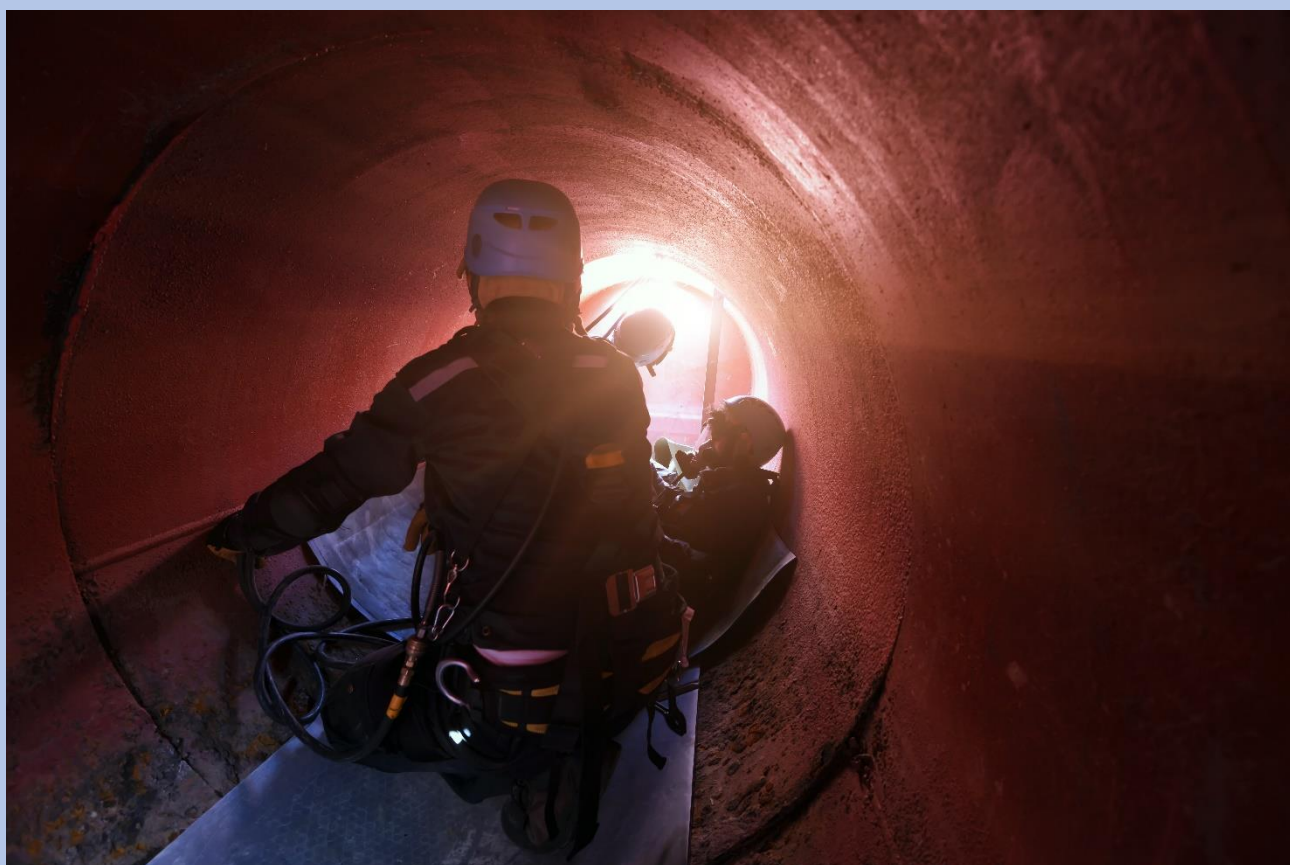


JOANNA SZKUDLAREK
GRZEGORZ OWCZAREK

Naddatki wymiarowe
a bezpieczna interakcja człowieka
ze środowiskiem pracy



Naddatki wymiarowe a bezpieczna interakcja człowieka ze środowiskiem pracy

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Projekt I.PB.10: Opracowanie danych do nowego atlasu miar człowieka, związanych ze stosowaniem środków ochrony indywidualnej z uwzględnieniem wybranych parametrów widzenia

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor:

dr inż. Joanna Szkudlarek, dr inż. Grzegorz Owczarek – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ochron Osobistych

Opracowanie redakcyjne
dr Monika Piech-Rzymowska

Opracowanie graficzne
Dorota Marzec

© Copyright by
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Materiał informacyjny jest skierowany do użytkowników środków ochrony indywidualnej oraz specjalistów BHP organizujących interfejs człowiek-środowisko pracy oraz twórców szkoleń z zakresu BHP. Zawiera informacje dotyczące indywidualnego dopasowania środków ochrony indywidualnej do warunków pracy z uwzględnieniem wymagań ergonomii.

Wstęp

Cechy konstrukcyjne środków ochrony indywidualnej (ŚOI) i materiały, z których są one wytworzone, zmieniają się wraz z rozwojem techniki. ŚOI, które są zakładane przez pracownika, mogą być obecnie wyposażane w dodatkowe elementy: moduły, czujniki, urządzenia telekomunikacyjne itp. Informacje o maksymalnych wymiarach wszystkich elementów kompletnego wyposażenia ochronnego stanowią dane wejściowe do projektowania bardziej ergonomicznych ŚOI, narzędzi, maszyn i stanowisk pracy.

ŚOI zakładane przez pracownika powodują zwiększenie jego całkowitych zewnętrznych wymiarów. Może to wpływać zarówno na ograniczenie komfortu pracy, jak i bezpieczeństwo wykonywanej pracy. Zatem analiza dodatkowej przestrzeni, jaką zajmują ŚOI ze względu na swoją konstrukcję, oraz analiza zmiany wymiarów zewnętrznych człowieka po ich założeniu – zwane naddatkami wymiarowymi (NW) – mają na celu poprawę ergonomii pracy, co jednocześnie wpłynie na zwiększenie komfortu i bezpieczeństwa pracy.

Dopasowanie wymiarów i kształtu ŚOI do warunków pracy nie było dotychczas przedmiotem rozważań. Do tej pory termin „dopasowanie ŚOI” kojarzony jest z dopasowaniem ŚOI do użytkownika, który powinien być wyposażony w te środki ochrony z uwzględnieniem jego cech antropometrycznych, pokrycia obszaru chronionego oraz komfortu wykonywania ruchów i zachowania parametrów widzenia. W niniejszym materiale informacyjnym opisano, jakie znaczenie mają naddatki wymiarowe w praktyce na przykładzie osób wykonujących prace techniczne i biorących udział w akcjach ratunkowych. Przedstawiono również przykład dopasowania ŚOI do warunków wykonywanej pracy na przykładzie przyłbicy spawalniczej.

1. Naddatki wymiarowe wynikające ze stosowania środków ochrony indywidualnej

Termin „naddatki wymiarowe” jest używany w różnych dziedzinach życia codziennego i zawodowego. Ma swoje znaczenie w projektowaniu odzieży i modzie, jak również w życiu zawodowym – w zakresie ergonomii i bezpieczeństwa pracy.

Naddatki wymiarowe istotne z punktu widzenia środowiska pracy decydują o dopasowaniu i komforcie korzystania z ŚOI oraz, co do tej pory było pomijane, mają wpływ na bezpieczną interakcję pracownika z otoczeniem (stanowiskiem pracy, narzędziem, maszyną). Należy rozróżnić dwa obszary znaczeniowe, w których pojawiają się naddatki wymiarowe – naddatki wymiarowe i dopasowanie ŚOI do cech antropometrycznych oraz naddatki wymiarowe i integracja człowieka ze środowiskiem pracy.

W pierwszym przypadku naddatki wymiarowe zwane są luzami technologicznymi, luzami powietrznymi, prześwitami technologicznymi czy konstrukcyjnymi. Mają one znaczenie w kształtowaniu komfortu fizjologicznego, termoregulacji i jednocześnie ich wartości wpływają na dopasowanie wyrobu (w tym przypadku ŚOI) do sylwetki użytkownika. Stopień dopasowania odzieży ochronnej do ciała człowieka określa się poprzez ocenę różnicy między zewnętrznymi wymiarami ciała człowieka a wewnętrzną powierzchnią odzieży. Natomiast drugi rodzaj naddatków wymiarowych jest konsekwencją stosowania ŚOI w aspekcie zwiększenia zewnętrznych wymiarów człowieka. Stanowią one różnicę między zewnętrznym wymiarem ciała człowieka a zewnętrznym wymiarem ŚOI z uwzględnieniem wymiarów jego konstrukcji. Wpływają one na zwiększenie optymalnej, wymaganej przestrzeni do funkcjonowania człowieka w środowisku pracy.

Naddatki wymiarowe wynikające ze stosowania ŚOI są elementem bezpiecznej interakcji człowieka ze środowiskiem pracy, ponieważ generują ograniczenia w wykonywaniu czynności zawodowych. Gdy użytkownik ma na sobie ŚOI, zmniejsza się jego przestrzeń robocza, co w konsekwencji obniża jego komfort pracy, a w skrajnym przypadku stwarza niebezpieczne sytuacje.

2. Znaczenie naddatków wymiarowych wynikających ze stosowania środków ochrony indywidualnej

Wpływ stroju ochronnego na zwiększenie wymiarów ciała człowieka dotyczy różnych aspektów: ograniczenia przestrzeni [1], ograniczenia pola widzenia, zmiany zasięgów rąk [2, 3] i inne ograniczenia [4, 5]. Interakcja człowiek-otoczenie wynikająca ze zwiększenia wymiarów zewnętrznych człowieka z uwagi na stosowanie przez niego ŚOI powoduje w praktyce:

- zmianę minimalnej przestrzeni roboczej gwarantującej bezpieczne i komfortowe poruszanie się i wykonywanie pracy,
- ograniczenie zasięgu rąk i nóg,
- ograniczenie pola widzenia,
- zmianę pola roboczego pracy.

Wartości naddatków wymiarowych uwzględniają różne kryteria zachowania bezpieczeństwa. Zostały one określone w normie PN-EN 547+A1:2010 w części pierwszej [6], drugiej [7] i trzeciej [8]. Wśród wymienianych kryteriów zachowania bezpieczeństwa w normie PN-EN 547 w części pierwszej podano:

a) łatwość przemieszczania się, na co mają wpływ:

- rodzaj ubrania, np. ciężkie lub lekkie;
- przenoszenie narzędzi w celu np. konserwacji lub naprawy;
- przenoszenie lub noszenie na sobie dodatkowego wyposażenia, jak np. środków ochrony indywidualnej (łącznie z ubraniem ochronnym) lub przenośnego oświetlenia;
- wymagania odnoszące się do wykonywanego zadania, np. pozycja, rodzaj i prędkość ruchu, zasięg wzroku, wywierana siła;
- częstość powtórzeń i czas wykonywania zadania;
- długość przejścia np. przez stosunkowo cienką ścianę (ściana zbiornika), gdzie w momencie wychodzenia jest przestrzeń dla ruchu lub przez przejście w rodzaju kanału;
- przestrzeń niezbędna do rozwinięcia dynamiki ruchów koniecznej do ucieczki przed zagrożeniem;
- umiejscowienie i wielkość podparć na ciało, np. podparcia na stopy, uchwytu na ręce;

b) warunki środowiska (np. ciemność, gorąco, hałas, wilgoć);

c) poziom ryzyka w czasie wykonywania zadań.

Dla przykładu w cz. 1 normy PN-EN 547+A1:2010 znajduje się uzasadnienie stosowania naddatków wymiarowych: „Podczas ustalania wartości wymiarów otworów konieczne jest dodanie do danych antropometrycznych naddatków, tak aby umożliwić warunki bezpiecznego i swobodnego dostępu oraz pracy z uwzględnieniem aspektów specyficznych dla operatora i warunków wykonywanej operacji”.

3. Przykłady wykorzystania wiedzy o naddatkach wymiarowych w praktyce

Założenie kompletnego zestawu ŚOI powoduje zwiększenie zewnętrznych wymiarów antropometrycznych człowieka. Wiedza o wielkości naddatków wymiarowych, czyli dodatkach do miar antropometrycznych wynikających ze stosowania ŚOI jest szczególnie ważna dla bezpieczeństwa i komfortu pracy w obszarach o tzw. ograniczonym dostępie i obszarach zamkniętych, czyli środowisku pracy ekip ratowniczych i technicznych.

Prawie każdy rodzaj przemysłu ma ograniczone przestrzenie różnego typu. Wśród przestrzeni ograniczonych i przestrzeni zamkniętych należy wymienić: zbiorniki, tunele, rurociągi, podziemia gospodarcze, doły, studzienki burzowe, silosy, zbiorniki (w których znajdują się: paliwo, chemikalia, woda, zboża, inne ciała stałe lub płyny), kanały (grzewcze, wentylacyjne i klimatyzacyjne). Pracownicy wchodzi do tych przestrzeni w celu konserwacji, napraw, instalacji i kontroli. Są oni narażeni na zwiększone ryzyko poważnych obrażeń fizycznych lub utratę życia. W wyniku zagrożeń z uwagi na niebezpieczne warunki otoczenia może dojść do m.in. uwięzienia pracownika [9]. Uważa się, że przestrzeń jest ograniczona, gdy [10]:

- ma ograniczone możliwości wejścia i wyjścia,
- nie jest przeznaczona do ciągłego użytkowania.

Przykład przestrzeni o ograniczonym dostępie występującej w pracy zespołów serwisowych i technicznych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przestrzeń o ograniczonym dostępie – warunki pracy zespołów serwisowych i technicznych

W latach 2011-2018 zmarło 1030 pracowników z powodu urazów przy pracy w ograniczonej przestrzeni w USA. Roczne dane wahają się od najniższego poziomu – 88 osób (2012 r.) do najwyższego poziomu – 166 osób (2017 r). Dane te pochodzą z Bureau of Labor Statistics, Census of Fatal Occupational Injuries (CFOI) [11]. Według Urzędu ds. Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (ang. Occupational Safety and Health Administration – OSHA) 1 zgon na 10 wypadków ma miejsce w przestrzeni zamkniętej.

W Polsce w 2020 r. najwyższy wskaźnik wypadkowości (liczba poszkodowanych w wypadkach przy pracy na 1000 pracujących) odnotowano w sekcjach: górnictwo i wydobywanie (13,18); dostawa wody, gospodarowanie ściekami i odpadami, rekultywacja (11,97) [12]. Są to potencjalnie obszary działalności gospodarczej, w której przestrzeń ograniczona występuje powszechnie.

Miejsca pracy o tzw. ograniczonej przestrzeni, przestrzenie zamknięte czy przestrzenie o ograniczonym dostępie to rzeczywiste miejsca przeprowadzania akcji ratunkowych. Autorzy Selman i zespół [13] analizowali zagrożenia, jakie niesie praca w miejscach o ograniczonym dostępie. Wymieniają również uwięzienia/ zaklinowania się w maszynach i innych elementach infrastruktury otoczenia pracy. Realne warunków pracy zespołów ratowniczych zilustrowano na rysunku 2.

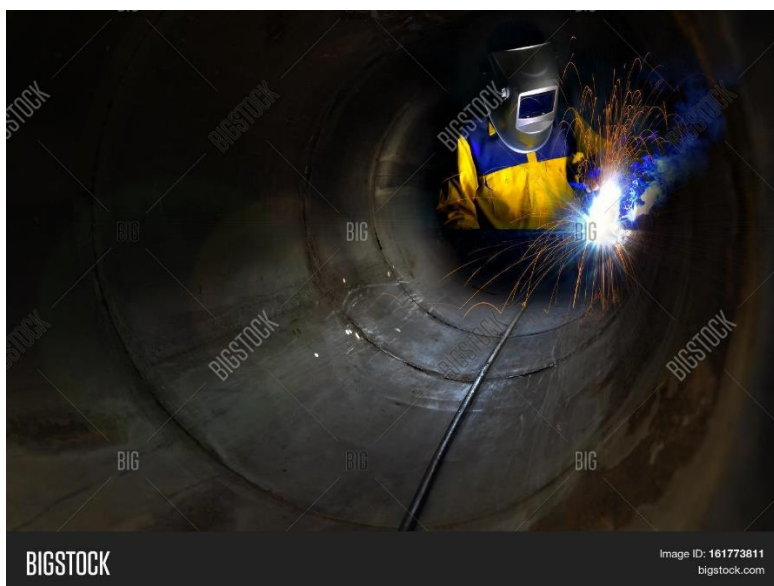


Rys. 2. Warunki pracy zespołów ratowniczych w ograniczonych przestrzeniach na przykładzie ratowników górniczych

Akcje ratunkowe w przestrzeni ograniczonej i zamkniętej można podzielić na trzy typy: samoratownictwo, ratowanie bez wejścia i ratowanie przy wejściu [14]. We wszystkich przypadkach priorytetowe staje się bezpieczeństwo ratowników na miejscu zdarzenia. Ofiary śmiertelne w obszarach pracy o tzw. ograniczonej przestrzeni i w przestrzeniach zamkniętych często wiążą się z kolejnymi ofiarami śmiertelnymi, ponieważ ratownicy podczas prowadzonych akcji ratunkowych ulegają również wypadkom.

Wykorzystanie wiedzy o wartościach naddatków wymiarowych wynikających ze stosowania ŚOI jest bardzo istotnym zagadnieniem w obszarze ratownictwa (m.in. straż pożarna, ratownictwo górnicze). Wymagania dotyczące maksymalnych wymiarów ciała człowieka ubranego w ŚOI oraz minimalnej przestrzeni, jaka jest niezbędna do wykonywania zadań w obszarach o ograniczonej przestrzeni, mają uzasadnione zastosowanie dla zespołów ratowniczych.

Przestrzenie zamknięte i ograniczone są również miejscem pracy ekip technicznych i serwisowych wykonujących prace techniczne, m.in. konserwacyjne, montażowe. Te szczególne warunki pracy (patrz rys. 3) wymagają odpowiedniego przygotowania i zabezpieczenia pracownika.



Rys. 3. Rzeczywiste warunki pracy w przestrzeni zamkniętej na przykładzie pracy spawacza [15]

Na rynku ŚOI można już zaobserwować tendencję projektowania ochron o zminimalizowanych wymiarach, zatem takich, dla których wartości naddatków wymiarowych są mniejsze w stosunku do masowo produkowanych, typowych ŚOI. Taką tendencję można zaobserwować w rozwoju spawalniczych ochron oczu i twarzy. Na rysunku 4 zaprezentowano przykład spawalniczej osłony oczu i twarzy o tradycyjnej konstrukcji, natomiast na rysunku 5 zaprezentowano osłonę spawalniczą o nowej konstrukcji. Nowa osłona spawalnicza projektowana jest z myślą o zmniejszeniu wymiarów zewnętrznych. Przeznaczona jest ona do spawania w miejscach o utrudnionym dostępie i ograniczonej przestrzeni. Osłona składa się z miękkiego, tekstylnego kaptura, gogli spawalniczych z automatycznym filtrem spawalniczym oraz osłony twarzy wykonanej z tworzywa sztucznego. Budowa modułowa pozwala na możliwość stosowania samych gogli spawalniczych, gogli z osłoną twarzy lub kompletnego zestawu (w instrukcji użytkownika producent podaje zakres stosowania w odniesieniu do poszczególnych technik spawania i zagrożeń). Kompletny zestaw stanowi ochronę dla oczu i twarzy, którą zapewnia tradycyjna przyłbica spawalnicza (rys. 4).



Rys. 4. Ośłona spawalnicza (przyłbica spawalnicza) o tradycyjnej konstrukcji



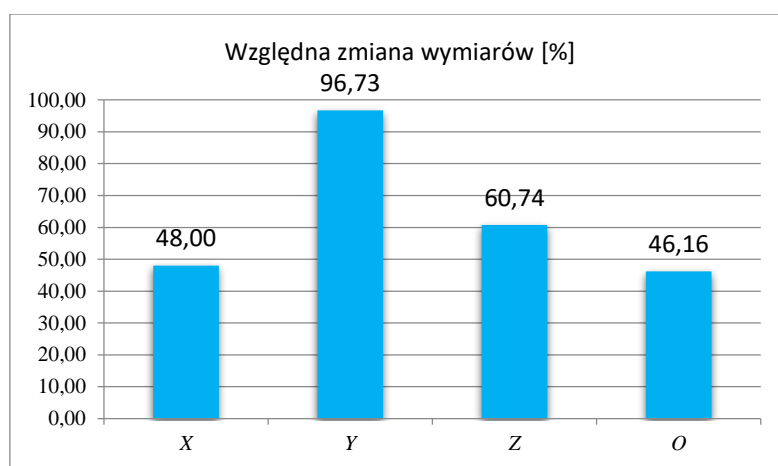
Rys. 5. Ośłona spawalniczej o nowej konstrukcji

Porównano wymiary osłon spawalniczych zaprezentowanych na rysunkach 4 i 5, a na ich podstawie obliczono naddatki wymiarowe. W poniższej tabeli zamieszczono porównanie wartości średnich naddatków wymiarowych do szerokości X , wysokości Y , głębokości Z oraz maksymalnego obwodu O . Wyniki stanowią średnie z 10 pomiarów.

Tabela. Wartości naddatków wymiarowych do szerokości X , wysokości Y , głębokości Z oraz obwodu O wyznaczone dla a) przyłbicy spawalniczej o tradycyjnej konstrukcji (rys. 4) i b) osłony spawalniczej o nowej konstrukcji (rys. 5)

	X	Y	Z	O
Wymiary głowy [cm]	16,20	28,01	18,28	53,46
Osłona a) [cm]	8,41	9,44	13,36	30,14
Osłona b) [cm]	4,37	0,31	5,25	16,23

Na rysunku 6 zamieszczono porównanie względnych zmian wymiarów naddatków wymiarowych w formie wykresu.



Rys. 6. Względna zmiana wymiarów osłon spawalniczych – porównanie wartości naddatków wymiarowych

Różnice w wartościach naddatków wymiarowych są znaczące. Największe różnice obserwuje się w wartościach naddatków wymiarowych do wysokości (Y), które wyniosły 96,73%, co oznacza, że osłona spawalnicza o nowej konstrukcji nie zwiększa wysokości głowy użytkownika (naddatek do wysokości wynosi 0,31 cm).

Podczas prowadzenia akcji ratowniczych czy prac technicznych należy uwzględnić zarówno fizyczne cechy samej przestrzeni zamkniętej/ograniczonej (takie jak wymiary i kształt, znajdujące się w niej przeszkody i głębokość pionową lub poziomą), jak i dodatkowe informacje o wielkości naddatków wymiarowych wynikających z założenia przez pracownika ŚOI. Pełna analiza przestrzeni, którą zajmuje człowiek ubrany w ŚOI, może wpłynąć na zmniejszenie ryzyka wystąpienia wypadku.

5. Podsumowanie

- Z uwagi na ilość elementów kompletnego wyposażenia ochronnego i objętość, jaką ono zajmuje, można stwierdzić, że w przypadku miejsc pracy o ograniczonej przestrzeni może ono stanowić zagrożenie samo w sobie.
- W obszarach o ograniczonej przestrzeni mają zastosowanie wymagania co do bezpiecznej minimalnej przestrzeni, jaką zajmuje człowiek ubrany w ŚOI – wymiary antropometryczne ciała człowieka należy skorygować, dodając do nich wartości naddatków wymiarowych.
- Różnorodność konstrukcji ŚOI daje możliwość dopasowania danego typu ŚOI do warunków pracy. W przestrzeniach o ograniczonym dostępie, jeśli to możliwe, należy stosować ŚOI o możliwie zminimalizowanych wymiarach.
- Niezależnie od wymiarów i konstrukcji ŚOI muszą spełniać wymagania zasadnicze Rozporządzenia 2016/425 [16] oraz norm zharmonizowanych zawierających szczegółowe wymagania dla każdego typu ŚOI, co jest gwarancją bezpieczeństwa użytkownika.

Bibliografia

- [1] Kozey JW, Brooks C, Dewey SL, et al. Effects of human anthropometry and personal protective equipment on space requirements. *Occup. Ergonom.* 2008/2009;8(2/3):67-79. DOI: 10.3233/OER-2009-0160.
- [2] Laubach LL, Alexander M. Arm-reach capability of USAF pilots as affected by personal protective equipment. *Aviat Space Environ Med.* 1975;46(4):377-386.
- [3] Uppu NR, Aghazadeh F, Nabatilan L. Effect of pressure suit on functional reach. *Occupational Ergonomics.* 2006;6(3):129-142.
- [4] Carrier R, Meunier P. Effect of Protective Equipment on Anthropometric Measurements and Functional Limitations. DCIEM Report No: 96-CR-22. Toronto (Canada): Department of National Defense; 1996.
- [5] Case HW, Annis JF, Mayfield TL, et al. The effects of clothing on body size and range of joint motion. Report on the activities and results of phase 1. Vol. 1, Body size. Ohio: US. Anthropology Research Project Inc; 1992.
- [6] PN-EN 547-1+A1:2010. Bezpieczeństwo maszyn – Wymiary ciała ludzkiego – Część 1: Zasady określania wymiarów otworów umożliwiających dostęp całym ciałem do maszyny.
- [7] PN-EN 547-2+A1:2010. Bezpieczeństwo maszyn – Wymiary ciała ludzkiego – Część 2: Zasady określania wymiarów otworów umożliwiających dostęp.
- [8] PN-EN 547-3+A1:2010. Bezpieczeństwo maszyn – Wymiary ciała ludzkiego – Część 3: Dane antropometryczne.
- [9] <https://www.jespear.com/understanding-confined-space-standards/> [dostęp: 14.04.2022].
- [10] <https://elevatedsafety.com/Services/confined-space/> [dostęp: 14.04.2022].
- [11] <https://www.bls.gov/iif/oshwc/foi/confined-spaces-2011-18.html> [dostęp: 14.04.2022].
- [12] <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rynek-pracy/warunki-pracy-wypadki-przy-pracy/wypadki-przy-pracy-w-2020-roku-dane-wstepne,3,42.html> [dostęp: 14.04.2022].
- [13] Selman J, Spickett J, Jansz J, et al. Confined space rescue: A proposed procedure to reduce the risks. *Safety Science.* 2019;113:78-90. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.11.017>.
- [14] <https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/prs.11619> [dostęp: 14.04.2022].
- [15] https://tools.niehs.nih.gov/wetp/public/hasl_get_blob.cfm?ID=11266&file_name=WTP_Minimum_Criteria_062818_Final_508.pdf [dostęp: 14.04.2022].
- [16] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylenia dyrektywy Rady 89/686/EWG.

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy jest współautorem Atlasu miar człowieka wydanego w 2001 roku. W latach 2020-2022 realizowane były prace nad nowym Atlasem miar człowieka pt. „Portret Polaka 2030”, zawierającym uaktualnienie danych antropometrycznych, biomechanicznych i sensorycznych.

► „Portret Polaka 2030” – dostęp na stronie internetowej CIOP-PIB: **www...**

Informacje dotyczące naddatków wymiarowych wynikających ze stosowania ŚOI stanowią uzupełnienie miar antropometrycznych człowieka, prezentowanych w nowym Atlasie miar człowieka. Ta część Atlasu – poświęcona naddatkom wymiarowym – została opracowana na podstawie wyników badań prowadzonych w Zakładzie Ochron Osobistych CIOP-PIB w Łodzi.

Baza danych naddatków wymiarowych wynikających ze stosowania ŚOI, stanowiąca jeden z elementów Atlasu miar człowieka „Portret Polaka 2030”, to zbiór informacji o naddatkach wymiarowych prezentowanych w tabelach oraz na grafikach. Podano w niej maksymalne i średnie naddatki wymiarowe wynikające ze stosowania wybranych ŚOI oraz konkretnych zestawów ŚOI.

► Pliki wsadowe do programów do projektowania typu CAD zawierające wartości naddatków wymiarowych – dostęp na stronie internetowej CIOP-PIB: **www...**

Konsekwencją stosowania ŚOI jest także ograniczenie pola widzenia. Dane liczbowe i graficzna interpretacja ograniczenia pola widzenia dla wybranych ŚOI stanowią część Atlasu miar człowieka – **rozdział...**