

dr inż. GRAŻYNA BARTKOWIAK
mgr inż. ANNA DĄBROWSKA
Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy
Kontakt: grbar@ciop.lodz.pl

Ergonomia środków ochrony indywidualnej



Fot. Branexserbia/Bigstockphoto

Podstawowym celem stosowania środków ochrony indywidualnej (ŚOI), do których należy odzież ochronna, jest zapewnienie ochrony pracownika przed zagrożeniami, które nie mogą być wyeliminowane lub odpowiednio zredukowane za pomocą innych sposobów. Jednakże stosowanie ŚOI może mieć niezamierzony negatywny wpływ na ich użytkowników, który determinuje wykonywanie określonych zadań i pracy w środowisku zagrożenia, a także wpływa na bezpieczeństwo. Stąd też przy projektowaniu, a następnie doborze środków indywidualnych niezwykle ważna jest znajomość i uwzględnienie zasad ergonomii, co może zapewnić ich akceptowalność, a co za tym idzie ich stosowanie. Z drugiej strony ŚOI wprowadzane na rynek powinny być oceniane pod względem ergonomii, a więc ich wpływu na użytkownika. Jest to szczególnie ważne, gdy stanowią one jedyną ochronę pracownika. Dlatego też znajomość zasad ergonomii jest ważna zarówno podczas projektowania, ale również oceny ŚOI.

W artykule przedstawiono czynniki, istotne z punktu widzenia ergonomii środków ochrony indywidualnej, które powinny być uwzględnione przy projektowaniu (czynniki antropometryczne, biomechaniczne, termiczne, sensoryczne i psychologiczne).

Słowa kluczowe: ergonomia, środki ochrony indywidualnej, odzież ochronna, komfort użytkownika

Ergonomics of personal protective equipment

The main purpose of using personal protective equipment (PPE), including protective clothing, is to ensure worker's protection against hazards that cannot be excluded or appropriately reduced by other means. However, using PPE can also have an unintended negative influence on the user, that can determine performing certain tasks and work in hazardous environment, as well as can have an impact on safety. Therefore, knowledge related to ergonomics principals is very important and should be included in a design and selection of PPE. It can assure their acceptability, and thus their using. On the other hand, ergonomics of PPE, and so their influence on the user, should be evaluated before their implementation to the market. It is particularly important in the case when PPE is the only protection of the worker. Therefore, the knowledge of ergonomic principles is significant during both the design, as well as evaluation of PPE. In the article, factors essential regarding ergonomics of PPE that should be included during the design (anthropometric, biomechanical, thermal, sensory and psychological factors) are presented.

Keywords: ergonomics, personal protective equipment, protective clothing, utility comfort

Wstęp

Środki ochrony indywidualnej (ŚOI) pozwalają pracownikom wielu gałęzi gospodarki na bezpieczne wykonywanie pracy w warunkach, w których występują zagrożenia zdrowia lub życia. Z użytkowaniem ŚOI może jednak wiązać się obniżenie wydajności pracy, wydłużenie czasu jej wykonywania oraz zwiększenie obciążenia fizycznego, co wynika m.in. z ich masy, ograniczenia w odprowadzaniu wilgoci czy ograniczonej elastyczności [1].

Zgodnie z Dyrektywą 89/686/EWG [2], wprowadzoną do prawa polskiego rozporządzeniem Ministra Gospodarki z 2005 r. [3], środki ochrony indywidualnej powinny być zaprojektowane tak, aby ograniczały skutki zagrożeń i innych niedogodności w przewidywanych warunkach użytkowania. Wszelkie pojawiające się utrudnienia dotyczące poruszania się, zmiany pozycji ciała i postrzegania zmysłami otoczenia powinny być zminimalizowane. Niemniej, aby tak się właśnie działo, już na etapie projektowania ŚOI należy uwzględniać zasady ergonomii opisane w tym artykule.

Ergonomia (z greckiego: *ergon* = praca, *nomos* = prawo) oznacza „naukę o pracy”. Za jej ojca uważa się polskiego przyrodnika Wojciecha Bogumiła Jastrzębowski, który w 1857 r. w czasopiśmie „Przyroda i Przemysł” opublikował artykuł „Rys ergonomii” [4]. Ergonomia jest dyscypliną wiedzy, która zajmuje się dostosowaniem pracy do możliwości psychofizycznych człowieka, czyli takich konstrukcji urządzeń technicznych i kształtowania materialnego środowiska pracy, jakie wynikają z wymagań fizjologii i psychologii pracy, a jej głównym celem jest humanizowanie pracy i poprawa warunków pracy człowieka [5]. Ma charakter interdyscyplinarny i korzysta z dorobku takich nauk lub dziedzin naukowych, jak: psychologia pracy, socjologia pracy, fizjologia pracy, higiena, medycyna pracy, organizacja pracy, antropometria oraz nauki techniczne, np. budowa maszyn.

Ergonomia dotyczy również stosowanych przez pracownika środków ochrony indywidualnej, które zawsze stanowią pewne obciążenie dla pracowników i często nie są przez nich akcepto-

wane. Uwzględnienie zasad ergonomii podczas projektowania środków ochrony indywidualnej może zwiększyć poziom akceptacji użytkowników, a co za tym idzie – ich stosowanie. ŚOI wprowadzane na rynek powinny być oceniane pod względem dostosowania do wymagań ergonomii. Jest to szczególnie ważne, gdy ŚOI stanowią jedyną ochronę pracownika i od nich zależy jego bezpieczeństwo.

Korelacja między właściwościami ochronnymi i ergonomią

Wymagania ergonomiczne dotyczące ŚOI powinny być ustalane przy uwzględnieniu koniecznych do zapewnienia przez nie poziomów właściwości ochronnych, określonych na podstawie analizy ryzyka. Konieczne jest znalezienie równowagi pomiędzy właściwościami ochronnymi i ergonomią, która może wiązać się z czasem użytkowania ŚOI. Niektóre środki ochrony indywidualnej (np. kaptury ucieczkowe, odzież dla ratowników chemicznych) są użytkowane tylko w sytuacjach awaryjnych; inne – np. odzież ostrzegawcza, odzież chroniąca przed zimnem lub hełmy noszone są przez cały dzień pracy, a zatem wymagania ergonomiczne w stosunku do nich mogą być inne.

W sytuacji, gdy występuje jednocześnie wiele rodzajów zagrożeń lub zachodzi konieczność ochrony kilku części ciała, stosowane są różne rodzaje środków ochrony indywidualnej, które powinny być ze sobą kompatybilne, zarówno w celu zapewnienia odpowiedniej ochrony, jak i w aspekcie ergonomicznym. Aspekt ten powinien być uwzględniony przy ich projektowaniu i późniejszej ocenie, gdyż tylko połączony efekt ich działania zapewni użytkownikowi odpowiedni poziom ochrony.

Czynniki istotne z punktu widzenia ergonomii środków ochrony indywidualnej

Przy projektowaniu, a następnie ocenie środków ochrony indywidualnej, w aspekcie ergonomicznym należy wziąć pod uwagę następujące czynniki [6, 7, 8]:

- antropometryczny – dostosowanie ŚOI do wymiarów ciała i proporcji pomiędzy jego częściami
- biomechaniczny, związany z oddziaływaniem mechanicznym pomiędzy ŚOI a ciałem człowieka – wpływ środków ochrony indywidualnej na poszczególne części ciała człowieka, przy uwzględnieniu zasad mechaniki i wiedzy medycznej
- termiczny, związany z oddziaływaniem cieplnym i odczuciem ogólnego lub lokalnego komfortu cieplnego, a więc satysfakcji ze stanu cieplnego organizmu człowieka wyposażonego w środki ochrony indywidualnej. Odczucia ciepłe wynikają z relacji pomiędzy ciepłem produkowanym przez organizm i oddawanym do otoczenia.
- sensoryczny, związany z oddziaływaniem na ludzkie zmysły – wzrok, słuch, zapach, smak i dotyk (kontakt ze skórą)



Fot. Pozycja ciała i czynności wykonywane podczas pracy w ŚOI, które powinny być uwzględnione przy konstrukcji ŚOI przeznaczonych do stosowania na danym stanowisku pracy i ocenie pod względem dostosowania do wymagań ergonomii, a także ich właściwości ochronnych

Photo. Body position and activities carried out while wearing the personal protective equipment which should be taken into account at the stage of engineering PPE meant for use in a specific work environment as well as their ergonomic and protective qualities evaluation.

- psychologiczny, związany z oddziaływaniem na psychikę użytkownika.

Czynnik antropometryczny

Stopień dopasowania ŚOI do ciała użytkownika zależy od rodzaju zagrożeń, przed którymi mają chronić. Z analizy ryzyka może wynikać np. konieczność ścisłego bądź luźniejszego dopasowania środka ochrony indywidualnej do sylwetki użytkownika. Na stopień dopasowania ma wpływ rodzaj aktywności fizycznej, gdyż może ona zmieniać wymiary ciała np. poprzez zwiększenie obwodu mięśni podczas prac w pozycjach kłęczących i w pozycji kucznej. Cechy te należy uwzględnić przy projektowaniu środków ochrony indywidualnej oraz ich ocenie ergonomicznej, w przeciwnym razie źle skonstruowane ŚOI uniemożliwiają lub wręcz utrudniają wykonanie pracy czy też nie zapewniają wystarczającej ochrony części ciała, które są narażone na działanie czynników powodujących zagrożenie.

Dopasowanie do wymiarów antropometrycznych jest w szczególności istotne w przypadku odzieży ochronnej, która powinna być wykonana w odpowiednich rozmiarach, dostosowanych do wymiarów użytkowników. Zalecane jest stosowanie systemów regulacji, które pozwalają na dodatkowe, indywidualne dopasowanie odzieży do sylwetki. Istotne jest także to, aby odzież ochronna charakteryzowała się konstrukcją, umożliwiającą proporcjonalne rozmieszczenie jej elementów na ciele człowieka. Jeżeli w odzieży ochronnej jest wymagana określona strefa lub strefy ochrony, należy podać liczbową zależność między wymiarami określonych materiałów ochronnych lub elementów konstrukcji odzieży a wymiarami antropometrycznymi użytkownika [8].

Proporcje i wymiary odzieży ochronnej powinny odzwierciedlać potrzeby użytkowników wykonujących zadania, do których odzież jest przeznaczona, w środowiskach, w których ma być używana i przy uwzględnieniu innego wyposażenia, które będzie z nią noszone.

Na fot. przedstawiono przykładową pozycję ciała pracownika przyjmowaną podczas pracy,

która powinna być uwzględniona przy konstrukcji ŚOI przeznaczonych do stosowania na danym stanowisku pracy i ocenie ich ergonomii oraz właściwości ochronnych.

Czynnik biomechaniczny

ŚOI mogą zwiększać napięcie mięśni lub zużycie energii podczas pracy – np. umiejscowienie dodatkowej masy na głowie (hełm ochronny) powoduje powstawanie dodatkowych sił w okolicach szyi, które muszą być równoważone przez mięśnie szyi. Masa ŚOI i jej rozłożenie musi być rozpatrywana w kontekście określonych części ciała, na które może mieć wpływ. Duża, dodatkowa masa na ciele lub jego częściach zwiększa ilość energii wydatkowanej przez pracownika, szczególnie podczas przemieszczania się lub wykonywania pracy.

Przy uwzględnianiu charakterystyki biomechanicznej ŚOI należy wziąć pod uwagę:

- rozkład masy w stanie statycznym i dynamicznym
- ograniczenie i utrudnianie ruchów
- ścieranie i ucisk skóry i leżących pod nią tkanek.

Aby poprawić charakterystykę biomechaniczną środków ochrony indywidualnej, przy ich projektowaniu należy uwzględnić prawidłowy rozkład masy. Najlepiej jest, gdy dodatkowy ciężar jest noszony blisko środka ciężkości ciała, np. na tułowiu, w okolicy talii i pasa, a najmniej do tego celu odpowiednie są obwodowe części ciała. Niewskazane jest również asymetryczne obciążenie ciała. Niestety, w praktyce nie jest to zawsze możliwe, gdyż ŚOI przeznaczone są do okrywania określonych części ciała.

Duże znaczenie dla użytkownika środków ochrony indywidualnej mają materiały, z jakich zostały wykonane. Ciężkie, sztywne i grube materiały, zastosowane w ŚOI mogą utrudniać ruchy w stawach i wymuszać przyjmowanie niewygodnych pozycji ciała podczas pracy. Wyroby z tego rodzaju materiałów mogą powodować zmęczenie i prowadzić do uszkodzenia ciała.

Ocieranie lub nacisk ŚOI na części ciała może powodować zaczerwienienia, uczulenia

i zmiany chorobowe i zmniejszać ich akceptowalność. Niekorzystne działanie może pojawić się wtedy, gdy blisko uciskanej powierzchni ciała przebiegają tętnice powierzchniowe (np. szyjna zewnętrzna, ramienna, promieniowa), nerwy, ścięgna. Te potencjalne miejsca ucisku powinny być uwzględnione podczas projektowania i oceny ergonomicznej ŚOI. Przykładowo, pasy przechodzące przez szyję i ramiona mogą naciskać nerwy, utrudniać lub zablokować przepływ krwi.

Czynnik termiczny

ŚOI, ze względu na swoje cechy izolacyjności cieplnej oraz opór przenikania pary wodnej, utrudniają wymianę ciepła pomiędzy użytkownikiem a otoczeniem, jak również wymianę wilgoci i odparowywanie potu z organizmu użytkownika. Ważne jest zatem, aby przy zapewnieniu funkcji ochronnych poziom komfortu cieplnego był możliwie najwyższy, co pozytywnie wpływa na akceptowalność tych środków przez użytkowników i wydajność pracy. Całkowity efekt wymiany ciepła dla użytkownika ŚOI zależy od interakcji pomiędzy środowiskiem zewnętrznym, poziomem aktywności, odzieżą spodnią i ŚOI.

ŚOI okrywające określone części ciała powinny zapewniać tam, gdzie jest to potrzebne, dobrą wentylację i wymianę wilgoci. Wysoka wilgotność przy skórze i jej kondensacja może bowiem powodować lokalny dyskomfort lub utrudnienia w zapewnieniu odpowiedniego pola widzenia (w przypadku izolującego sprzętu ochrony układu oddechowego).

Przy projektowaniu ŚOI należy zwrócić szczególną uwagę na dobór materiałów, które powinny zapewniać właściwą ochronę przed zagrożeniami oraz możliwie jak najmniej zakłócać równowagę cieplną pomiędzy ciałem i otoczeniem. Utrzymanie komfortu cieplnego i zminimalizowanie obciążenia cieplnego powinno odbywać się bez zmniejszenia skuteczności ochrony poniżej poziomu uważanego za konieczny. Tam, gdzie jest to ważne, powinna być podawana do wiadomości użytkowników charakterystyka materiałów, z których wykonane są ŚOI.

Parametry materiałów istotne z punktu widzenia komfortu cieplnego użytkownika ŚOI to:

- izolacyjność cieplna, która powinna być wysoka w odniesieniu do środowiska zimnego i niska do gorącego
- opór przenikania pary wodnej – niski poziom umożliwia utratę nadmiaru ciepła przez parowanie
- przepuszczalność powietrza – niski poziom w stosunku do ochrony przed zimnem i wiatrem, a wysoki w odniesieniu do środowiska gorącego,
- absorpcja pary wodnej – może być wskazana przy środkach ochrony indywidualnej osłaniających szczególnie całe ciało.

Wpływ charakterystyki termicznej ŚOI na ich użytkownika zależy od jego aktywności fizycznej i środowiska, w jakim są stosowane. Należy podkreślić, że bardzo duży wpływ na wymianę ciepła i wilgoci ma noszona pod środkami ochrony odzież spodnia i bielizna, co często nie jest brane pod uwagę [9].

Czynnik sensoryczny

Pracownik poprzez zmysły: wzroku, słuchu, węchu odbiera informacje o otaczającym środowisku. Mogą to być m.in. informacje przekazywane słownie lub uzyskane z wyświetlaczy urządzeń wskaźnikowych, sygnalizacyjnych, ostrzegawczych/alarmowych. Jeżeli informacje te będą zbyt słabe lub zniekształcone, istnieje niebezpieczeństwo, że nie dotrą do odbiorcy. Jeżeli z kolei sygnały są zbyt silne lub długotrwałe, mogą powodować zmęczenie lub ból.

ŚOI mogą utrudniać właściwe odbieranie informacji lub sygnałów wizualnych, ograniczać pole widzenia i zmniejszać transmisję optyczną, na skutek czego może nastąpić ograniczenie lub zniekształcenie odbieranych informacji. Należy o tym pamiętać przy projektowaniu i ocenie wszystkich rodzajów ŚOI, które są noszone na głowie, takich jak kominarki, wizjery w odzieży, środkach ochrony oczu i twarzy, sprzęcie ochrony układu oddechowego. ŚOI powinny być projektowane tak, aby umożliwiały użytkownikowi noszenie okularów korekcyjnych, przy zapewnieniu właściwej ochrony, korekcji wzroku i komfortu.

ŚOI nie mogą utrudniać ani zakłócać odbioru sygnałów akustycznych, które użytkownik powinien słyszeć (np. ostrzegawczych). Należy też zwrócić uwagę na to, czy same nie są źródłem hałasu i/lub wibracji, a jeżeli tak, trzeba to właściwie ocenić i podać do informacji użytkownika.

Silny zapach ŚOI może stwarzać zagrożenie dla zdrowia przede wszystkim przez zakłócenie odbioru zapachu niebezpiecznych substancji w środowisku pracy. Nieprzyjemny zapach może powodować dyskomfort podczas stosowania ŚOI; może być przyczyną również niestosowania ich przez pracowników.

Kryteria ewaluacyjne ŚOI powinny uwzględniać akceptowalne, minimalne lub maksymalne oddziaływanie środka ochrony indywidualnej na zmysły, czyli zdolność do odbierania bodźców zewnętrznych.

Czynnik psychologiczny

ŚOI mogą wpływać na psychikę użytkownika, a więc również na zdolność do wykonywania pracy. Wskaźniki psychologiczne, istotne przy wykonywaniu pracy to kompetencje poznawcze – percepcja, pamięć, spostrzegawczość, refleks i podejmowanie decyzji, koncentracja i podzielność uwagi, umiejętność wnioskowania, odbieranie wrażeń (rozumiane jako wykrywanie i różnicowanie informacji sensorycznej). Oddziaływanie ŚOI na wymienione wskaźniki ma szczególne znaczenie przy wykonywaniu pracy pod presją czasu i w stresie, szczególnie w grupach zawodowych, pracujących w warunkach ekstremalnych i szczególnych zagrożeń. Stąd też użytkownik powinien być zapoznany ze stosowaniem ŚOI i ograniczeniami psychofizycznymi, które mogą one powodować.

Podsumowanie

Znajomość zasad ergonomii jest niezwykle ważnym i jednocześnie niedocenianym aspektem przy projektowaniu środków ochrony indywidu-

alnej. Podczas konstruowania ŚOI główną wagę nadaje się ich właściwościom ochronnym, jednak akceptowalność ich stosowania może zapewnić tylko równowaga pomiędzy właściwościami ochronnymi i dostosowaniem do wymagań ergonomii. Przy projektowaniu i doborze ŚOI niezbędna jest podstawowa zasada, że powinny one zapewnić nie najwyższy, a odpowiedni (uzależniony od warunków pracy na danym stanowisku) poziom ochrony, jednocześnie oferując użytkownikowi możliwie wysokie, subiektywne poczucie komfortu.

Często z powodu konieczności zapewnienia właściwości ochronnych nie jest możliwe uzyskanie zadowalających parametrów ergonomicznych ŚOI i nieodczony jest kompromis w tym zakresie. Z tego powodu stosowanie ŚOI może powodować pewne ograniczenia w wykonywaniu pracy i zaburzać funkcje fizjologiczne i psychiczne użytkownika.

Niewygodna związana z użytkowaniem środków ochrony indywidualnej może wynikać również z niewłaściwego ich zakładania, dopasowania itp. W takich przypadkach istotna jest świadomość użytkownika, wynikająca z rzetelnej informacji przekazanej przez producenta ŚOI. Wszystkie informacje związane z odpowiednim zakładaniem, stosowaniem i ograniczeniami związanymi z użytkowaniem ŚOI powinny być w sposób zrozumiały przekazane użytkownikowi.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Saul E. V. & Jaffe J. *The effects of clothing on gross motor performance*. Natick: Quartermaster Research & Development Center, US Army 1955
- [2] Dyrektywa Rady nr 89/686/EWG. Dyrektywa Rady nr 89/686/EWG z 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych państw członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej. Official Journal of the European Communities, L399, 30.12.1989. (UKIE, <http://www.ukie.gov.pl>)
- [3] Rozporządzenie MG z dnia 21 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla środków ochrony indywidualnej. Dz. U. Nr 259, poz. 2173
- [4] Jastrzębowski W. B. *Rys ergonomii, czyli nauki o pracy opartej na prawach zacierpiętych z nauki przyrody* (przedruk). CIOP, Warszawa 1997
- [5] Encyklopedia Powszechna PWN, wyd. 3, t.1, str. 729, Warszawa 1983
- [6] PN-EN 13921:2007. Środki ochrony indywidualnej – Zasady ergonomiczne
- [7] Marszałek A. *Ergonomia środków ochrony indywidualnej*. „Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka” 1999, 334, 5:23-25
- [8] PN-EN ISO 13688:2013. Odzież ochronna wymagania ogólne
- [9] Bartkowiak G., Dąbrowska A., Czapska A. *Konstrukcje odzieżowe ograniczające dyskomfort cieplny podczas pracy w barierowej odzieży ochronnej*. „Przegląd Włókienniczy – Włókno, Odzież, Skóra” 2013, 8:25-30

Publikacja opracowana na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2014-2016 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.