

dr inż. KRZYSZTOF BASZCZYŃSKI

Centralny Instytut Ochrony Pracy
– Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: krbas@ciop.lodz.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0010.8531

Analiza zagrożeń uszkodzeń głowy pracownika podczas powstrzymywania spadania z wysokości

Fot. navintar / Bigstockphoto



Upadek z wysokości jest jednym z najpoważniejszych zagrożeń, z jakim stykają się ludzie w środowisku pracy w Polsce. Dotyczy to głównie stanowisk pracy w takich dziedzinach przemysłu, jak budownictwo, energetyka, górnictwo, gospodarka magazynowa itp. Jedną z podstawowych metod zabezpieczania pracowników w takich warunkach jest stosowanie indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości. Wybór ten niesie ze sobą specyficzne zagrożenia związane z działaniem sprzętu podczas powstrzymywania spadania. Jednym z najpoważniejszych zagrożeń jest uderzenie o elementy stanowiska pracy podczas powstrzymywania spadania połączonego z ruchem wahadłowym. W artykule zaprezentowano warunki powstawania ruchu wahadłowego podczas powstrzymywania spadania z wysokości oraz pozycje jakie może przyjmować wówczas człowiek wyposażony w szelki bezpieczeństwa. Na podstawie wyników badań, w których zastosowano manekin antropomorficzny, oceniono potencjalne skutki uderzenia głową o przeszkodę podczas ruchu wahadłowego. Określono metody zabezpieczenia przed powstawaniem ruchu wahadłowego oraz sposoby łagodzenia skutków zderzenia z przeszkodami w obrębie stanowiska pracy. W artykule przedstawiono podstawowe wymagania dla hełmów ochronnych przeznaczonych do równoczesnego stosowania z indywidualnym sprzętem chroniącym przed upadkiem z wysokości.

Słowa kluczowe: upadek z wysokości, ruch wahadłowy, uderzenie głową, manekin antropomorficzny

Analysis of hazards associated with injuries to the employee's head during fall arrest

A fall from a height is one of the most serious hazards faced by employees in the work environment. It is present mostly at workstations in such industries as construction, power engineering, mining, storage, etc. Using individual protective equipment against falls from a height is a basic method of protecting workers under such conditions. The choice of this method carries specific risks associated with the functioning of equipment during fall arrest. Hitting elements of the workstation during fall arrest associated with pendulum movement is a very serious threat. This paper presents conditions which trigger pendulum movement during fall arrest and the positions which a human equipped with a full body harness can assume then. Potential effects of the impact of the head against an obstacle during pendulum movement are discussed on the basis of the results of research with an anthropomorphic dummy. The article discusses methods of preventing swing movement and ways of mitigating the effects of collisions with obstacles within the workstation. It also presents the basic requirements for protective helmets intended for use with individual protection equipment against falls from a height.

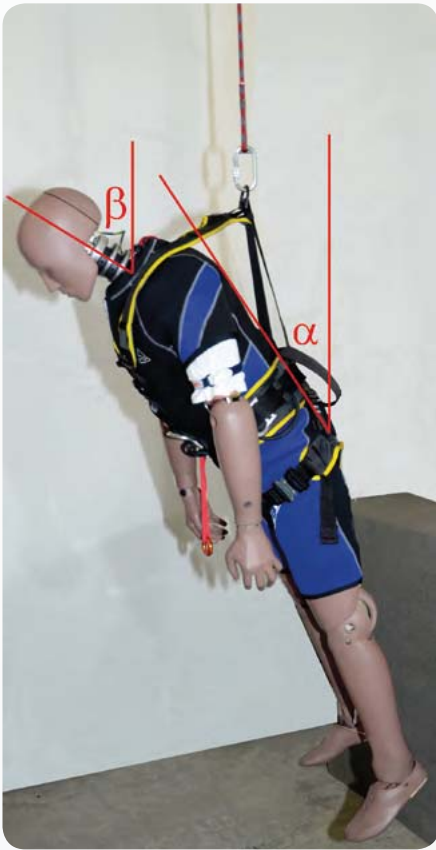
Keywords: falls from a height, swing movement, head impact against an obstacle, anthropomorphic dummy

Wstęp

Upadek z wysokości jest jednym z najmniej bezpiecznych zdarzeń, z którym stykają się ludzie w środowisku pracy w Polsce. Z danych Głównego Urzędu Statystycznego [1] dotyczących wypadków przy pracy w 2016 r. wynika, że odnotowano ogółem 5500 zdarzeń wypadkowych związanych z upadkiem z wysokości, z których 32 było wypadkami ciężkimi, a 28 zakończyło się śmiercią pracownika. Problem upadku z wysokości dotyczy głównie stanowisk pracy w budownictwie, energetyce, górnictwie, gospodarce magazynowej itp.

Praktyka ochrony ludzi w środowisku pracy w Polsce pokazuje, że jedną z podstawowych metod zabezpieczania pracowników wykonujących swoje czynności na stanowiskach usytuowanych co najmniej 1 m ponad poziomem podłoża jest stosowanie indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości. Wybór ten niesie ze sobą jednak specyficzne zagrożenia, związane z działaniem tego sprzętu podczas powstrzymywania spadania. Do najważniejszych należy uderzenie pracownika o podłoże lub o twarde, ostre elementy stanowiska pracy, które mogą znajdować się zarówno pod stopami pracownika, jak i w niewielkiej od niego odległości w poziomie.

Zagrożenie w przypadku uderzenia pracownika (zazwyczaj nogami) o podłoże często wynika z nieprawidłowo dobranego podzespołu łącząco-amortyzującego [2], np. amortyzatora z linką bezpieczeństwa, którego zbyt duża długość wstępna lub wydłużenie podczas powstrzymywania spadania mogą doprowadzić do wypadku. Zagadnienie to jest znane i informacje na jego temat są zawarte w instrukcjach użytkowania podzespołów łącząco-amortyzujących, zgodnych z wymaganiami PN-EN 365:2006 [3]. Rozwiązanie tego problemu sprowadza się do oszacowania wolnej przestrzeni pod stanowiskiem pracy i sprawdzenia, czy zastosowany podzespół łącząco-amortyzujący gwarantuje powstrzymanie spadania na krótszej drodze.



Rys. 1. Pozycja manekina antropomorficznego po powstrzymaniu spadania

Fig. 1. Position of the anthropomorphic dummy after a fall arrest

W innym przypadku uderzenia o twarde, ostre elementy stanowiska pracy, które mogą znajdować się zarówno pod stopami pracownika, jak i w niewielkiej od niego odległości w poziomie, zagrożenie wynika z ruchu wahadłowego człowieka podczas powstrzymywania spadania i w jego konsekwencji uderzenia o elementy stanowiska pracy. Świadomość takiego zagrożenia, a szczególnie jego konsekwencji, jest u użytkowników sprzętu ochronnego znacznie mniejsza.

W związku z wagą tego zagadnienia, w CIOP-PIB podjęto badania, których celem było zbadanie zjawisk występujących przy powstrzymywaniu spadania, któremu towarzyszy ruch wahadłowy, zakończony uderzeniem o przeszkodę. W badaniach tych jako narzędzie badawcze wykorzystano manekin antropomorficzny typ Hybrid III 50th Pedestrian ATD [4].

Głównym przeznaczeniem takiego manekina jest odwzorowanie postaci pieszego w badaniach bezpieczeństwa w ruchu drogowym. Dzięki odpowiedniej konstrukcji miednicy może on również współpracować z uprzążami chroniącymi przed upadkiem z wysokości. Konstrukcja manekina o masie 78,15 kg, opiera się na wartościach 50. percentyla wybranych cech antropometrycznych populacji ludności USA. Manekin zastosowany w badaniach był wyposażony w wewnętrzny system akwizycji danych, współpracujący między innymi z trójosiowymi akcelerometrami umiesz-

czonymi w głowie, klatce piersiowej i miednicy; przetwornikami sił i momentów sił w odcinku szyjnym i lędźwiowym kręgosłupa oraz przetwornikiem odkształceń klatki piersiowej na wysokości mostka. Dzięki konstrukcji mechanicznej oraz wyposażeniu elektronicznemu manekin jest odpowiednim narzędziem do prowadzenia badań powstrzymywania spadania przez indywidualny sprzęt ochronny.

Wyniki badań przeprowadzonych z użyciem ww. manekina Hybrid III 50th Pedestrian ATD wykorzystano do przygotowania artykułu.

Warunki powstawania ruchu wahadłowego podczas powstrzymywania spadania z wysokości

Podstawowy system chroniący przed upadkiem z wysokości, przeznaczony do powstrzymywania spadania, na stanowisku, które nie wymaga od pracownika przemieszczania się w poziomie, składa się z trzech podstawowych składników:

- punkowego urządzenia kotwiczącego (np. zaczepu nożycowego, zatrzaśnika itp.)
- podzespołu łącząco-amortyzującego (np. amortyzatora z linką bezpieczeństwa, urządzenia samohamownego itp.)
- szelek bezpieczeństwa.

Działanie takiego systemu jest uzależnione w istotny sposób od wzajemnego wstępnego położenia człowieka i punktu kotwiczenia. Najmniej niebezpiecznym przypadkiem jest takie położenie, w którym człowiek znajduje się bezpośrednio pod urządzeniem kotwiczącym. Układ taki powoduje, że podczas spadania pracownik przemieszcza się jedynie pionowo w dół, a prawdopodobieństwo zderzenia z bocznymi elementami stanowiska pracy jest pomijalne.

Sytuacja komplikuje się w przypadku, gdy użytkownik sprzętu przemieszczając się w poziomie oddala się od punktu kotwiczenia. Taka sytuacja powoduje, że podczas spadania, oprócz przemieszczania do dołu, człowiek wykonuje również ruch wahadłowy [2]. Kierunek ruchu wahadłowego w początkowej fazie spadania jest zawsze przeciwny do przemieszczenia wstępnego względem punktu kotwiczenia. Energia kinetyczna, której nabiera człowiek podczas takiego spadania jest uzależniona głównie od jego:

- masy
- drogi swobodnego spadania
- oddalenia w poziomie od punktu kotwiczenia
- pochłaniania energii przez podzespół łącząco-amortyzujący.

Samo zjawisko ruchu wahadłowego człowieka podczas powstrzymywania spadania nie jest dla niego czynnikiem zagrożenia, pod warunkiem, że w obszarze, w którym zachodzi nie ma zagrażających mu obiektów. W przeciwnym przypadku występuje zagrożenie zderzenia człowieka z obiektami, które może prowadzić do uszkodzeń ciała, a nawet śmierci.

Pozycja człowieka podczas powstrzymywania spadania połączonego z ruchem wahadłowym

Badania przeprowadzone w laboratorium Zakładu Ochron Osobistych CIOP-PIB z użyciem symulującego zachowanie człowieka manekina Hybrid III wykazały, że podczas powstrzymywania spadania przez indywidualny sprzęt ochronny, może on przyjmować różne pozycje – ułożenie w przestrzeni. Na potrzeby badań pozycję manekina w przestrzeni charakteryzowano za pomocą dwóch kątów utworzonych przez:

- płaszczyznę pleców i pion (α)
- oś przechodzącą przez wierzchołek głowy i podstawę szyi i pion (β).

Przykład pozycji manekina po powstrzymaniu spadania przez szelki bezpieczeństwa z grzbietową klamrą zaczepową przedstawiono na rys. 1.

Zmierzone podczas badań wartości maksymalne kątów α i β dochodziły do 60°. Badania wykazały, że do najważniejszych czynników wpływających na wartości tych kątów α i β podczas powstrzymywania spadania z wysokości należą:

- konstrukcja szelek bezpieczeństwa ze szczególnym uwzględnieniem położenia klamer zaczepowych, do których jest mocowany podzespół łącząco-amortyzujący
- przemieszczenie manekina w szelkach na skutek przesuwania się pasów z taśm włókienniczych oraz klamer zaczepowych
- pozycja manekina w chwili rozpoczęcia spadania.

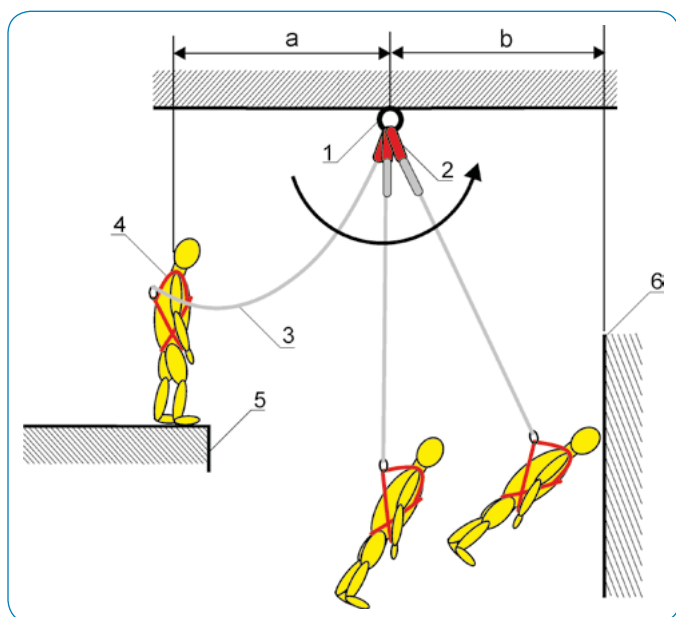
Uzyskane w badaniach wyniki poddano analizie pod kątem zidentyfikowania najbardziej niebezpiecznych dla człowieka sytuacji podczas powstrzymywania spadania z ruchem wahadłowym. Ustalono, że użycie zaczepu piersiowego szelek bezpieczeństwa podczas powstrzymywania spadania człowieka powoduje jego pochylenie do tyłu, a głowa wysuwa się wówczas w poziomie za kark i plecy. Użycie zaczepu grzbietowego powoduje natomiast pochylenie człowieka do przodu, a jego głowa wysuwa się w poziomie przed klatkę piersiową.

Przyjęcie takich pozycji powoduje, że podczas zderzenia z pionową przeszkodą, np. ścianą, w pierwszej kolejności człowiek uderza w nią głową. W rezultacie większa część wytworzonej wtedy energii kinetycznej jest przekazywana na głowę i szyję, czyli na najbardziej wrażliwe części ciała. Przykłady najbardziej niebezpiecznych sytuacji, związanych z ruchem wahadłowym, przedstawiono schematycznie na:

- rys. 2., gdzie ruch człowieka, wyposażonego w szelki bezpieczeństwa z zaczepem grzbietowym, odbywa się w kierunku: twarzą do przeszkody

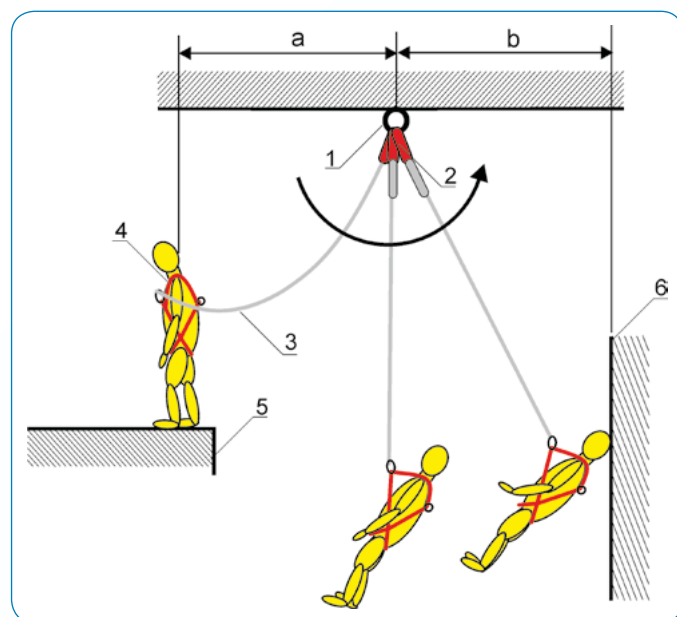
• rys. 3., gdzie ruch człowieka, wyposażonego w szelki bezpieczeństwa z zaczepem piersiowym, odbywa się w kierunku: tyłem głowy do przeszkody.

Sytuację zderzenia manekina antropomorficznego głową z płaską pionową przeszkodą w badaniach laboratoryjnych przedstawiono na rys. 4.



Rys. 2. Powstrzymanie spadania człowieka, wyposażonego w szelki bezpieczeństwa z zaczepem grzbietowym. Oznaczenia: 1 – punkt kotwiczenia, 2 – amortyzator, 3 – linka bezpieczeństwa, 4 – szelki bezpieczeństwa z zaczepem grzbietowym, 5 – stanowisko pracy, 6 – pionowa przeszkoda, a – odległość między punktem kotwiczenia a pozycją człowieka, b – odległość między punktem kotwiczenia a przeszkodą

Fig. 2. Fall arrest of a human equipped with a body harness with a back attachment point. Note: 1 – anchor point, 2 – energy absorber, 3 – lanyard, 4 – full body harnesses equipped with a back attachment point, 5 – workstation, 6 – vertical obstacle, a – distance between the anchor point and the position of the worker, b – distance between the anchor point and the obstacle



Rys. 3. Powstrzymanie spadania człowieka, wyposażonego w szelki bezpieczeństwa z zaczepem pierścieniowym. Oznaczenia: 1 – punkt kotwiczenia, 2 – amortyzator, 3 – linka bezpieczeństwa, 4 – szelki bezpieczeństwa z zaczepem pierścieniowym, 5 – stanowisko pracy, 6 – pionowa przeszkoda, a – odległość między punktem kotwiczenia a pozycją człowieka, b – odległość między punktem kotwiczenia a przeszkodą

Fig. 3. Fall arrest of a human equipped with a body harness with a front attachment point. Note: 1 – anchor point, 2 – energy absorber, 3 – lanyard, 4 – full body harnesses equipped with a front attachment point, 5 – worksite, 6 – vertical obstacle, a – distance between the anchor point and the position of the worker, b – distance between the anchor point and the obstacle

Skutki uderzenia głową o przeszkodę

Przy rozpatrywaniu ruchu wahadłowego człowieka, w wyniku którego następuje uderzenie głową w przeszkodę znajdującą się w obrębie stanowiska pracy, powstaje pytanie o mechanizm i konsekwencje takiego zdarzenia. Pomocne w tej ocenie są wyniki opisywanych badań, podczas których symulowano różne warianty powstrzymania spadania z ruchem wahadłowym, kończącym się zderzeniem z płaską pionową przeszkodą. Do najważniejszych z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy spostrzeżeń, poczynionych w wyniku badań przeprowadzonych w CIOP-PIB, można zaliczyć następujące obserwacje:

- Manekin uderzał w przeszkodę różnymi częściami głowy np. częścią ciemieniową, czołem, potylicą, twarzą itp. Miejsce zderzenia zależało głównie od konstrukcji szelek bezpieczeństwa, pozycji manekina przed i w trakcie spadania, parametrów geometrycznych ustawienia manekina i punktu kotwiczenia względem przeszkody.

- Przyspieszenia głowy manekina, w kierunku osi pionowej, podczas zderzenia z przeszkodą, osiągały wartości szczytowe przekraczające 400 g, co według kryteriów oceny zamieszczonych w różnych publikacjach stwarza poważne niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia człowieka [5-7].

- Wartości współczynnika *Head Injury Criterion* (HIC_{15}) [8] zawierały się w granicach od 100 do 400. Biorąc pod uwagę kryteria oceny [5-7] oznacza to, że w przypadku człowieka poddanego takiemu oddziaływaniu może dojść

do uszkodzeń czaszki, złamania kości twarzy i nosa, wybitcia zębów i powierzchniowych obrażeń twarzy.

- Wartości maksymalne siły działającej na górny odcinek szyi w miejscu połączenia z głową przekraczały 4 kN, co według kryteriów oceny wyników badań z użyciem manekina *Hybrid III male 50%* stwarza ryzyko powstania ciężkiego uszkodzenia ciała człowieka [5-7].

- Wartości maksymalne momentu siły zginającego szyję, zarówno w kierunku do przodu, jak i do tyłu, przekraczały wartości, przy których jest możliwe powstanie ciężkiego uszkodzenia czaszki lub odcinka szyjnego kręgosłupa.

- Siła działająca w punkcie kotwiczenia podzespołu łącząco-amortyzującego nigdy nie przekraczała dopuszczalnej wartości 6 kN, zdefiniowanej przez normy EN dotyczące podzespołów łącząco-amortyzujących sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości [9-11]

Przytoczone wyniki wskazują, że pozornie łagodne warunki powstrzymania spadania (wartość maksymalna siły hamującej działającej na kłamerkę zaczepową szelek bezpieczeństwa nie przekraczała 6 kN), stwarzają jednak zagrożenie powstania bardzo poważnych uszkodzeń ciała człowieka, a nawet jego śmierci.

Metody zapobiegania ruchowi wahadłowemu i jego skutkom

Jak wykazano wcześniej, ruch wahadłowy człowieka podczas powstrzymania spadania może być przyczyną uderzenia głową o nie-

bezpieczne obiekty, a zatem na etapie organizacji stanowisk pracy na wysokości konieczne jest ograniczenie możliwości powstawania tych zderzeń lub łagodzenie ich skutków. Można to osiągnąć następującymi metodami:

- Punkt kotwiczenia podzespołu łącząco-amortyzującego powinien znajdować się w pionie ponad pracownikiem. W efekcie, podczas powstrzymania spadania człowiek będzie przemieszczał się tylko w pionie.

- Jeżeli pracownik musi przemieszczać się w poziomie po stanowisku pracy, nie powinno stosować się pojedynczego punktu kotwiczenia. Bezpieczniej jest zastosować poziomych lin lub szyn kotwiczących, względnie wielu pojedynczych punktów kotwiczenia między, którymi jest przepinany podzespół łącząco-amortyzujący.

- W sytuacjach, w których nie ma możliwości dostatecznej redukcji ryzyka związanego z zagrożeniami powiązanych z ruchem wahadłowym, należy sprawdzić, czy w obszarze tego ruchu nie ma niebezpiecznych obiektów, z którymi może zderzyć się człowiek. W celu wyznaczenia wielkości tego obszaru trzeba wykorzystać dane podawane przez producenta podzespołu łącząco-amortyzującego, a więc drogę powstrzymania spadania w pionie H . Obszar wyznaczony promieniem o długości H , poprowadzonym z punktu kotwiczenia, powinien być wolny od niebezpiecznych obiektów.

- Podczas prac, w trakcie których człowiek jest zabezpieczony za pomocą indywidualnego



Rys. 4. Uderzenie manekina głową o pionową przeszkodę podczas wykonywania ruchu wahadłowego (zdjęcie z szybkiej kamery cyfrowej)

Fig. 4. Dummy's head impact against a vertical obstacle during swing motion (pictures from a high-speed camera)

sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości, powinny być stosowane równocześnie odpowiednie przemysłowe hełmy ochronne.

Hełmy ochronne przeznaczone do współpracy z indywidualnym sprzętem chroniącym przed upadkiem z wysokości

W przypadku wielu stanowisk pracy na wysokości nie da się do końca wyeliminować zagrożenia uderzeniami spadających przedmiotów oraz uderzenia głową o niebezpieczne obiekty podczas powstrzymywania spadania. W celu złagodzenia skutków takich uderzeń konieczne jest stosowanie odpowiednich hełmów ochronnych.

Bazując na wynikach badań przeprowadzonych w laboratorium Zakładu Ochron Osobistych CIOPIB, można sformułować następujące podstawowe cechy, którymi powinien odznaczać się hełm przeznaczony do łącznego użytkowania z indywidualnym sprzętem chroniącym przed upadkiem z wysokości w warunkach przemysłowych:

- Hełm musi gwarantować ochronę przed spadającymi obiektami, co najmniej na poziomie wymagań PN-EN 397+A1:2013 [12].

- Hełm musi dodatkowo gwarantować ochronę przed uderzeniami bocznymi w zakresie amortyzacji. Może być to osiągnięte przez równoczesne zastosowanie więźby z taśm włókienniczych oraz wykładziny amortyzującej. Wykładzina powinna być usytuowana co najmniej w dolnej części skorupy, po jej wewnętrznej stronie. Konstrukcja taka zapewnia amortyzację uderzeń centralnych i bocznych.

- Hełm musi posiadać sztywną skorupę, gwarantującą odporność na przebicie również w zakresie uderzeń bocznych.

- Skorupa hełmu powinna być wyposażona w wąskie obrzeże, bez długiego daszka, który może być przyczyną spadania hełmu w czasie uderzenia o przeszkodę.

- Hełm powinien mieć możliwie jak najmniejszą masę, aby podczas powstrzymywania spadania nie obciążał nadmiernie głowy i szyi użytkownika.

- Środek ciężkości hełmu powinien być położony możliwie najniżej, aby podczas gwałtownego obrotu głowy wykazywał jak najmniejszą tendencję do spadania.

- Tylna część pasa głównego hełmu (pas potyliczny) powinna być tak ukształtowana, aby blokować zrzucenie go w kierunku do tyłu do przodu.

- Skorupa hełmu powinna być tak ukształtowana, aby w jego tylnej części schodzić poniżej pasa głównego, co zwiększa obszar chroniony głową, poprawia stabilność założonego na nią hełmu oraz umożliwia mocowanie paska podbródkowego w sposób skuteczniej zabezpieczający przed spadaniem.

- Wysokość noszenia, zdefiniowana w PN-EN 397+A1:2013 [12], powinna być możliwie jak największa, co gwarantuje stabilniejsze utrzymywanie hełmu na głowie.

- Pasek podbródkowy i skorupa hełmu powinny mieć konstrukcję zabezpieczającą przed zrzuceniem hełmu z głowy. Może być to osiągnięte różnymi sposobami np. przez zastosowanie pasków podbródkowych łączących się ze skorupą w trzech lub czterech punktach. Innym sposobem jest zastosowanie tak ukształtowanej skorupy, że punkty mocowania paska podbródkowego są umieszczone poniżej dolnego brzegu pasa głównego.

Podsumowanie

Wykonywanie ruchu wahadłowego przez człowieka, podczas powstrzymywania jego spadania przez indywidualny sprzęt ochronny, stanowi zagrożenie dla jego zdrowia, a nawet życia. Zagrożenie to wiąże się ze zderzeniem z niebezpiecznymi elementami stanowiska pracy, podczas przemieszczania się zarówno w poziomie, jak i pionie. Zjawisko zderzenia z przeszkodą w ruchu wahadłowym staje się szczególnie niebezpieczne w sytuacji przyjmowania przez człowieka pozycji, która doprowadza do uderzenia głową o niebezpieczny obiekt. Warunki takie mogą powstawać w „pozornie niegroźnych” sytuacjach, gdzie droga swobodnego spadania człowieka nie przekracza 2 m, a siła powstrzymująca spадanie, działająca na klamrę zaczepową szelek bezpieczeństwa, jest nawet kilkukrotnie mniejsza od wartości granicznej 6 kN [9-11].

W związku z tym konieczna jest taka organizacja stanowisk pracy na wysokości, aby:

- eliminować ryzyko ruchu wahadłowego człowieka podczas powstrzymywania spadania

- jeżeli nie ma możliwości całkowitego wyeliminowania ruchu wahadłowego, zminimalizować zagrożenie zderzeniem z niebezpiecznymi obiektami w obrębie stanowiska pracy

- jeżeli nie ma możliwości eliminacji zderzenia z przeszkodami, zapewnić środki minimalizujące ich skutki.

Problem ten należy rozpatrywać szczególnie z punktu widzenia ochrony głowy użytkownika indywidualnego sprzętu chroniącego przed upadkiem z wysokości. W przypadku minimalizacji skutków uderzenia głową o niebezpieczne elementy stanowiska pracy, szczególnego znaczenia nabiera odpowiednio dobrany hełm ochronny. Hełm taki powinien spełniać podstawowe wymagania w odniesieniu do hełmów przeznaczonych dla warunków przemysłowych, zawarte w PN-EN 397+A1:2013 [12], a poza tym mieć dodatkowe cechy ochronne i użytkowe przedstawione w artykule.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Główny Urząd Statystyczny *Wypadki przy pracy w 2016 r.* Warszawa 2017
- [2] Noel G. Study of pendular motion and its importance for vertical and horizontal clearances. In A.C. Sulowski (Ed.), *Fundamentals of fall protection* (pp. 345-356). Toronto, Canada: International Society for Fall Protection 1991
- [3] PN-EN 365:2006 Środki ochrony indywidualnej chroniące przed upadkiem z wysokości – Ogólne wymagania dotyczące instrukcji użytkowania, konserwacji, badań okresowych, napraw, znakowania i pakowania
- [4] Humanetics. Hybrid III 50M Pedestrian [Internet]. Plymouth, MI, USA: Humanetics; Dostępny na stronie: <http://www.humaneticsatd.com/crash-test-dummies>.
- [5] Nahum A.M., Melvin J.W. *Accidental Injury Biomechanics and Prevention Chapter 4*, Mertz H.J. Anthropomorphic Test Devices https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-0-387-21787-1_4.pdf.
- [6] Canadian Association of Playground Practitioners. Probability of Injury Relative to HIC (Head Injury Criteria) Scores <http://www.capp-online.ca/pdf/articles/CAPP%20Probability%20of%20Head%20Injury%20relative%20to%20HIC%20scores.pdf>
- [7] Mertz H.J. Irwin A.L. Biomechanical and Scaling Bases for Frontal and Side Impact. *Injury Assessment Reference Values*. Stapp Car Crash Journal, Vol. 47 (October 2003), pp. 155-188. Copyright © 2003 The Stapp Association
- [8] Marjoux D., Baumgartner D., Deck C., Willinger R. Head injury prediction capability of the HIC, HIP, SIMon and ULP criteria. *Accident Analysis and Prevention* 40 (2008) 1135-1148
- [9] PN-EN 355:2005 Środki ochrony indywidualnej chroniące przed upadkiem z wysokości – Amortyzatory
- [10] PN-EN 353-2:2005 Środki ochrony indywidualnej chroniące przed upadkiem z wysokości – Część 2: Urządzenia samozaciskowe z giętką prowadnicą.
- [11] PN-EN 360:2005 Środki ochrony indywidualnej chroniące przed upadkiem z wysokości -- Urządzenia samohamowne
- [12] PN-EN 397+A1:2013 Przemysłowe hełmy ochronne

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.