



dr hab. inż. KRZYSZTOF BASZCZYŃSKI (ORCID: 0000-0002-9572-2705)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: krbas@ciop.lodz.pl

DOI: 10.54215/BP.2023.05.10.Baszczynski

Podstawowe parametry ochronne i użytkowe uprzęży stosowanych w zestawach zabezpieczających przed upadkiem z wysokości – metody badań

Fot. Pramote/Bigstockphoto



Jednym z głównych składników indywidualnych zestawów chroniących przed upadkiem z wysokości są uprząże, które zakłada na siebie człowiek. W zależności od ich przeznaczenia mogą to być szelki bezpieczeństwa, uprząże biodrowe, pasy do ustalania pozycji podczas pracy na wysokości, uprząże alpinistyczne, szelki ratownicze i inne. Uprząże pełnią ważną i odpowiedzialną rolę, decydując niejednokrotnie o życiu ich użytkownika. W związku z tym przed dopuszczeniem na rynek, a następnie do stosowania, konieczna jest kontrola ich parametrów. W artykule przedstawiono najważniejsze parametry uprzęży, takie jak: odporność na obciążenie statyczne i dynamiczne, zachowanie w warunkach dynamicznych, działanie na ciało użytkownika w stanie jego zawieszenia oraz naciski wywierane na powierzchnię manekina antropomorficznego. Scharakteryzowano stosowane obecnie metody badań tych parametrów oraz aparaturę badawczą. Wśród zaprezentowanych metod znalazły się zarówno metody znormalizowane, jak i własne – opracowane w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym. Przedstawiono znaczenie poszczególnych parametrów z punktu widzenia bezpieczeństwa użytkowników uprzęży.

Słowa kluczowe: upadek z wysokości, uprząż, odporność na obciążenie statyczne, zachowanie w warunkach dynamicznych, manekin antropomorficzny

Basic protective and performance parameters of harnesses protecting against falls from a height – test methods

The presence of harnesses that a person puts on is a characteristic feature of individual fall protection systems. Depending on the purpose of the system, these may be, for example, full body safety harnesses, sit harnesses, work positioning belts, mountaineering harnesses, rescue harnesses and others. The role of such harnesses is an important and responsible one, because their performance often decides about their user's life. Therefore, before they are launched on the market and approved for use, it is necessary to control their parameters. The paper presents the most important protective parameters, such as: resistance to static and dynamic loads, behavior in dynamic conditions, the effect of the harness on the user's body in the suspended state and the pressure of the harness on the surface of the anthropomorphic dummy. The currently used methods of testing these parameters and the research equipment have been characterized. The presented methods include both standardized and own methods developed at Central Institute for Labour Protection – National Research Institute. The importance of the individual parameters from the point of view of the harness user safety is discussed.

Keywords: falls from a height, safety harnesses, static strength, dynamic performance, anthropomorphic dummy

Wstęp

Jednym z najpoważniejszych zagrożeń, z którym stykają się pracownicy w takich dziedzinach przemysłu, jak: budownictwo, przetwórstwo przemysłowe, energetyka i górnictwo, jest upadek z wysokości. Niejednokrotnie jedyną metodą przeciwdziałania temu zagrożeniu jest stosowanie indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości. Używa się go zawsze w odpowiednio skonfigurowanych zestawach ochronnych, lecz niezależnie od ich rodzaju jest on wyposażony w uprząż, którą zakłada na siebie człowiek. W zależności od rodzaju uprząży mogą być one wykorzystywane do: podtrzymania ciała człowieka podczas powstrzymywania spadania z wysokości, umożliwienia zajęcia podpartej pozycji podczas wykonywania pracy na wysokości, podtrzymania ciała człowieka w zawieszeniu podczas wykonywania pracy techniką dostępu linowego lub podczas akcji ratowniczej, a także uniemożliwienia wejścia w strefę zagrożoną rozpoczęciem spadania [1]. Uprząże stanowią również podstawowy składnik sprzętu wykorzystywanego podczas uprawiania sportu i rekreacji, np. wspinaczki wysokogórskiej. Wymienione funkcje wskazują, jak ważną i odpowiedzialną rolę pełnią uprząże w sprzęcie ochronnym. Zanim więc zostaną dopuszczone do stosowania, konieczna jest kontrola ich parametrów, co należy do zadań laboratoriów wykonujących badania na potrzeby certyfikacji środków ochrony indywidualnej.

Celem artykułu jest przybliżenie czytelnikom tematyki dotyczącej indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości. Zaprezentowano metody badań najważniejszych parametrów różnego typu uprząży (szelek bezpieczeństwa, uprząży biodrowych, pasów do ustalania pozycji podczas pracy na wysokości, uprząży alpinistycznych, szelek ratowniczych), przy czym skoncentrowano się zwłaszcza na tych parametrach, których ocena wymaga zastosowania zarówno metod znormalizowanych i nieznormalizowanych, jak i specjalistycznej aparatury badawczej.

Odporność na obciążenie statyczne

Odporność na obciążenie statyczne jest podstawowym parametrem wytrzymałościowym, który pokazuje, czy uprząż jest w stanie przenieść działające na nią siły w różnych sytuacjach użytkowania. W praktyce dotyczy to głównie połączeń taśm włókienniczych za pomocą szwów oraz punktów styku elementów metalowych, np. klamer regulacyjno-spinających z elementami włókienniczymi. Parametr ten stosuje się w odniesieniu do szelek bezpieczeństwa [2], uprząży biodrowych [3], pasów do ustalania pozycji podczas pracy na wysokości [4], uprząży alpinistycznych [5] i szelek ratowniczych [6]. Jego istotą jest ocena odporności uprząży na działanie obciążenia statycznego – siły o zadanej wartości, działającej przez zadany czas – zatem nie jest to typowe wyznaczenie siły zrywającej. Badania odporności wszystkich wymienionych rodza-



Fot. 1. Badanie odporności na obciążenie statyczne szelek bezpieczeństwa założonych na manekina sztywnym

Photo 1. Static strength test of a full body harness put on a rigid torso dummy



Fot. 3. Badanie odporności na obciążenie statyczne pasa do ustalania pozycji w podparciu, założonego na bęben badawczy

Photo 3. Static strength test of a work positioning belt

jów uprząży na obciążenie statyczne są prowadzone z wykorzystaniem modelu człowieka. W przypadku szelek bezpieczeństwa, uprząży biodrowych i szelek ratowniczych używa się manekina sztywnego, spełniającego (w zakresie wymiarów i twardości powierzchni) wymagania PN-EN 364:1996 [7] (fot. 1), natomiast w przypadku uprząży alpinistycznych, przeznaczonych do uprawiania sportu i rekreacji – manekina sztywnego o konstrukcji zgodnej z wymaganiami PN-EN 12277+A1:2019 [5] (fot. 2). Charakterystyczną cechą manekina przedstawionego na fot. 2a, odróżniającą go od manekina przedstawionego na fot. 1, jest jego wymodelowana talia, przystosowana do badania uprząży typu A i C (PN-EN 12277+A1:2019 [5]).

Inaczej przedstawia się sytuacja w przypadku badania pasów do ustalania pozycji w podparciu,

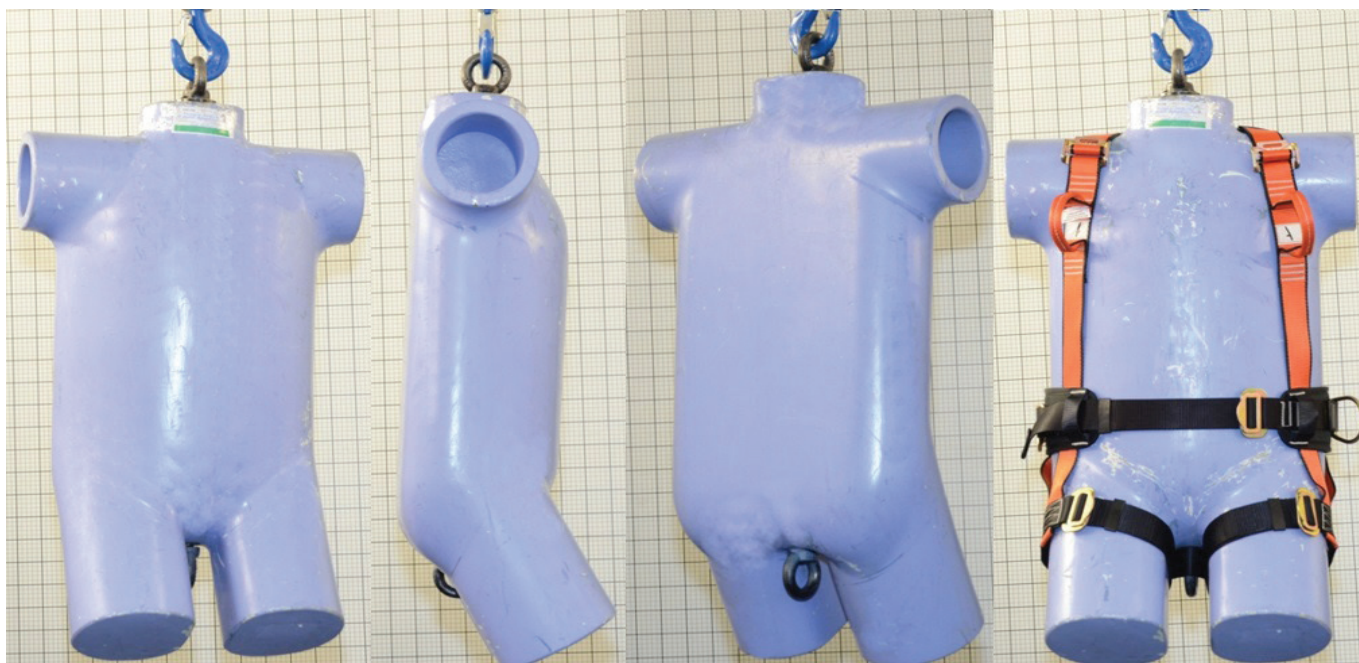
spełniających wymagania PN-EN 358:2019-01 [4], ponieważ zamiast manekina stosowany jest bęben badawczy o średnicy od 250 do 350 mm (fot. 3), dobieranej w zależności od długości badanego pasa. Tą metodą badane są pasy do ustalania pozycji, stanowiące niezależny sprzęt, jak również pasy będące elementem składowym szelek bezpieczeństwa lub uprząży biodrowych.

Metoda badania odporności na obciążenie statyczne polega na poddaniu uprząży, założonej na manekina lub bęben, działaniu siły rozciągającej. Siła jest przykładana pomiędzy klamer zaczepową uprząży a dolny lub górny uchwyt manekina. W praktyce laboratoryjnej siła obciążająca jest najczęściej zadawana za pomocą maszyny wytrzymałościowej pracującej na zasadzie stałego przyrostu wydłużenia lub siły. Zgodnie z wymaganiami zawartymi



Fot. 2. Manekiny sztywne do badań odporności na obciążenie statyczne uprząży alpinistycznych: a) podstawowa wersja manekina do badania pełnych uprząży typu A i C; b) manekin do badania uprząży typu B o małych rozmiarach

Photo 2. Rigid test dummies for static strength tests of: a) full body harnesses type A and C, b) small body harnesses type B



Fot. 4. Manekin sztywny do badań uprząży w warunkach dynamicznych

Photo 4. Rigid torso dummy for dynamic tests

Tabela. Warunki badań odporności na obciążenie dynamiczne uprząży

Table. Dynamic test conditions for safety harnesses

Rodzaj uprząży	Wstępna pozycja manekina	Długość linki badawczej	Wysokość swobodnego spadania manekina	Uwagi
Szelki bezpieczeństwa [2]	pionowa głową do góry pionowa głową do dołu	2,0 m	4,0 m	wykonanie po jednym rzucie manekina dla każdej pozycji wstępnej
Uprząż biodrowa [3]	pionowa głową do góry	1,0 m	2,0 m	wykonanie jednego rzutu manekina
Pas do ustalania pozycji podczas pracy na wysokości [4]	pionowa głową do góry	1,0 m	1,0 m	wykonanie jednego rzutu manekina
Szelki ratownicze [6]	pionowa głową do góry	2,0 m	1,0 m	wykonanie dwóch rzutów manekina

w PN-EN 361:2005 [2] szelki bezpieczeństwa są poddawane obciążeniu siłą 15 kN, działającemu pomiędzy dolnym uchwytem manekina a klamrą zaczepową szelek, oraz obciążeniu siłą 10 kN, działającemu pomiędzy górnym uchwytem manekina a klamrą zaczepową szelek. Uprząże biodrowe zgodnie z PN-EN 813:2008 [3] oraz ratownicze zgodnie z PN-EN 1497:2009 [6] są poddawane działaniu siły o wartości nie mniejszej niż 15 kN, przyłożonej pomiędzy ich klamrę zaczepową i dolny uchwyt manekina. W przypadku pasów do ustalania pozycji, według metodyki PN-EN 358:2019-01 [4], są one obciążane pięć razy siłą o wartości 1 kN, następnie jeden raz siłą o wartości 5 kN i na końcu cyklu siłą 15 kN. Podczas cyklu obciążania siłą o wartości 1 kN i 5 kN mierzony jest przemieszczenie taśmy włókienniczej w klamrach regulacyjnych pasa. We wszystkich przedstawionych przypadkach czasy utrzymywania siły badawczej o maksymalnej wartości są nie krótsze niż 3 min. Prędkości narastania sił w badaniach odporności na obciążenie statyczne są tak dobrane, aby nie wy-

stępowały efekty dynamiczne. Po zakończeniu cyklu obciążania dokonuje się oceny, czy uprząż uwolniła manekina/bęben i czy nastąpiły uszkodzenia jej elementów nośnych.

W przypadku uprząży biodrowych i alpinistycznych oraz pasów do ustalania pozycji proces obciążania statycznego służy również do oceny przemieszczania się taśmy włókienniczej w klamrach regulacyjnych. Spełnienie tego wymagania jest gwarancją braku luzowania się uprząży na człowieku podczas jej użytkowania.

Odporność na obciążenie dynamiczne

Odporność na obciążenie dynamiczne jest parametrem wytrzymałościowym wskazującym, czy uprząż jest w stanie powstrzymać spadanie użytkownika bez wystąpienia potencjalnie niebezpiecznych uszkodzeń. Parametr ten jest wyznaczany w przypadku oceny: szelki bezpieczeństwa [2], uprząży biodrowych [3], pasów do ustalania pozycji podczas pracy na wysoko-

ści [4] i szelki ratowniczych [6]. Zasada badania jest wspólna w odniesieniu do wszystkich wymienionych typów uprząży. W metodzie tej manekin sztywny (fot. 4), spełniający wymagania PN-EN 364:1996 [7] w zakresie wymiarów, masy, położenia środka ciężkości i twardości powierzchni, zostaje ubrany w badaną uprząż. Punkt zaczepowy uprząży łączy się za pomocą linki badawczej z punktem kotwiczącym ramy nośnej stanowiska badawczego. Linka badawcza jest wykonana z dynamicznej liny alpinistycznej, spełniającej wymagania PN-EN 892+A2:2022-04 [8] pod względem konstrukcji i siły uderowej, zawierającej się w przedziale 7,5-10,5 kN. Szczegółowy opis warunków badań zgodnie z wymienionymi normami – obejmujący długość linki badawczej, drogę swobodnego spadania manekina oraz jego wstępną pozycję – przedstawiono w tabeli.

Następnie manekin jest podnoszony na wymaganą wysokość i zwalniany bez prędkości początkowej. Podczas powstrzymywania spadania obserwuje się, czy badana uprząż nie uwolniła

manekina oraz jakie wystąpiły uszkodzenia jej elementów przenoszących obciążenie. Uwolnienie manekina bądź rozdarcie elementów nośnych uprząży, np. pasów udowych szelek, jest efektem dyskwalifikującym wyrób.

Zachowanie w warunkach dynamicznych

Zachowanie w warunkach dynamicznych jest parametrem stosowanym w odniesieniu do szelek bezpieczeństwa o konstrukcji przedstawionej w PN-EN 361:2005 [2]. Parametr ten jest związany z pozycją przestrzenną (określaną jako ustawienie głową do góry lub do dołu oraz przez kąt, jaki tworzy płaszczyzna pleców z pionem) przyjmowaną przez użytkownika szelek bezpieczeństwa po powstrzymaniu jego spadania z wysokości. Omawiany parametr ma bardzo duże znaczenie, gdyż decyduje o warunkach bezpiecznego i wygodnego zawieszenia człowieka w czasie oczekiwania na pomoc i ewakuację [9].

Badanie zachowania w warunkach dynamicznych jest prowadzone równocześnie z badaniem odporności na obciążenie dynamiczne. Po powstrzymaniu spadania manekina i wygaśnięciu jego ruchów oceniane jest, czy pozostaje zawieszony w pozycji głową do góry, oraz dokonywany jest dodatkowo pomiar kąta α , jaki tworzy płaszczyzna pleców manekina z pionem (fot. 5).

Zgodnie z wymaganiami PN-EN 361:2005 [2] kąt α nie może być większy niż 50° , a manekin musi wisieć w pozycji głową do góry.



Fot. 5. Manekin sztywny po powstrzymaniu spadania w badaniach zachowania uprząży w warunkach dynamicznych
 Photo 5. Rigid torso dummy after its fall arrest in a dynamic performance test of a harness

Wymaganie w zakresie zachowania w warunkach dynamicznych musi być spełnione w przypadku wszystkich typów klamer zaczepowych zastosowanych w badanych szelkach bezpieczeństwa po zrzutach manekina w pozycji wstępnej głową do góry i do dołu.

Działanie na ciało użytkownika w stanie zawieszenia

Głównym celem metody badań przedstawionej w PN-EN 813:2008 [3] i PN-EN 1497:2009 [6] jest ocena uprząży pod kątem: możliwości przyjęcia przez użytkownika siedzącej pozycji w stanie zawieszenia, możliwości wykonywania specyficznych ruchów związanych z pracą na wysokości lub akcją ratowniczą, działania elementów uprząży na ciało użytkownika oraz stabilności nastaw mechanizmów regulacyjnych. Metoda badania polega na zawieszeniu człowieka ubranego w uprząż i sprawdzeniu zjawisk towarzyszących takiemu stanowi. Badanie wykonywane jest z udziałem dwóch osób, a jego metodyka różni się nieznacznie w zależności od rodzaju uprząży. W przypadku uprząży biodrowej masa uczestników badań zawiera się w granicach od 60 do 110 kg, a wzrost od 160 do 190 cm, przy czym różnica masy musi wynosić co najmniej 30 kg, a wzrostu – 15 cm. W przypadku uprząży ratowniczej masa uczestników badań zawiera się w granicach od 60 do 95 kg, a wzrost od 160 do 190 cm, przy czym różnica masy musi wynosić co najmniej 20 kg, a wzrostu – 15 cm. Podczas badania jego uczestnik jest utrzymywany w sta-



Fot. 6. Zawieszenie uczestnika badań w uprzęży biodrowej
 Photo 6. Human subject suspended in tested sit harness

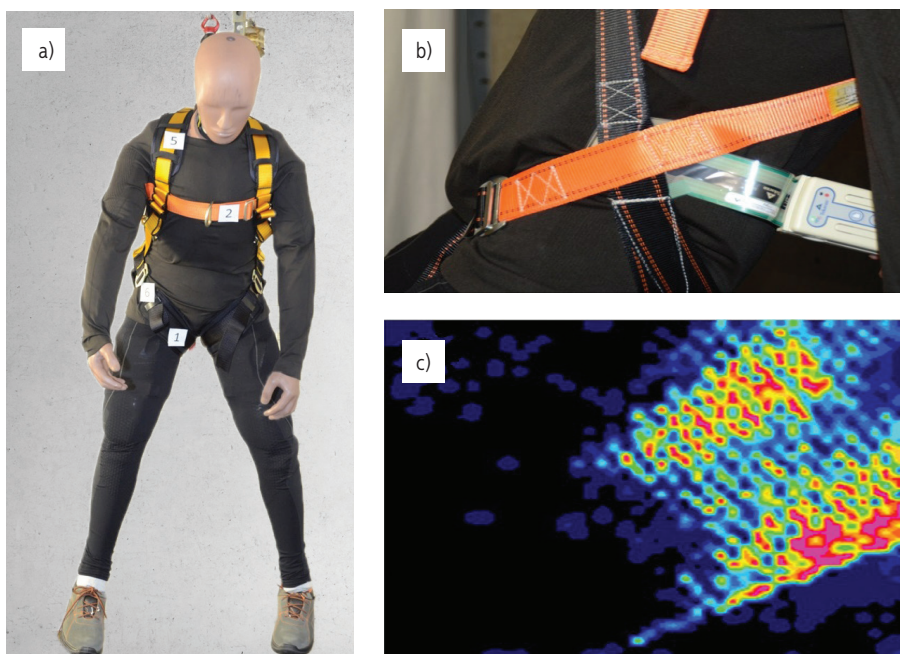
nie zawieszenia przez czas od ok. 3,5 min do 4 min na niewielkiej wysokości ponad ziemię (ok. 20 cm). Ma to na celu sprawdzenie, czy ma on swobodę wykonywania ruchów określonych w PN-EN 813:2008 [3] i PN-EN 1497:2009 [6] oraz czy przyjęcie pozycji siedzącej nie wywołuje u niego nieakceptowalnego dyskomfortu. Ponadto sprawdza się, czy mechanizmy regulacyjne uprząży samoczynnie nie zmienią zastosowanych ustawień oraz czy występuje niedozwolony kontakt klamer z takimi częściami ciała, jak pachwiny, wewnętrzna strona ud czy pachy. Przykład zawieszenia uczestnika badań w uprzęży biodrowej przedstawiono na fot. 6.

Ze względu na potencjalnie niebezpieczny charakter takich badań są one organizowane w taki sposób, aby uczestnik w każdej chwili mógł przerwać stan zawieszenia. Z tego powodu w fazie prób wymagana jest również obecność lekarza.

Naciski na powierzchnię manekina antropomorficznego

W latach 2020-2022 w Zakładzie Ochron Osobistych CIOP-PIB opracowano metodę badania nacisków uprząży chroniących przed upadkiem z wysokości na powierzchnię manekina antropomorficznego, poszerzającą dotychczasowe sposoby oceny wynikające z badania typu UE. Metoda jest przeznaczona do identyfikacji nacisków taśm włókienniczych uprząży na powierzchnię manekina w stanie jego zawieszenia. Naciski te w warunkach rzeczywistego stosowania sprzętu ochronnego mogą stwarzać nieakceptowalny dyskomfort lub nawet zagrażać zdrowiu i życiu człowieka. Uzyskiwane wyniki badań pozwalają na opracowanie nowych konstrukcji uprząży niestwarzających takich zagrożeń oraz na doskonalenie sprzętu pod względem ergonomicznym. Jednym z głównych narzędzi wykorzystywanych w metodzie jest manekin antropomorficzny typu Hybrid III 50th Pedestrian ATD [10-15]. Jego konstrukcja, a głównie ukształtowanie miednicy, pozwala na przyjmowanie zarówno pozycji stojącej, jak i siedzącej, dzięki czemu możliwa jest współpraca z szelkami bezpieczeństwa chroniącymi przed upadkiem z wysokości. Na manekina zakładana jest uprząż, którą dopasowuje się zgodnie z instrukcją użytkownika opracowaną przez producenta. W celu wyznaczenia nacisków wybranych elementów uprząży, a głównie jej pasów składowych, na powierzchnię manekina stosuje się aparaturę typu Evolution [16], wyposażoną w czujnik nacisku typu 5051 (fot. 7).

Czujnik ten, o zakresie pomiarowym 48 kPa, jest wykonany na elastycznej folii o grubości ok. 0,1 mm. Badanie rozpoczyna się od jego umieszczenia pomiędzy pasem nieobciążonej uprząży a powierzchnią manekina. Następnie za pomocą dźwigu manekin jest zawieszany na klamrze zaczepowej uprząży (fot. 7) i przy pomocy wymienionej aparatury dokonywany jest pomiar. Wynik pomiaru zarejestrowany w pamięci komputera



Fot. 7. Badanie nacisków upręży na powierzchni manekina antropomorficznego w stanie jego zawieszenia: a) manekin Hybrid III 50th Pedestrian zawieszony w szelkach bezpieczeństwa, b) czujnik nacisku podłożony pod skrzyżowanie pasów szelek bezpieczeństwa, c) wynik pomiaru w postaci barwnej mapy nacisków

Photo 7. Test of the pressure exerted by the harness on the surface of the anthropomorphic dummy in its suspended state: a) anthropomorphic Hybrid III 50th Pedestrian dummy suspended in the safety harness, b) pressure sensor located under the intersection of the belts, c) test results in the form of a coloured pressure map

ma postać tablicy o wymiarze 44 × 44, której elementami są wartości nacisków. Wartości te tworzą mapę rozkładu nacisków na powierzchni użytego czujnika (fot. 7c). Wymiar tablicy wynika z konstrukcji czujnika, który zawiera 1936 punktów pomiarowych. Dzięki temu uzyskiwane są dane charakteryzujące działanie badanej upręży na ciało użytkownika, co pozwala na lokalizację krytycznych punktów [17].

Podsumowanie

Zaprezentowane podstawowe parametry upręży chroniących przed upadkiem z wysokości wskazują na szerokie spektrum wymagań, które są stawiane tego typu sprzętowi. Dotyczą one właściwości wytrzymałościowych oraz działania na ciało człowieka – zarówno podczas powstrzymania spadania, jak i w stanie zawieszenia. Przedstawione parametry i metody ich badania mają źródło w zharmonizowanych normach europejskich oraz w pracach badawczych prowadzonych w ostatnich latach w CIOP-PIB. Metody te są podstawą oceny upręży w procesie badania typu UE [18], ale pełnią również istotną rolę w opracowywaniu i projektowaniu nowych rozwiązań konstrukcyjnych sprzętu. Na szczególną uwagę zasługują metody badań działania upręży w warunkach statycznych w stanie zawieszenia, np. po powstrzymaniu spadania lub podczas pracy w zawieszeniu. Tego rodzaju badania – prowadzone zarówno z udziałem ludzi, jak i zastosowaniem manekina antropomorficznego – są w stanie wykazać potencjalnie niebezpieczne działanie upręży, które może powodować

zakłócenia w funkcjonowaniu układu krwionośnego człowieka, trudności z oddychaniem, drętwienie nóg i ucisk na organy wewnętrzne. Dodatkowo dostarczają informacji niezbędnych do opracowania instrukcji użytkowania upręży (dotyczy to przede wszystkim opisu metody regulacji upręży w celu jej dopasowania do sylwetki użytkownika).

Opracowane w CIOP-PIB metody badań oraz nowoczesne wyposażenie laboratoriów Zakładu Ochron Osobistych CIOP-PIB stanowią dla polskich producentów indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości istotne wsparcie w procesie projektowania nowych rozwiązań konstrukcyjnych upręży oraz ich badań na potrzeby certyfikacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] BASZCZYŃSKI K. Upręże w indywidualnym sprzęcie chroniącym przed upadkiem z wysokości. *Bezpieczeństwo Pracy. Nauka i Praktyka*. 2022, 2: 8-13; doi: 10.54215/BP.2022.02.3.Baszczynski.
- [2] PN-EN 361:2005. Środki ochrony indywidualnej chroniące przed upadkiem z wysokości – Szelki bezpieczeństwa.
- [3] PN-EN 813:2008. Indywidualny sprzęt chroniący przed upadkiem z wysokości – Uprząż biodrowa.
- [4] PN-EN 358:2019-01. Środki ochrony indywidualnej do ustalania pozycji podczas pracy i zapobiegania upadkom z wysokości – Pasy i linki bezpieczeństwa do ustalania pozycji podczas pracy lub ograniczania przemieszczania.

[5] PN-EN 12277+A1:2019. Sprzęt alpinistyczny – Upręże – Wymagania bezpieczeństwa i metody badań.

[6] PN-EN 1497:2009. Środki indywidualnej ochrony przed upadkiem z wysokości – Szelki ratownicze.

[7] PN-EN 364:1996. Indywidualny sprzęt chroniący przed upadkiem z wysokości – Metody badań.

[8] PN-EN 892+A2:2022-04. Sprzęt alpinistyczny – Dynamiczne liny do wspinaczki – Wymagania bezpieczeństwa i metody badań.

[9] BASZCZYŃSKI K. Effects of full body harness design on fall arrest performance. *JOSE*. 2021, 27(3): 938-945.

[10] Humanetics. Crash Test Dummies. Plymouth, MI, USA: Humanetics, <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies>.

[11] Humanetics. Hybrid III 50M Pedestrian. Plymouth, MI, USA: Humanetics, <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies/pedestrian/hybrid-iii-50m>.

[12] BASZCZYŃSKI K. Anthropomorphic Manikins. Testing PPE to protect against falls from height. *Health & Safety International*. 2018; 74: 77-80.

[13] BASZCZYŃSKI K. New test method with a Hybrid III Anthropomorphic Dummy for Textile Safety Harnesses. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. 2020; 28[1(139)]: 81-86; doi: 10.5604/01.3001.0013.5861.

[14] BASZCZYŃSKI K. Anthropomorphic Manikins. Testing PPE to protect against falls from height. *Health & Safety International*. 2018. <https://www.hsi-magazine.com/article/anthropomorphic-manikins>.

[15] BASZCZYŃSKI K. The application of a Hybrid III anthropomorphic dummy in testing personal fall arrest equipment. *Measurement Automation Monitoring*. 2016, 12(62): 429-433.

[16] Tekscan. Pressure Mapping, Force Measurement & Tactile Sensors. <https://www.tekscan.com/products-solutions/pressure-mapping-technology>.

[17] BASZCZYŃSKI K. Effect of safety harness design on the pressures exerted on the user's body in the state of its suspension. *JOSE*. 2022, 28(3): 1894-1903.

[18] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/42 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej oraz uchylecia dyrektywy Rady 89/686/EWG (Dz.Urz.L 81 z 31 marca 2016 r., s. 51-98).

Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (projekt nr III.PB.16 pt. „Opracowanie szelek bezpieczeństwa umożliwiających bezpieczne oczekiwanie na pomoc po powstrzymaniu spadania”). Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.