

Antoni Saulewicz
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Piotr Tomczuk
Politechnika Warszawska Wydział Transportu

WIDOCZNOŚĆ DLA OPERATORA PODNOŚNIKOWEGO WÓZKA JEZDNIOWEGO PRZY PRZEWOŻENIU ŁADUNKU O RÓŻNEJ WYSOKOŚCI

Streszczenie: Przedstawiono wyniki badania widoczności otoczenia przez operatorów określonych podnośnikowych wózków jezdniowych czołowych z ładunkami o wysokości 1 m, 1,1 m oraz 1,2 m. Podano wyniki określania ilościowej zależności między długością strefy martwej, wynikającej z wysokości przewożonego ładunku, a wielkością wychylenia poprzecznego głowy operatora wózka. Podano metodę dokładną i uproszczoną określania akceptowalnej widoczności przez operatora podnośnikowego wózka jezdniowego w postaci wymiarów strefy martwej zależnej od wysokości ładunku.

Słowa kluczowe: podnośnikowe wózki jezdniowe czołowe, widoczność otoczenia przez operatora, bezpieczeństwo

1. WPROWADZENIE

Niniejszy artykuł zawiera wyniki realizacji projektu o numerze 4R15 pt. „Określenie zmian widzialności otoczenia przez operatorów podnośnikowych wózków jezdniowych w aspekcie ryzyka wypadkowego”, realizowanego w CIOP-PIB w latach 2008-2010.

Operatorzy wózków podnośnikowych podejmują decyzje na podstawie informacji, które docierają do nich w 90 % wzrokowo. Dobra widoczność otoczenia dla operatora podnośnikowego wózka widłowego jest sprawą niezwykle istotną dla zachowania bezpieczeństwa. Z badań przeprowadzonych w USA [1] wynika, że 80 % wypadków, które powstają z udziałem podnośnikowych wózków jezdniowych (uderzenie pieszych, kolizje z innymi wózkami, kolizje z elementami infrastruktury, przewrócenie się wózka), wynikają z niewystarczającej widoczności otoczenia przez operatora.

W roku 2004 roku powstał projekt międzynarodowej normy technicznej [2], umożliwiającej ocenę widoczności dla operatora wózka, z uwzględnieniem cech konstrukcyjnych i budowy wózka. W projekcie nie uwzględniono przewożonego ładunku.

Widoczność ze stanowiska operatora wózka jezdniowego można definiować różnie. W projekcie tym zakłada się, że oświetlenie drogi jest zgodne z wymaganiami i nie jest celem badań. Jest to sprawa uregulowana w normach technicznych, np. w PN-EN 12464 [3, 4]. Nie analizujemy tu także widoczności wynikającej z warunków atmosferycznych czy przejrzystości powietrza. W projekcie tym rozpatrujemy widoczność geometryczną, czyli wynikającą z geometrii danego ładunku umieszczonego na danym wózku, a więc uwzględniamy widoczność związaną z zasięgiem i wielkością strefy martwej powstającej w wyniku umieszczenia danego ładunku na danym podnośnikowym wózku jezdniowym czołowym. Widoczność geometryczna jest określona w [5]. Strefa martwa jest związana z widocznością geometryczną i jest strefą braku widoczności z miejsca operatora. W projekcie zakłada się, że podnośnikowe wózki jezdniowe czołowe poruszają się po prawidłowo wyznaczonych i oznakowanych (także znakami drogowymi) drogach wewnętrznych, zaś piesi poruszają się po drogach dla nich wyznaczonych. Zakłada się także, że przejścia dla pieszych przez drogi dla pojazdów są oznakowane. Zakłada się również, że drogi dla wózków są wolne od wszelkich przeszkód na ich powierzchni, a ładunki na wózkach są uniesione na wysokość 0,20 m.

2. METODYKA BADAŃ

Badania widoczności otoczenia przez operatora prowadzono z zastosowaniem –trzech podnośnikowych wózków jezdniowych czołowych przedstawionych na rysunku 1.



a) Wózek nr 1(RX 50-10)

b) Wózek nr 2 (G15S)

c) Wózek nr 3(GLP 16 AF)

Rys. 1. Podnośnikowe wózki jezdniowe czołowe stosowane w badaniach

Podczas badań, wózkami przewożono ładunki o wysokościach $H = 1\text{ m}$, $1,1\text{ m}$ i $1,2\text{ m}$ na paletach EUR $0,8\text{ m} \times 1,2\text{ m}$. W badaniach uczestniczyło 16 operatorów, przy czym każdy z operatorów przewoził każdy z ładunków na każdym z trzech wózków.

Każdy wózek stosowany w badaniach był wyposażony w układ kamer video wraz z rejestratorem video, przy czym jedna kamera była skierowana na operatora. Wielkość wychylenia poprzecznego głowy operatora określano z zastosowaniem filmu zarejestrowanego za pomocą kamery skierowanej na operatora. Film analizowano komputerowo za pomocą oprogramowania opracowanego specjalnie do tego celu. Wynikiem analizy była wartość średnia i maksymalna wychylenia poprzecznego głowy operatora.

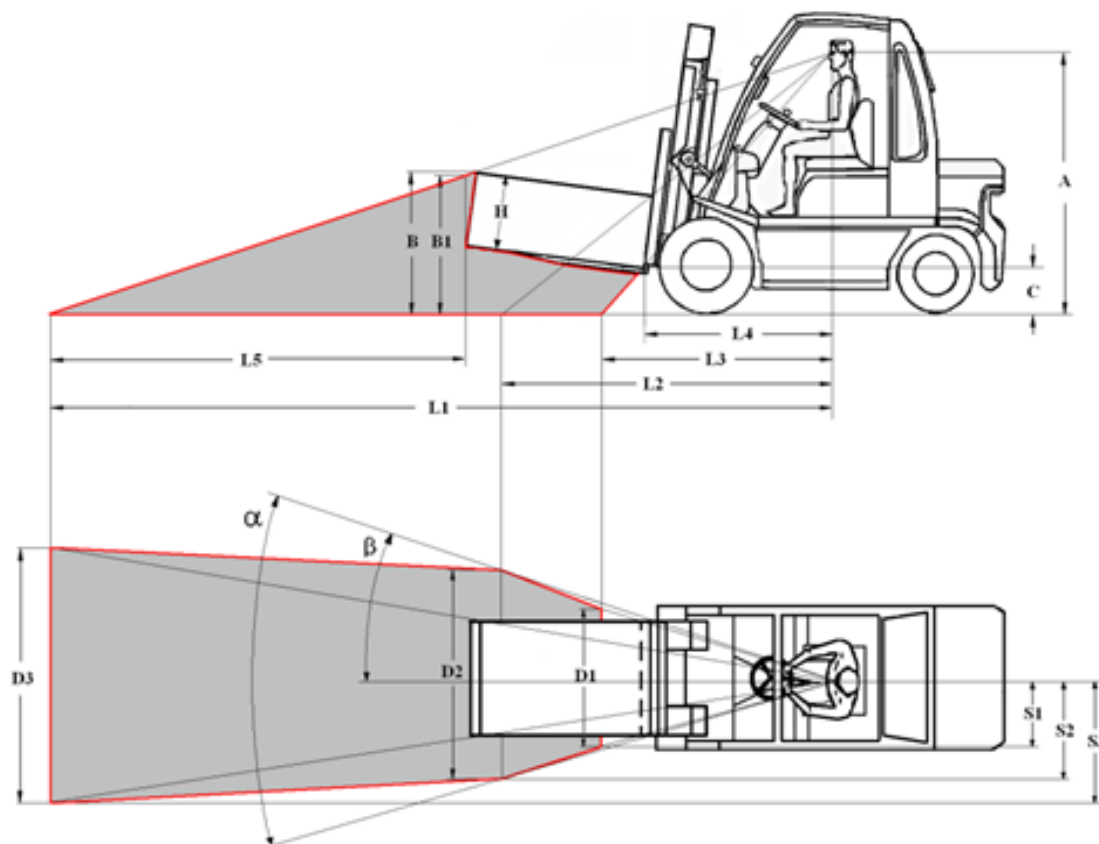
Dodatkowo w badaniach widoczności wykorzystywano wyniki badań ankietowych prowadzonych wśród uczestniczących w badaniach operatorów wózków jezdniowych z zastosowaniem kwestionariusza ankietowego, w którym operator wyrażał subiektywną ocenę, czy przewożony ładunek umożliwia zachowanie bezpieczeństwa podczas jego przewożenia alejką kontrolną.

Z wykorzystaniem doświadczenia badań widoczności z zastosowaniem wirtualnego symulatora podnośnikowego wózka jezdniowego [6], widoczność uznano za wystarczającą podczas przewożenia danego ładunku, jeśli:

1) wychylenie poprzeczne głowy operatora było na poziomie od 0,08 m w dół i towarzyszyły mu nieduże wychylenia tułowia operatora;

2) co najmniej 15 kierowców na 16 oceniła ją jako wystarczającą do zachowania bezpieczeństwa podczas przewożenia tego ładunku.

Strefę martwą związaną z ładunkiem na wózku w stanie gotowości do jazdy, wyznaczano komputerowo z zastosowaniem programu komputerowego AutoCAD oraz Inventor firmy Autodesk. Opracowano uproszczony model wózka podnośnikowego z operatorem i ładunkiem na takim poziomie szczegółowości, aby była możliwość określenia głównych wymiarów strefy martwej związanej z ładunkiem w stanie gotowości wózka do jazdy. Na rysunku 2 przedstawiono główne wymiary dotyczące wielkości i położenia strefy martwej oraz kąty widzenia ładunku w płaszczyźnie poziomej.

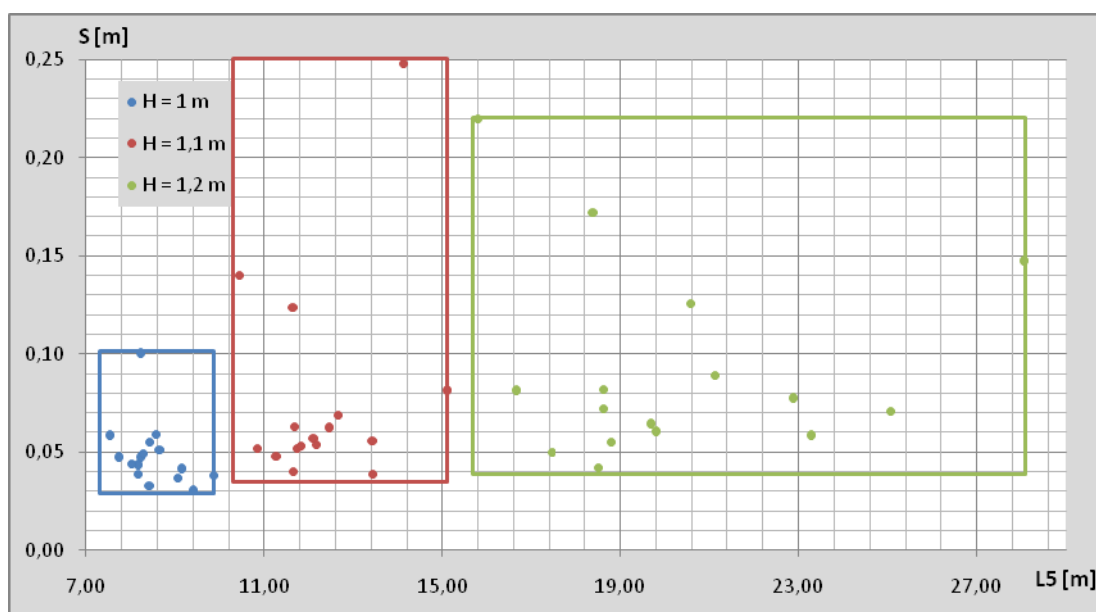


Rys. 2. Widok strefy martwej wynikającej z przewożonego ładunku i jej głównych wymiarów

3. GŁÓWNE WYNIKI BADAŃ

W rezultacie oceny wyników badań wychylenia poprzecznego głowy operatorów ustalono, że w przypadku wózków nr 1 i nr 2 ładunki o wysokości do 1,1 m włącznie zapewniają widoczność otoczenia przez operatora wystarczającą do zachowania bezpieczeństwa, zaś w przypadku wózka nr 3 - ładunki o wysokości do 1,2 m.

Analizowano także zależność między wielkością wychylenia poprzecznego głowy operatora a długością (L5) strefy martwej w przypadku każdego ładunku na każdym z wózków. Na rysunku 3 przedstawiono wykres punktowy wielkości średniej S wychylenia poprzecznego głowy operatora w funkcji długości L5 strefy martwej w przypadku wózka nr 2. Wraz ze wzrostem wysokości ładunku, z pominięciem wartości odstających, zwiększają się zakresy wychyleń poprzecznych głowy operatorów i zakresy długości L5 stref martwych.



Rys. 3. Wykres punktowy wartości średnich S wychylenia poprzecznego głowy operatora w funkcji długości L5 strefy martwej w przypadku ładunków o wysokości H = 1 m, 1,1 m i 1,2 m (punkty w ramkach od lewej strony do prawej strony) na wózku nr 2

Przeprowadzono analizę statystyczną zależności między długością strefy martwej L5 a średnim wychyleniem głowy operatora dla każdego wózka i każdego ładunku. Celem analizy było sprawdzenie, czy istnieje ilościowa zależność między tymi wielkościami. Poniżej przedstawiono wyniki analizy dotyczące wózka nr 2 i ładunku o wysokości H=1 m.

Zastosowano analizę regresji. Aproxymowano do danych, z pominięciem wartości odstającej, funkcję o równaniu

$$y = ax + b \quad (1)$$

gdzie:

x – długość strefy martwej, w granicach L5,

y- wartość średnia wychylenia poprzecznego głowy operatora.

Prosta określona jest wzorem:

$$y = -0,007376x + 0,107410 \quad (2)$$

Współczynnik $R^2=0,2972$ oznacza, że jedynie 29,72% zmiennych jest objętych przez przyjęty model. W takiej sytuacji można zrezygnować z dalszego prognozowania.

Na podstawie otrzymanych wyników analiz można oczekiwać, że nie występuje ilościowa zależność między długością L5 strefy martwej a średnią wartością poprzecznego wychylenia głowy operatora podczas przewożenia ładunku.

3.1. Metoda dokładna określania widoczności akceptowalnej

Widoczność osoby pieszej przez operatora podnośnikowego wózka jezdniowego jest podstawowym warunkiem uniknięcia kolizji. Jeśli ładunek tak zasłania otoczenie, że operator wózka nie widzi pieszego znajdującego się na drodze wózka, może dojść do kolizji z człowiekiem, której skutkiem są zwykle bardzo poważne urazy. Rozważając, kiedy pieszy znajdujący się na drodze wózka może być widoczny i rozpoznany, że jest to człowiek, można dojść do wniosku, że operator wózka powinien widzieć co najmniej górną część głowy do oczu, jak to zilustrowano na rysunku 4.



Rys. 4. Ilustracje do oceny widoczności człowieka przez operatora wózka

Korzystając z Atlasu miar człowieka [7] i zawartych w nim modeli centylowych można znaleźć wartość wysokości ocznej w pozycji stojącej najniższego pięciocentylowego człowieka – kobiety, której wysokość oczna bez obuwia wynosi 1,422 m. Obuwie może zwiększyć tę wysokość o 3 do 7 cm. Przyjęto, że wysokość B1 strefy martwej (patrz rys.2) nie powinna przekraczać 1,422 m, aby ryzyko nie dostrzeżenia człowieka przez operatora wózka było na poziomie akceptowalnym. W tabelicy 1 przedstawiono, jak przekłada się to na wysokość H ładunków na wózkach nr 2 i nr 3 dla poszczególnych 16 operatorów – można zauważyć, że dla operatora o najmniejszej wysokości A (nr 12) wysokość H ładunku nie powinna przekraczać odpowiednio 1,097 m i 1,098 m. W przypadku wózka nr 1 wysokość H ładunku nie powinna przekraczać 1,111 m (w tabelicy 1 nie zamieszczono danych dotyczących wózka nr 1). W metodzie z określaniem wartości poprzecznego wychylenia głowy w przypadku wózka 3 ładunek o wysokości $H=1,2$ m był akceptowalny, zaś w niniejszej metodzie – od 1,098 m do 1,104 m; wysokość ładunku zależna jest od

wymiarów operatora i jego pozycji na wózku oraz cech wózka. Jeśli zachodzi podejrzenie, że wśród osób potencjalnie zagrożonych są osoby jeszcze niższe niż najniższa pięciocentylowa, należy zmierzyć ich wysokość oczną w pozycji stojącej i przyjąć występującą wartość najmniejszą jako wartość B1, albo zastosować środki organizacyjne zapobiegające ich znalezieniu się w obszarze ruchu wózków z ładunkami.

Drugą wielkością wpływającą na widoczność przez operatora innych wózków niższych od 1,422 m i elementów infrastruktury jest długość L5 strefy martwej. Akceptowalność L5 zależy od układu dróg i infrastruktury. W przypadku niekorzystnego układu skrzyżowań dróg oraz układu infrastruktury, a w szczególności, gdy długość L5 strefy martwej jest dłuższa od odległości między skrzyżowaniami dróg komunikacyjnych oraz wszędzie tam, gdzie może dojść do kolizji wózka analizowanego z innymi pojazdami z ładunkami niższymi od 1,422 m lub elementami infrastruktury, należy zastosować środki techniczne umożliwiające poprawę widoczności na skrzyżowaniach i w innych miejscach niebezpiecznych w takim stopniu, aby zmniejszyć ryzyko kolizji do poziomu akceptowalnego. Przykłady takich środków technicznych: 1) lustra sferyczne zawieszane pod sufitem w obszarze skrzyżowań; 2) lustra zawieszane pionowo w odpowiednich miejscach; 3) zamontowane na wózkach układy kamer z monitorem dla operatora umożliwiające widoczność miejsc zasłoniętych przez ładunek; 4) sygnalizacja ostrzegawcza; 4) układ świateł sterujących ruchem na skrzyżowaniach.

Tablica 1.

Wymiary dotyczące operatora, ładunku i strefy martwej, gdy B1 = 1,422 m

Nr operatora	Wózek nr 2				Wózek nr 3			
	A	B	H	L5	A	B	H	L5
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	1,7756	1,440	1,102	10,524	1,8111	1,442	1,104	9,626
2	1,7183	1,437	1,099	12,420	1,7410	1,438	1,100	11,563
3	1,7274	1,438	1,100	12,106	1,7504	1,439	1,101	11,271
4	1,7403	1,438	1,100	11,736	1,7555	1,439	1,101	11,227
5	1,7397	1,438	1,100	11,821	1,7554	1,439	1,101	11,230
6	1,7397	1,438	1,100	11,660	1,7564	1,439	1,101	11,116
7	1,7263	1,438	1,100	12,155	1,7485	1,439	1,101	11,341
8	1,6965	1,436	1,098	15,896	1,7196	1,438	1,100	12,232
9	1,7637	1,440	1,101	10,899	1,7897	1,441	1,103	10,183
10	1,7583	1,439	1,101	11,319	1,7945	1,441	1,102	10,322
11	1,7447	1,438	1,100	11,677	1,7814	1,440	1,102	10,576
12	1,6712	1,435	1,097	14,853	1,6944	1,436	1,098	13,641
13	1,6869	1,436	1,098	13,957	1,7230	1,437	1,099	12,392
14	1,7132	1,437	1,099	12,604	1,7410	1,438	1,100	11,563
15	1,7045	1,436	1,098	13,339	1,7413	1,438	1,100	11,926
16	1,7377	1,438	1,100	11,680	1,7744	1,440	1,102	10,548

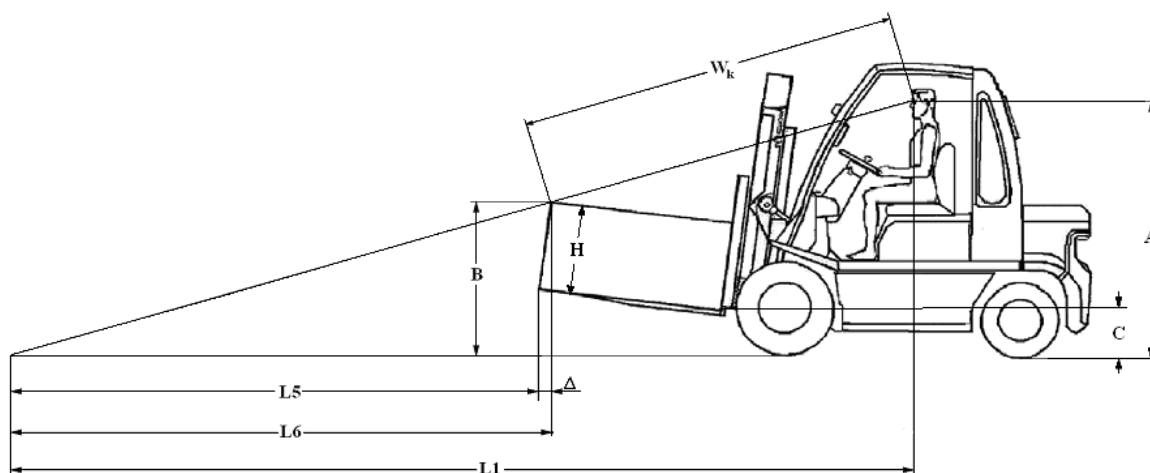
Omówiona metoda umożliwia także analizę innych wymiarów strefy martwej zaznaczonych na rysunku 2. Jest ona przydatna dla wszystkich osób i firm, które mają odpowiednie wyposażenie komputerowe, np. dla projektantów.

3.2. Uproszczona metoda określania akceptowalnej widoczności

Uproszczoną metodę zilustrowano na rysunku 5. W metodzie tej należy zmierzyć 3 wymiary, a mianowicie: wysokość oczną A operatora w pozycji siedzącej na fotelu wózka w pozycji gotowości do jazdy, wysokość B położenia najwyższej krawędzi ładunku znajdującego się na widłach wózka oraz odległość W_k od najwyższej krawędzi ładunku do punktu środkowego między oczami operatora. Długość L_6 strefy martwej w metrach określamy według następującego wzoru:

$$L_6 = \sqrt{W_k^2 - (A - B)^2} \left(\frac{A}{A - B} - 1 \right) \quad (3)$$

do którego podstawia się wartości zmierzonych wymiarów A , B i W_k w metrach.



Rys. 5. Ilustracja do uproszczonej metody

Jak wynika z rysunku 2, wymiar B jest nieco większy aniżeli B_1 . Na podstawie analizy różnic tych wymiarów przyjęto, że wartość B nie powinna przekraczać 1,430 m. Wtedy ryzyko kolizji wózka z osobą pieszą z powodu nie dostrzeżenia jej przez operatora wózka będzie na poziomie akceptowalnym.

Obliczana w tej metodyce długość L_6 różni się od L_5 określanej w metodzie dokładnej o różnicę zaznaczoną na rys. 5 jako Δ . Na przykład w przypadku ładunku o wysokości 1,090 m na wózku nr 1 Δ wynosi 0,116 m, na wózkach nr 2 i nr 3 – 0,133 m.

Metodyka niniejsza jest przeznaczona dla osób i firm, które nie mają odpowiedniego wyposażenia komputerowego niezbędnego do określenia strefy martwej według rysunku 2.

4. PODSUMOWANIE

Opracowano dokładną i uproszczoną metodę określania akceptowalnej widoczności otoczenia przez operatora. Metoda dokładna jest przeznaczona głównie dla projektantów i usługodawców. Metoda uproszczona jest przeznaczona dla tych osób i firm, które nie mają możliwości stosowania specjalistycznego oprogramowania komputerowego. Stosowanie tych metod w praktyce umożliwi zmniejszenie liczby wypadków mających miejsce z powodu niewystarczającej widoczności otoczenia przez operatorów wózków.

Bibliografia

1. Collins J.W., Landen D.D., Kisner S.M., Johnston J.J., Chin S.F., Kennedy R.D., Fatal occupational injuries associated with forklift, United States, 1980 – 1994, AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE, Vol. 36, 504 – 512, 1999, 5.
2. prEN ISO 13564-1 Powered Industrial Trucks – Test methods for verification of visibility – Part 1: Sit-on and stand-on operator trucks and variable reach trucks
3. PN-EN 12464-1:2004 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsce pracy we wnętrzu
4. PN-EN 12464-2:2007 Światło i oświetlenie – Oświetlenie miejsc pracy – Część 1: Miejsce pracy na zewnątrz
5. Mazur J.W., Żagan W., Samochodowa technika świetlna, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997
6. Saulewicz A., Tomczuk P., Filipek D., Jezierski T., Kalwasiński D., Skoniecki S., Badania zachowań operatorów podnośnikowych wózków jezdniowych w komputerowo symulowanych warunkach zmniejszonej widzialności, Sprawozdanie etapowe, numer projektu 4R15, CIOP-PIB, Warszawa 2008
7. Gedliczka A., Pochopień P., Szklarska A., Welon Z., Atlas miar człowieka. Dane do projektowania i oceny ergonomicznej, CIOP, Warszawa 2001

VISIBILITY FOR THE OPERATOR OF THE FORKLIFT TRUCK WHEN TRANSPORTING DIFFERENT HEIGHT LOADS

Abstract: The paper presents the results of the study on visibility for the operators of specified forklift trucks with loads of 1 m, 1,1 m and 1,2 m in height. It presents the results of investigation of quantitative dependence of the quantity of transversal movement of the forklift truck operator's head on the length of the shadow area relative to the load height. The paper also describes the accurate and simplified method for determining the acceptable visibility for the forklift truck operator in terms of the dimensions of the shadow area relative to the load height.

Keywords: forklift trucks, visibility for the operator, safety