów i oporów w stawach oraz stopnia wyczerpania ruchomości w stawach, przy uwzględnieniu wag wyznaczanych statystycznie [6]. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że dla zapewnienia komfortu pracy niskim kierowcom niezbędne jest zastosowanie fotela wyposażonego w podnózek. Stopy powinny pewnie spoczywać na podłodze lub podnóżku, gwarantuje to utrzymanie właściwej pozycji i komfort pracy. Propozycje fotela dla kierowcy wraz z zakresem regulacji przedstawiono w pkt 3.4.

### 3.2. Ocena pola widzenia kierowcy lokomotywy

W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, że martwa strefa w polu widzenia kierowcy lokomotywy (rys. 7a i 7b) podczas jazdy do przodu (mierzona od czoła lokomotywy do główki szyny) wynosi odpowiednio:

- dla modelu 5- centylowego – 20m
- dla modelu 95- centylowego – 18,5m.

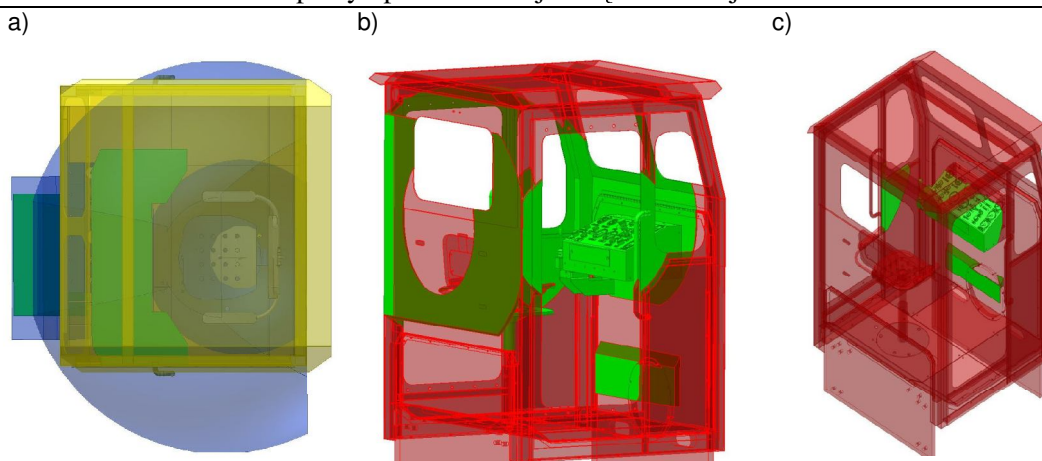


Rys. 7. Pole widzenia kierowcy lokomotywy: a) martwa strefa w polu widzenia dla modelu 5- centylowego, b) martwa strefa w polu widzenia dla modelu 95- centylowego,

Pracownicy przebywający na torowisku (w pozycji kłęczącej) widoczni są dla kierowcy lokomotywy w odległości nie mniejszej niż 8,5m od czoła lokomotywy.

### 3.3. Strefy wygody i zasięgu w odniesieniu do elementów sterowniczych

Z przeprowadzonej analizy wynika, że elementy sterownicze stanowiące wyposażenie lokomotywy WLP-50M znajdują się w strefie zasięgu. Manipulatory służące do sterowania kierunkiem jazdy i hamowaniem znajdują się w strefie wygody, co zapewnia komfort pracy kierowcy.

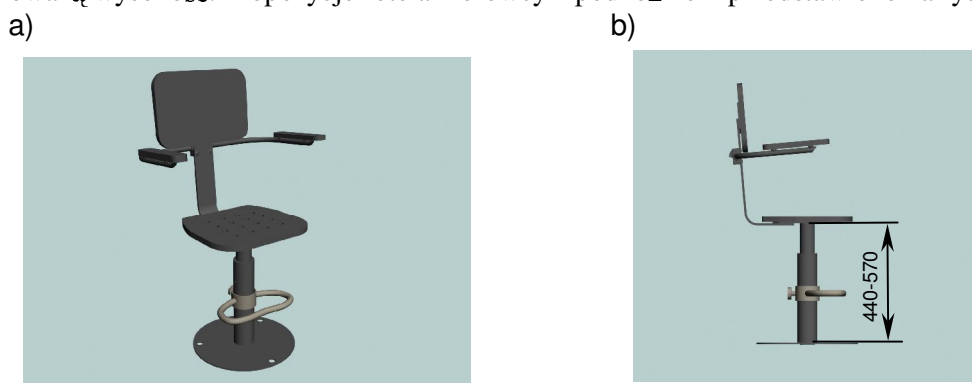


Rys. 8. Strefy wygodności i zasięgu w odniesieniu do elementów sterowniczych: a) strefa zasięgu, b) strefa wygodności

Na rysunku 8a przedstawiono kabinę lokomotywy z uwzględnieniem stref wygodności i zasięgu. W wyniku przeprowadzonej analizy elementy kabiny znajdujące się w strefie zasięgu (rys. 8b) i wygodności (rys. 8c) oznaczono kolorem zielonym.

### 3.4. Fotel kierowcy

Dla zapewnienia wygodnej pozycji kierowcy, fotel powinien być obrotowy i mieć regulowaną wysokość. Propozycje fotela kierowcy z podnóżkiem przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Fotel kierowcy lokomotywy: a) fotel z podnóżkiem, b) zakres regulacji fotela kierowcy

Regulacja wysokości siedziska powinna mieścić się w zakresie od 440 – 570 mm (rys.9b). Dla zapewnienia komfortu pracy kierowcom o niskim wzroście zaproponowano zastosowanie regulowanego podnóżka mocowanego do fotela kierowcy.

#### 4. WNIOSKI

Na podstawie powyższych analiz wysunięto następujące wnioski:

- elementy sterujące pulpitu powinny być tak usytuowane, aby nie utrudniały otwierania i zamykania drzwi przy zajmowaniu miejsca w kabinie,
- fotel kierowcy powinien być obrotowy i mieć możliwość regulacji wysokości, dodatkowo manipulator powinien być przymocowany bezpośrednio do siedziska, tak aby po zmianie wysokości nadal dostosowany był do wysokości operatora (rys. 9),
- fotel kierowcy lokomotywy powinien być wyposażony w podnóżek, zwiększający komfort pracy pracownikom o niskim wzroście,
- zastosowanie dwóch manipulatorów do sterowania pracą lokomotywy poprawia w znacznym stopniu komfort pracy kierowcy lokomotywy,
- umieszczenie manipulatora powinno zgodnie z zapisami normy zapewniać minimalny odstęp - 55mm od drzwi kabiny w pozycji odchylonej, z uwagi na możliwość regulacji wysokości fotela w płaszczyźnie pionowej (góra – dół), w miarę możliwości powinno się stworzyć możliwość zmiany położenia manipulatora w płaszczyźnie poziomej (lewo – prawo), tak aby osoby o różnym wzroście mogły dopasować jego położenie optymalnie.

#### LITERATURA

- [1] PN-EN ISO 6682 - Maszyny do robót ziemnych. Strefy wygody i zasięgu w odniesieniu do elementów sterowniczych
- [2] PN-EN 894-3 Maszyny. Bezpieczeństwo. Wymagania ergonomiczne dotyczące projektowania wskaźników i elementów sterowniczych  
Część 3: Elementy sterownicze
- [3] PN-EN 894-1 Maszyny. Bezpieczeństwo. Wymagania ergonomiczne dotyczące projektowania wskaźników i elementów sterowniczych  
Część 1: Ogólne zasady interakcji między człowiekiem a wskaźnikami i elementami sterowniczymi
- [4] PN-ISO 5353:1998 Maszyny do robót ziemnych, ciągniki i maszyny rolnicze i leśne  
- Punkt bazowy siedziska
- [5] ANTHROPOS – ErgoMax: User Guide, Version 3.0, (1999), IST GmbH, Kaiserslautern.
- [6] Winkler T.: Komputerowo wspomagane projektowanie systemów antropotechnicznych. Warszawa: WNT, 2005

### **CREATION OF WORK ENVIRONMENT OF THE NARROW-GAUGE RAILWAY OPERATOR**

Summary. Process of selection and arrangement of equipment of the operator's cabin in a narrow-gauge railway used in the mining industry is presented. Series of conditions resulting from the method of machine maintenance and spatial limitations were included in the research work associated with a creation of operator's work environment. The presented ergonomic and functionality assessment is one of the stages of virtual prototyping, carried out to verify a new design solution.