



# WYTYCZNE DO OGRANICZANIA RYZYKA ZAWODOWEGO W PROCESACH ŁĄCZENIA MATERIAŁÓW W PRZEMYŚLE LOTNICZYM

MARIUSZ DĄBROWSKI  
ANDRZEJ DĄBROWSKI  
PIOTR KOWALSKI  
EMIL KOZŁOWSKI  
RAFAŁ MŁYŃSKI  
MAŁGORZATA POŚNIAK  
TOMASZ TOKARSKI



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Wytyczne do ograniczania ryzyka zawodowego w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym

*Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej.*

*Koordinator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy*

*Zadanie 2.G.11: Opracowanie narzędzi wspomagających ograniczanie ryzyka zawodowego związanego z zagrożeniami występującymi w przemyśle lotniczym w procesach łączenia materiałów z wykorzystaniem technologii nitowania, zgrzewania oraz klejenia*

Autorzy:

dr inż. Mariusz Dąbrowski, dr inż. Andrzej Dąbrowski – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Techniki Bezpieczeństwa, Pracownia Zagrożeń Mechanicznych, dr inż. Piotr Kowalski – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych, Pracownia Drgań Mechanicznych, dr inż. Emil Kozłowski, dr inż. Rafał Młyński – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Wibroakustycznych, Pracownia Zwalczania Hałasu, dr Małgorzata Pośniak – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Zagrożeń Chemicznych, Pyłowych i Biologicznych, dr Tomasz Tokarski – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ergonomii, Pracownia Biomechaniki

Zdjęcie na okładce: Bajon5\_fot\_Afonso Lima\_Stock\_duoC.jpg bigstock-Assembling-Replacing-Engine-P-238839163.jpg

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2019

**CIOP**  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (48-22) 623 36 98, [www.ciop.pl](http://www.ciop.pl)

## Wytyczne ochrony przed zagrożeniami mechanicznymi

W przemyśle lotniczym główną przyczynę wypadków, których skutkiem są różnego rodzaju urazy, stanowią zagrożenia mechaniczne. Specyfika tych zagrożeń, zwłaszcza gwałtowność i przypadkowość wielu z nich, powoduje, że proces analizy oraz nadzorowania ryzyka w przypadku zagrożeń mechanicznych jest złożony i trudny do sparametryzowania. Wiele możliwych źródeł tych zagrożeń oraz ich sposobów oddziaływania na organizm człowieka, a więc przewidywany charakter szkód, a także różnorodność sytuacji niebezpiecznych są w przypadku zagrożeń mechanicznych nieporównanie większe niż w przypadku innych, zwłaszcza mierzalnych, zagrożeń, dla których zostały określone wartości odniesienia, takie jak najwyższe dopuszczalne natężenia (NDN) lub najwyższe dopuszczalne stężenia (NDS), w znakomity sposób upraszczające proces oceny ryzyka.

Na skutki działania zagrożeń mechanicznych wpływają również postawy i zachowania osób uczestniczących w procesach produkcyjnych. W tej sytuacji przewidywanie ewentualnych konsekwencji zagrożeń mechanicznych jest obciążone dużą niepewnością. Należy przy tym pamiętać, że również inne zagrożenia często współwystępujące z zagrożeniami mechanicznymi, takie jak hałas, drgania, zagrożenia elektryczne, termiczne, chemiczne, pyłowe, wyrzut powietrza pod ciśnieniem itp., mogą pośrednio przyczyniać się do wypadków, a czasem bezpośrednio powodować urazy mechaniczne.

### Źródła zagrożeń mechanicznych w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym

Źródła zagrożeń mechanicznych w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym to przede wszystkim używany sprzęt roboczy i wyposażenie pracy oraz stosowane materiały. Do wypadków powodowanych czynnikami mechanicznymi dochodzi również podczas wykonywania prac na wysokości, zaliczanych do szczególnie niebezpiecznych, oraz prac wykonywanych zespołowo. W tym ostatnim przypadku wynika to z trudności z porozumiewaniem się oraz koordynacją działań w zespole realizującym dane zadanie.

Sprzęt roboczy używany w tych procesach i stanowiący źródło zagrożeń mechanicznych to:

- sprzęt transportowy (np. suwnice, wózki kołowe ręczne i zmechanizowane, wózki widłowe, manipulatory),

- maszyny stacjonarne (np. nitownice stacjonarne automatyczne i półautomatyczne, punktowe i liniowe zgrzewarki oporowe oraz zgrzewarki FSW, wiertarki stołowe, prasy i gilotyny ręczne), a zwłaszcza ich ruchome części i stosowane w nich narzędzia,
- maszyny ręczne i pneumatyczne (wiertarki, nitownice, udarowe młotki do nitowania, przecinarki, szlifierki, polerki itp.) oraz elektronarzędzia, a zwłaszcza ruchome części tych maszyn i narzędzi,
- narzędzia ręczne (rysiki, punktaki, podtrzymki, klucze, młotki, szczypce, wybijaki, skrobaki, gratowniki, nożyce, noże, szpachelki, pilniki itp.) oraz narzędzia stosowane w maszynach (np. wiertła, rozwiertaki, tarcze szlifierskie).

Wyposażenie pracy stanowiące potencjalne źródło zagrożeń mechanicznych w tych procesach to:

- stoły, stojaki i regały magazynowe,
- stoły i przyrządy montażowe i pomocnicze oraz formy,
- zaciski, spinacze sprężynowe i szablony,
- podesty montażowe,
- przewody lub instalacje sprężonego powietrza i elektryczne,
- fragmenty struktur lotniczych i statków powietrznych.

Materiały stanowiące potencjalne źródło zagrożeń mechanicznych w tych procesach to:

- arkusze z blachy i tworzyw sztucznych o ostrych krawędziach,
- łączone elementy konstrukcji i poszycia,
- części złączne, trzpienie pozycjonujące, inserty, nity i hefty,
- odpryski ciał stałych, np.: oderwane fragmenty ściernicy lub odłamane wiertło, opiłki, wióry i pył.

### **Charakterystyka oddziaływania zagrożeń mechanicznych w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym**

Oddziaływanie zagrożeń mechanicznych może powodować urazy powstałe wskutek mechanicznego działania części maszyn, narzędzi, przedmiotów i obrabianych lub wyrzucanych materiałów stałych albo płynnych.

Ze względu na oddziaływanie zagrożeń mechanicznych i przewidywany charakter szkód zagrożenia te można określać zgodnie z PN-EN ISO 12100 [1] jako zagrożenia np.: poślizgnięciem, po-

tknięciem, przekłuciem lub przebicciem, ścinaniem, uderzeniem, wciągnięciem, pochwyceniem, wplątaniem, zgnieciem lub zmiżdżeniem oraz wytryskiem płynu pod ciśnieniem.

Ze względu na charakter oddziaływania do zagrożeń mechanicznych są również zaliczane zagrożenia upadkiem z wysokości, na powierzchni oraz do zagłębień.

W przypadku procesów łączenia w przemyśle lotniczym może wystąpić każde z podanych wyżej oddziaływań, jednak do powodujących większość wypadków najczęstszych rodzajów oddziaływania zagrożeń mechanicznych można zaliczyć:

- zgniecenie i zmiżdżenie,
- przewiercenie i przekłucie,
- skaleczenie i przecięcie,
- uderzenie,
- starcie i otarcie.

### **Prace i czynności robocze w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym o zwiększonym ryzyku zawodowym związanym z zagrożeniami mechanicznymi**

Do prac, przy których dochodzi do największej liczby wypadków podczas realizacji procesów łączenia materiałów i struktur w przemyśle lotniczym, można zaliczyć:

- wiercenie, rozwiercanie i nawiercanie otworów pod nity,
- nitowanie praską oraz udarowe,
- transportowanie ręczne,
- odcinanie nożem naddatków po hermetyzacji,
- a także inne prace mechaniczne jak dokręcanie śrub i połączeń, przemieszczanie się wokół struktury i po niej oraz po pomoście, zwłaszcza schodzenie po schodkach i przechodzenie przy wystających elementach struktur lotniczych lub statków powietrznych, oraz wykonywanie czynności w ciasnych fragmentach struktury.

### **Urazy doznawane wskutek działania na organizm człowieka zagrożeń mechanicznych występujących w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym**

Skutkami działania zagrożeń mechanicznych na człowieka mogą być różne urazy osób poszkodowanych, takie jak: stłuczenia, rany otwarte powierzchowne (otarcia) i głębokie, obrażenia i krwotoki wewnętrzne, wstrząśnienie mózgu, złamania zamknięte i otwarte, zwichnięcia, skręcenia, naciągnięcia lub zerwania mięśnia, ścięgna lub więzadeł, urazy, zaprószenia oczu opiłkami itp.

Do pełnego opisu konsekwencji działania zagrożeń mechanicznych niezbędne jest również określenie skali urazu, gdyż często ten sam rodzaj urazu może okazać się lekki lub ciężki (nieodwracalny), a nawet śmiertelny.

Na podstawie danych dotyczących wypadków w przemyśle lotniczym do najczęstszych należy zaliczyć następujące urazy:

- stłuczenia, zgniecenia i zmiżdżenia palców stóp oraz dłoni,
- otwarte rany klute i cięte dłoni,
- powierzchowne urazy oczu, twarzy i głowy (np. uderzenia o fragmenty struktur, przyrządów lub statków powietrznych);
- układu mięśniowo-szkieletowego, takie jak: naciągnięcia mięśni i ścięgien, zwichnięcia stawów, zerwanie więzadeł lub złamania kości.

### **Wpływ zagrożeń mechanicznych na ryzyko zawodowe w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym**

O wpływie zagrożeń mechanicznych na ryzyko zawodowe w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym decydują: spodziewana wielkość szkód będących skutkami działania tych zagrożeń na pracowników uczestniczących w tych procesach pracy, a więc skala doznanych przez nich urazów, oraz prawdopodobieństwo wypadku.

Skala szkody wywołanej działaniem zagrożeń mechanicznych, jak to już wyżej wspomniano, może być bardzo zróżnicowana przy tym samym rodzaju urazu. Zależy to nie tylko od wielkości energii mechanicznej źródła zagrożenia, lecz także od innych czynników, związanych zarówno ze źródłem tego zagrożenia, jak i z osobą poszkodowaną. Są to np.:

- wielkość i kształt powierzchni źródła zagrożenia oddziałującego na człowieka z określoną energią mechaniczną,
- masa źródła zagrożenia oraz jej prędkość i kierunek w chwili kontaktu z ciałem człowieka, a także czas tego kontaktu (czas oddziaływania zagrożenia na organizm człowieka),
- umiejscowienie urazu na ciele człowieka,
- cechy osobnicze poszkodowanego, które mogą być przyczyną zróżnicowania wrażliwości na działanie czynników zewnętrznych.

Wszystkie te czynniki powodują zróżnicowanie skali urazów od wszelkiego rodzaju lekkich (odwracalnych) do ciężkich (nieodwracalnych), a nawet śmiertelnych.



Podobne trudności ze względu na przypadkowość występowania wielu zagrożeń mechanicznych napotykamy przy próbach precyzyjnego określenia prawdopodobieństwa wypadku wskutek działania tych zagrożeń. Wprowadzono pojęcia pomocnicze:

- sytuacja zagrożenia – gdy pracownik znajduje się w strefie zagrożenia. Jest to najczęściej jakaś wykonywana przez niego czynność robocza wymagająca jego obecności w strefie oddziaływania zagrożenia. Czas pracy, w którym pracownik znajduje się w sytuacji zagrożenia, można określić mianem ekspozycji na zagrożenie,
- zdarzenie niebezpieczne – gdy dojdzie do wyzwolenia energii mechanicznej źródła zagrożenia lub bezpośredniego kontaktu człowieka z tym źródłem. W wyniku tego zdarzenia może, choć nie zawsze musi, wydarzyć się wypadek.

Czasami określa się również niezawodność zastosowanych środków ochronnych oraz możliwość uniknięcia wypadku przez człowieka, gdy już dojdzie do zdarzenia niebezpiecznego.

Jak widać, określenie wpływu zagrożeń mechanicznych na ryzyko zawodowe przy wykonywaniu prac i czynności w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym nie jest proste.

Niewielka i systematycznie malejąca od kilku lat liczba wypadków przy pracach związanych z realizacją procesów łączenia materiałów i struktur lotniczych z wykorzystaniem technologii nitowania, klejenia i zgrzewania świadczy wprost o tym, że prawdopodobieństwo wypadku maleje i obecnie jest niewielkie. Należy jednak zwrócić uwagę na specyfikę tego przemysłu w Polsce, ponieważ charakteryzuje się on dużą zmiennością wielkości produkcji.

Pomocnym działaniem w ramach prewencji wypadkowej byłoby rejestrowanie i analizowanie również zdarzeń potencjalnie wypadkowych lub niebezpiecznych sytuacji oraz standaryzacja i wymiana dobrych praktyk wynikających z analiz wypadków i zdarzeń potencjalnie wypadkowych.

Trzeba też pamiętać, że produkcja statków powietrznych odbywa się zazwyczaj jednostkowo lub w małych seriach i jest zależna od aktualnych zamówień. Z tych względów może się też zmieniać tempo pracy oraz liczba osób narażonych przebywających w strefach zagrożenia, a to może się przyczynić do znaczącego zwiększenia prawdopodobieństwa wypadku.

Choć większość urazów, do których dochodzi w omawianych procesach, to urazy lekkie (odwracalne), należy brać pod uwagę możliwość doznania urazów ciężkich, a nawet śmiertelnych m.in. wskutek wypadków podczas transportu zmechanizowanego ciężkich elementów za pomocą suwnic, żurawi i wózków z napędem czy podczas prac na wysokości prowadzonych bezpośrednio na korpusie statku powietrznego.

## Techniczne i organizacyjne metody prewencji

W przypadku zagrożeń mechanicznych zarówno techniczne, jak i organizacyjne metody prewencji w dużej mierze zależą od rodzaju prac, sposobu ich wykonywania oraz warunków na stanowisku pracy i stosowanego wyposażenia.

### Metody techniczne

Istnieje cała gama możliwych do zastosowania technicznych środków chroniących przed zagrożeniami mechanicznymi w procesach łączenia materiałów. Są to przede wszystkim odpowiedni sprzęt i odpowiednie wyposażenie pracy, jak np.:

- pomosty oraz sprzęt ochronny do prac montażowych na wysokości,
- narzędzia i maszyny o konstrukcji ograniczającej szkodliwe działania zagrożeń mechanicznych,
- równe, dobrze wytyczone, widoczne i dobrze oznakowane przejścia o odpowiedniej przyczepności,
- osłony krawędzi struktur i przyrządów,
- środki ochrony indywidualnej przed zagrożeniami mechanicznymi, jak np.: rękawice i okulary ochronne, buty z podnoskami, hełmy ochronne, czapki chroniące przed uderzeniem i skaleczeniem głowy.

### Metody organizacyjne

Metody organizacyjne obejmują zwłaszcza procedury postępowania podczas prac związanych z występowaniem istotnych zagrożeń mechanicznych, w tym prac szczególnie niebezpiecznych, jak np. prace na wysokości czy też prace wykonywane zespołowo podczas wiercenia, nitowania lub transportu, wymagające koordynacji działań współpracujących osób.

Procedury wykonywania tych prac powinny zawierać: bezpośredni nadzór wyznaczonych do tego osób, odpowiednie środki zabezpieczające, instruktaż pracowników obejmujący podział zadań i kolejność wykonywania prac oraz związane z poszczególnymi czynnościami wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy.



## Wytyczne ochrony przed hałasem

Ze względu na specyfikę realizowanych w zakładach przemysłu lotniczego procesów produkcyjnych zagrożenie stanowi hałas. Hałasem zgodnie z definicją przedstawioną w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne [2] określa się *każdy niepożądany dźwięk, który może być uciążliwy albo szkodliwy dla zdrowia lub zwiększać ryzyko wypadku przy pracy*. W przypadku zakładów przemysłu lotniczego pracownicy są narażeni w mniejszym stopniu na hałas ustalony, a w większym na hałas impulsowy. Hałasem ustalonym określa się hałas, którego poziom dźwięku A (w określonym miejscu) zmienia się nie więcej niż o 5 dB [2], natomiast hałas impulsowy to hałas, w którym występuje jedno lub kilka zdarzeń dźwiękowych o czasie trwania poniżej 1 s [3].

Podstawowymi krajowymi dokumentami, w których określono działania, jakie należy przeprowadzić w przypadku zagrożenia hałasem, oraz dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy, są:

- rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U. z 2005 r., Nr 157, poz. 1318) [2],
- rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2018 r., poz. 1286) [4].

Zgodnie z zapisami zamieszczonymi w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy [2] obowiązkiem pracodawcy jest ocenienie ryzyka zawodowego związanego z narażeniem pracowników na hałas, wynikającego z cech miejsca pracy oraz ze stosowanych w konkretnych warunkach środków lub procesów pracy, ze szczególnym uwzględnieniem poziomu i rodzaju narażenia, włącznie z narażeniem na hałas impulsowy. Ocena ryzyka powinna także uwzględniać porównanie wartości parametrów hałasu z wartościami dopuszczalnymi – najwyższymi dopuszczalnymi natężeniami (NDN) oraz wartościami progów działania.

Wartości NDN określono w rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [4]. Wartości progów działania dotyczące wielkości charakteryzujących hałas zamieszczono w załączniku do rozporządzenia Ministra Gospodarki i Pracy [2]. Parametry, które są

stosowane przy ocenie narażenia na hałas, wartości NDN oraz wartości progów działania podano poniżej:

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do ośmiogodzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX, 8h}$ ) i odpowiadająca mu ekspozycja dzienna ( $E_{A,d}$ ) lub poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodniowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,w}$ ) i odpowiadająca mu ekspozycja tygodniowa ( $E_{A,w}$ ) (wyjątkowo w przypadku hałasu oddziałującego na organizm człowieka w sposób nierównomierny w poszczególnych dniach tygodnia),
- maksymalny poziom dźwięku A ( $L_{Amax}$ ),
- szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ).

Wartości dopuszczalne powyższych parametrów ze względu na ochronę słuchu nie mogą przekraczać:

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do ośmiogodzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,8h}$ ) – 85 dB, a odpowiadająca mu ekspozycja dzienna ( $E_{A,d}$ ) –  $3,64 \cdot 10^3 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$

lub

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,w}$ ) – 85 dB, a odpowiadająca mu ekspozycja tygodniowa ( $E_{A,w}$ ) –  $18,2 \cdot 10^3 \text{ Pa}^2 \cdot \text{s}$ ,
- maksymalny poziom dźwięku A ( $L_{Amax}$ ) – 115 dB,
- szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ) – 135 dB.

Wartości progów działania dla wielkości charakteryzujących hałas wynoszą:

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do ośmiogodzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,8h}$ ) – 80 dB

lub

- poziom ekspozycji na hałas odniesiony do tygodnia pracy ( $L_{EX,w}$ ) – 80 dB,
- szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ) – 135 dB.

W przypadku osiągnięcia lub przekroczenia w środowisku pracy przedstawionych powyżej wartości NDN przez którykolwiek z parametrów hałasu pracodawca sporządza i wprowadza w życie program działań organizacyjno-technicznych zmierzających do ograniczenia narażenia na hałas oraz dostosowuje te działania do potrzeb pracowników należących do grup szczególnego ryzyka [2]. Program powinien uwzględniać w szczególności:

- unikanie procesów lub metod pracy powodujących narażenie na hałas i zastępowanie ich innymi, stwarzającymi mniejsze narażenie,
- dobieranie środków pracy o możliwie najmniejszym poziomie emisji hałasu,
- ograniczenie narażenia na hałas takimi środkami technicznymi, jak: obudowy dźwiękoizolacyjne maszyn, kabiny dźwiękoszczelne dla personelu, tłumiki, ekrany i materiały dźwiękochłonne, oraz zastosowanie metod aktywnej redukcji hałasu,
- projektowanie miejsc pracy i rozmieszczenie stanowisk pracy w sposób umożliwiający izolację od źródeł hałasu oraz ograniczający jednoczesne oddziaływanie wielu źródeł na pracownika,
- ograniczenie czasu i poziomu narażenia oraz liczby osób narażonych na hałas przez właściwą organizację pracy, a zwłaszcza stosowanie skróconego czasu pracy lub przerw w pracy i rotacji na stanowiskach pracy.

W przypadku znacznej liczby stanowisk pracy w zakładach przemysłu lotniczego ze względu na charakter prac, które wymagają manualnych działań w pobliżu źródeł hałasu, ograniczenie hałasu za pomocą wymienionych powyżej metod technicznych i organizacyjnych może być utrudnione.

Jeśli uniknięcie lub wyeliminowanie ryzyka zawodowego wynikającego z narażenia na hałas nie jest możliwe za pomocą wymienionych środków technicznych lub organizacji pracy, wówczas pracodawca powinien:

- udostępnić pracownikom środki ochrony indywidualnej słuchu przy przekroczeniu progu działania oraz
- zobowiązać pracowników do stosowania środków ochrony indywidualnej słuchu i nadzorować prawidłowość ich stosowania przy osiągnięciu lub przekroczeniu NDN.

Należy jednak pamiętać, że stosowane na stanowiskach pracy środki ochrony indywidualnej słuchu trzeba odpowiednio dobrać, tzn. m.in. tak, aby za ich pomocą można było wyeliminować ryzyko uszkodzenia słuchu [2]. Oznacza to, że w przypadku ekspozycji pracownika na hałas ochronniki słuchu powinny zapewnić ograniczenie poziomu ekspozycji odniesionego do ośmiogodzinnego dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX,8h}$ ) do wartości 80 dB, co wynika z analizy oczekiwanego trwałego przesunięcia progu słyszenia wskutek ekspozycji na hałas zgodnie z informacjami zamieszczonymi w normie PN-ISO 1999:2000 [5]. W przypadku maksymalnego poziomu dźwięku A ( $L_{Amax}$ ) i szczytowego poziomu dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ) ochronniki słuchu powinny zapewnić ograniczenie hałasu do wartości poniżej NDN.

Aby móc dobrać ochronniki słuchu, czyli wyznaczyć, jaki jest poziom dźwięku A i/lub szczytowy poziom dźwięku C pod ochronnikami słuchu, należy zastosować obliczeniowe metody doboru ochronników słuchu. W przypadku hałasu ustalonego istnieją trzy podstawowe znormalizowane [6] metody doboru ochronników słuchu: metoda pasm oktaowych, metoda HML i metoda SNR. Dobór ochronników słuchu za pomocą każdej z wymienionych metod wymaga znajomości parametrów hałasu na stanowisku pracy oraz parametrów tłumienia ochronników słuchu. W przypadku często występującego na stanowiskach pracy w zakładach przemysłu lotniczego hałasu impulsowego do doboru ochronników słuchu wykorzystuje się metodę, która polega na obliczaniu szczytowego poziomu dźwięku C pod ochronnikami. Stosowany jest wtedy sposób obliczania zawierający uproszczenie polegające na przyporządkowaniu źródła wytwarzającego hałas impulsowy do jednego z trzech typów hałasu [6].

Negatywne oddziaływanie hałasu na organizm człowieka dotyczy przede wszystkim narządu słuchu. Narząd słuchu, czyli ucho, dzieli się na trzy części: ucho zewnętrzne, ucho środkowe i ucho wewnętrzne. Ucho zewnętrzne, składające się z małżowiny usznej i zewnętrznego przewodu słuchowego, odpowiada za przeniesienie dźwięku rozchodzącego się w powietrzu do ucha środkowego. Podstawowe elementy ucha środkowego to błona bębenkowa i trzy kosteczki słuchowe, tj. młoteczek, kowadełko i strzemiączko. Powstałe pod wpływem dźwięku drgania błony bębenkowej są następnie przenoszone przez kosteczki słuchowe do ucha środkowego. Inną niezmiernie ważną funkcją ucha środkowego to ochrona słuchu przed zbyt silnymi dźwiękami z wykorzystaniem mechanizmu tzw. odruchu strzemiączkowego. Mechanizm ten, co jest istotne w przypadku procesów łączenia w zakładach przemysłu lotniczego, nie chroni jednak przed hałasem impulsowym. Długotrwałe narażenia na dźwięki o wysokich poziomach skutkuje nieodwracalnym uszkodzeniem komórek słuchowych będących elementem ucha wewnętrznego i wiąże się z trwałym podwyższeniem progu słyszalności. Uszkodzenie komórek słuchowych rozwija się stopniowo w ciągu lat narażenia na hałas. Konsekwencje przesunięcia progu słyszalności to pogorszenie zrozumiałości mowy, trudności w ocenie głośności dźwięków, utrata zdolności rozróżniania wysokości dźwięku oraz ograniczenie zdolności określania kierunku dochodzenia dźwięku. Skutki oddziaływania hałasu na narząd słuchu zależą przede wszystkim od poziomu ciśnienia akustycznego dźwięku, na który pracownik jest ekspozycyjny, oraz czasu trwania tej ekspozycji. Przykładowo w przypadku hałasu o równoważnym poziomie dźwięku A 85 dB, przy czasie narażenia obejmującym 40 lat (przy ośmiogodzinnym dniu pracy) ryzyko uszkodzenia słuchu wynosi 10% [5]. Bardzo niebezpieczny dla słuchu jest hałas o charakterze impulsowym, którego oddziaływanie na ucho

wewnętrzne nie ogranicza wspomniany już odruch strzemiączkowy. Impulsy o bardzo wysokich poziomach mogą powodować natychmiastowe uszkodzenie struktur anatomicznych narządu słuchu i prowadzić do znacznych ubytków słuchu.

Dodatkowymi negatywnie wpływającymi czynnikami są postępujące z wiekiem osłabienie słuchu, narażenia pozazawodowe oraz występowanie czynników chemicznych ototoksycznych, które wykazują charakter addycyjny z hałasem.

Utrata słuchu spowodowana nadmiernym narażeniem na hałas obecny w miejscu pracy może zostać zakwalifikowana jako choroba zawodowa. Zgodnie z obwieszczeniem Prezesa Rady Ministrów z dnia 4 września 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie chorób zawodowych [7] obustronny trwały odbiorczy ubytek słuchu typu ślimakowego lub czuciowo-nerwowego spowodowany hałasem, wyrażony podwyższeniem progu słuchu o co najmniej 45 dB w uchu lepiej słyszającym, obliczony jako średnia arytmetyczna dla częstotliwości audiometrycznych 1, 2 i 3 kHz jest uznawany za chorobę zawodową.

Ponieważ hałas negatywnie oddziałuje na organizm ludzki, profilaktyczna opieka zdrowotna jest ważną częścią ochrony przed tym zagrożeniem. W przypadku hałasu w obwieszczeniu Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 19 grudnia 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy [8] podano zakres wstępnych, okresowych i kontrolnych badań lekarskich pracowników pracujących w hałasie oraz częstotliwość badań okresowych. Według tego rozporządzenia ogólne badania powinny być przeprowadzane raz na cztery lata, badania otolaryngologiczne i audiometryczne co rok przez pierwsze trzy lata pracy w hałasie, następnie co trzy lata, przy czym w razie ujawnienia w okresowym badaniu audiometrycznym ubytków słuchu charakteryzujących się znaczną dynamiką rozwoju częstotliwość badań audiometrycznych należy zwiększyć, skracając przerwę między kolejnymi testami do jednego roku lub sześciu miesięcy. Natomiast w razie narażenia na hałas impulsowy, który występuje także w przypadku stanowisk pracy w zakładach przemysłu lotniczego, albo hałas, którego równoważny poziom dźwięku A stale lub często przekracza 110 dB, badania audiometryczne należy przeprowadzać nie rzadziej niż raz w roku.

W zakładach lotniczych do ochrony przed hałasem w procesach nitowania stosuje się m.in.: kabiny dźwiękoizolacyjne, ekrany oddzielające stanowiska będące źródłem hałasu, panele lub maty, aktywne ochronniki słuchu i wizualne wskaźniki poziomu dźwięku.

Dodatkowymi źródłami hałasu są pistolety do przedmuchu, odkurzacze przemysłowe, instalacje wentylacyjne lub wentylacje stanowiskowe oraz ręczne młotki służące do dobijania niektórych połączeń nitowanych.

Istotne, aby przy doborze narzędzi: młotków pneumatycznych, wiertarek, pistoletów do przedmuchu uwzględniać te o najniższym poziomie emisji hałasu podawanego przez producenta w instrukcji narzędzia.

Kolejnym aspektem jest konieczność zachowania optymalnego (znamionowego) zasilania narzędzi i ich stanu technicznego – zużyte mogą stanowić dodatkowe źródło hałasu. Ponadto wydłuża się czas wykonywania poszczególnych operacji, a tym samym ekspozycja pracownika na hałas.

## Wytyczne ochrony przed drganiami mechanicznymi

### Ocena wpływu drgań mechanicznych działających przez kończyny górne, występujących w procesach łączenia w przemyśle lotniczym

Drgania mechaniczne (wibracje) definiuje się jako ruch cząstek ośrodka sprężystego względem położenia równowagi w ośrodkach stałych. Przy bezpośrednim kontakcie człowieka z drgającym źródłem drgania są przekazywane do jego organizmu zależnie m.in. od ich amplitudy oraz czasu narażenia na ich działanie i mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia, a nawet życia.

Podczas realizacji procesów łączenia struktur w zakładach przemysłu lotniczego pracownicy narażeni są głównie na drgania mechaniczne działające przez kończyny górne (drgania miejscowe). Źródła takich drgań stanowią wykorzystywane narzędzia ręczne, takie jak wiertarki i młotki udarowe pneumatyczne z podtrzymkami.

### Czynności robocze, przy których występuje zagrożenie drganiami mechanicznymi działającymi przez kończyny górne

Na stanowiskach pracy monterów płatowców przy użyciu wiertarek wykonuje się otwory montażowe, zaś młotki pneumatyczne udarowe wibracyjne z podtrzymkami wykorzystuje się do ręcznego nitowania elementów konstrukcyjnych. Drgania mechaniczne wytwarza się wówczas do realizacji wymienionych procesów technologicznych. Powoduje to jednak, że drgania mechaniczne

z tych narzędzi są dodatkowo przekazywane poprzez rękojeści i elementy pozostające w kontakcie z rękami pracowników do ich organizmów.

### **Charakterystyka drgań mechanicznych występujących w procesach łączenia**

Ze względu na charakter pracy młotków udarowych charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa przyspieszeń drgań zarówno na rękojeściach młotków, jak i na podtrzymkach jest szerokopasmowa. Współczynniki szczytu występujących przyspieszeń drgań osiągają duże wartości, co powoduje, że ocena przyspieszeń drgań na podstawie zmierzonych ich wartości skutecznych może być utrudniona. Rejestrowane skuteczne skorygowane przyspieszenia drgań osiągają wartości z zakresu 1-11  $m/s^2$ .

### **Sposób działania drgań mechanicznych działających przez kończyny górne i jego potencjalne skutki**

Reakcja organizmu człowieka na działanie drgań mechanicznych zależy od wielu czynników, w tym od częstotliwości, a więc od widma drgań występujących na danym stanowisku pracy. Zróżnicowaną reakcję organizmu na drgania w zależności od ich częstotliwości uwzględnia się przez stosowanie charakterystyk korekcyjnych. Po ich zastosowaniu uzyskiwane są skorygowane w dziedzinie częstotliwości wartości skuteczne przyspieszenia drgań (skorygowane wartości przyspieszenia drgań)  $a_{w,RMS}$  w  $m/s^2$ .

### **Skutki biologiczne**

Drgania mechaniczne przenoszone do organizmu człowieka mogą negatywnie oddziaływać bezpośrednio na poszczególne tkanki i naczynia krwionośne bądź też powodować wzbudzenie drgań całego ciała (drgania działające w sposób ogólny) lub jego części, a nawet struktur komórkowych. Długotrwałe narażenie człowieka na drgania może wywołać zaburzenia w organizmie i doprowadzić w konsekwencji do nieodwracalnych zmian chorobowych.

Narażenie na drgania mechaniczne przenoszone do organizmu przez kończyny górne powoduje głównie zmiany chorobowe w układach:

- krążenia krwi (naczyniowym),
- nerwowym,
- kostno-stawowym.



Zespół zmian chorobowych wywołanych działaniem drgań mechanicznych przez kończyny górne, tzw. zespół wibracyjny, jest chorobą zawodową. Zespół wibracyjny może mieć postać naczyniową, kostno-stawową lub mieszaną. Do niedawna najczęściej rejestrowano postać naczyniową, charakteryzującą się napadowymi zaburzeniami krążenia krwi w palcach rąk. Występujące wówczas napadowe skurcze naczyń krwionośnych objawiają się blednięciem opuszki jednego lub kilku palców (choroba białych palców).

W ostatnich latach coraz częściej rozpoznawane są zmiany w układzie kostno-stawowym ręki powstające głównie na skutek działania drgań miejscowych o częstotliwościach mniejszych od 30 Hz. Obserwuje się m.in.: zniekształcenia szpar stawowych, zwapnienia torebek stawowych, zmiany okostnej, zmiany w utkaniu kostnym.

Zmiany w układzie nerwowym powstałe na skutek działania drgań miejscowych to głównie zaburzenia czucia: dotyku, wibracji i temperatury, a także dolegliwości w postaci drętwienia czy mrowienia palców i rąk. Jeżeli narażenie na drgania nie jest przerwane, zmiany pogłębiają się i prowadzą do nieodwracalnych ograniczeń funkcjonalnych i fizjologicznych.

### **Wpływ zagrożenia drganiami mechanicznymi działającymi przez kończyny górne na ryzyko zawodowe**

Oddziaływanie drgań działających przez kończyny górne (także w sposób ogólny) na organizm człowieka może wywołać takie skutki funkcjonalne jak:

- wydłużenie czasu reakcji ruchowej,
- wydłużenie czasu reakcji wzrokowej,
- zakłócenia w koordynacji ruchów,
- nadmierne zmęczenie,
- bezsenność,
- rozdrażnienie,
- osłabienie pamięci.

Niekorzystne zmiany funkcjonalne prowadzą do obniżenia efektywności i jakości wykonywanej pracy, a czasami w ogóle ją uniemożliwiają.

Mimo że ekspozycja na drgania miejscowe w ciągu dnia pracy na stanowiskach pracy monterów płatowców ma charakter przerywany i nie przekracza 30 min, może znacząco wpływać na

ryzyko zawodowe związane z narażeniem na drgania mechaniczne. Ekspozycja na drgania powoduje także wzrost prawdopodobieństwa wystąpienia wypadku.

## **Techniczne i organizacyjne metody prewencji**

Działania mające na celu ograniczenie ryzyka związanego z drganiami mechanicznymi są najbardziej efektywne, gdy obejmują zarówno metody techniczne, jak i organizacyjne. Duże znaczenie ma także profilaktyka medyczna.

### **Metody techniczne**

Przy ograniczaniu narażenia na drgania mechaniczne na stanowiskach pracy monterów płatowców możliwe jest zastosowanie rozwiązań technicznych bezpośrednio lub pośrednio wpływających na zmniejszenie transmisji drgań do organizmu pracownika.

Do pierwszej grupy należy zmiana technologii łączenia elementów konstrukcyjnych z nitowania na np. zgrzewanie lub klejenie. Jednak ze względu na związane z tym koszty takie rozwiązanie bardzo często nie będzie możliwe. Bardziej dostępna jest robotyzacja procesów. Zastąpienie ręcznego nitowania i wiercenia przez operacje wykonywane przez automaty lub półautomaty może właściwie całkowicie wyeliminować narażenie na drgania działające przez kończyny górne. Takie rozwiązanie można jednak zastosować jedynie w przypadku prostych przestrzennie struktur.

Do metod eliminacji drgań u źródła można zaliczyć zmianę materiału, z którego wykonane są standardowe podtrzymki wykorzystywane w procesie ręcznego nitowania. Z badań wynika, że zastąpienie stosowanej stali innym materiałem, np. wolframem, może zauważalnie zmniejszyć przyspieszenie drgań rejestrowanych na podtrzymkach. Dodatkowo można zastosować specjalne maty lub taśmy antywibracyjne. W ofercie producentów są również podtrzymki z rękojeściami i elementami amortyzującymi wykazujące niższy poziom drgań niż stalowe.

Najprostszym rozwiązaniem redukcji drgań działających na pracowników podczas nitowania i wiercenia jest zastosowanie rękawic antywibracyjnych. To rozwiązanie z pogranicza bezpośrednich i pośrednich metod redukcji drgań. Jednak w przypadku drgań udarowych skuteczność takich rękawic może być bardzo ograniczona i zależy od ich prawidłowego doboru. Niestety parametry podawane przez producentów rękawic nie wystarczają, żeby taki dobór przeprowadzić. Dwa współczynniki przenoszenia drgań jedynie informują o tym, że rękawica jest antywibracyjna i spełnia wymagania podane w PN-EN ISO 10819 [9]. Do doboru rękawic do narzędzia potrzeba charak-

terystyk częstotliwościowych zarówno źródła drgań (młotka, podtrzymki, wiertarki), jak i rozpastrywanych rękawic. Dodatkowo problem może stanowić zmiana właściwości antywibracyjnych rękawicy na skutek kompresji pod wpływem udaru umieszczonego w niej materiału redukującego drgania.

Mimo że oczekiwana skuteczność redukcji drgań przez rękawice nie będzie duża, jednak ze względu na swoje właściwości zapewniające komfort termiczny rąk pracowników mogą one poprawić warunki pracy i zmniejszyć prawdopodobieństwo wystąpienia i rozwoju zespołu wibracyjnego. W celu zwiększenia komfortu termicznego rąk pracowników można rozważyć także zastosowanie rękawic wykonanych z materiałów zawierających srebro, które według wyników badań mają korzystny wpływ na układ krążenia, szczególnie narażony podczas działania drgań mechanicznych.

Do grupy metod technicznych wpływających pośrednio na zmniejszenie transmisji drgań do organizmu pracowników na stanowiskach monterów płatowców można zaliczyć zastosowanie manipulatorów i systemów odciążających podczas używania narzędzi ręcznych (np. urządzenia zero G).

Zmniejszenie siły koniecznej do realizacji procesu powoduje zmniejszenie sztywności układu ręka–ramię pracownika i w konsekwencji także zmniejszenie przenoszenia się drgań z ręki do dalszych części ciała. Manipulatory i egzoszkielety mogą być wyposażone dodatkowo w układy redukcji drgań. Zastosowanie takich rozwiązań oprócz tego, że odciąża, zmniejsza również drgania działające na pracowników, poprawiając jednocześnie ergonomię stanowiska pracy. Na takich urządzeniach można także zamontować półautomaty takie jak półautomatyczne praski do nitowania.

### **Metody organizacyjne**

Na stanowiskach pracy monterów płatowców można zastosować takie działania organizacyjne, jak:

- skracanie czasu narażenia na drgania w ciągu dnia pracy,
- stosowanie przerw w pracy i rotacji na stanowiskach pracy,
- szkolenie pracodawców oraz pracowników,
- kontrolowanie czynników sprzyjających rozwojowi zespołu wibracyjnego.

W ograniczeniu ekspozycji na drgania pomocne mogą być dozymetry drgań. Działania polegające na skracaniu czasu pracy i stosowaniu przerw na stanowiskach mają na celu zmniejszenie dziennej ekspozycji na drgania. Przekazywane pracownikom i pracodawcom w ramach szkolenia informacje umożliwią unikanie błędów i niewłaściwego zachowania, jakie mogą zwiększyć ryzyko związane z zagrożeniem drganiami. Kontrolowanie czynników, takich jak niska temperatura, nadmierna wilgotność czy obciążenie fizyczne organizmu, pomaga zminimalizować ryzyko pojawienia się zespołu wibracyjnego (wymienione czynniki sprzyjają rozwojowi tej choroby zawodowej).

### **Profilaktyka medyczna**

Ważnym uzupełnieniem działań technicznych i organizacyjnych mających na celu zminimalizowanie ryzyka związanego z występowaniem drgań w środowisku pracy jest profilaktyka medyczna. Zgodnie z art. 229 Kodeksu pracy [10] pracownicy podlegają wstępnym, kontrolnym i okresowym badaniom lekarskim. Pracodawca nie może dopuścić do pracy pracownika bez aktualnego orzeczenia lekarskiego stwierdzającego brak przeciwwskazań do pracy na określonym stanowisku. Badania te są prowadzone w miarę możliwości w godzinach pracy, a ich koszty pokrywa pracodawca. Zakres wstępnych, okresowych i kontrolnych badań lekarskich, częstotliwość wykonywania badań okresowych oraz zakres profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami określa rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy [8].

Badania profilaktyczne przeprowadza się na podstawie skierowania wydanego przez pracodawcę. Powinno ono określać rodzaj badania profilaktycznego, stanowisko, na którym jest lub ma być zatrudniony pracownik, oraz występowanie na tym stanowisku czynników szkodliwych lub uciążliwych (wraz z danymi pomiarowymi).

Zakres i częstotliwość badań profilaktycznych określono w załączniku do tego rozporządzenia. Dla drgań mechanicznych działających przez kończyny górne badania obejmują:

#### **1. Badania wstępne:**

- badania lekarskie – ogólne, ze zwróceniem uwagi na układy: naczyniowy, nerwowy i kostny w zakresie kończyn górnych,

- badania pomocnicze – próby oziębienia z termometrią skórą i próbą uciskową; ocena czucia wibracji metodą palestezjometryczną; zdjęcia rtg. rąk i stawów łokciowych.

## 2. Badania okresowe:

- badania lekarskie – ogólne, ze zwróceniem uwagi na układy: naczyniowy, nerwowy i kostny w zakresie kończyn górnych,
- badania pomocnicze – próby oziębienia z termometrią skórą i próbą uciskową; ocena czucia wibracji metodą palestezjometryczną; zdjęcia rtg. rąk i stawów łokciowych.

## 3. Ostatnie badania okresowe:

- badania lekarskie – ogólne, ze zwróceniem uwagi na układy: naczyniowy, nerwowy i kostny w zakresie kończyn górnych,
- badania pomocnicze – próby oziębienia z termometrią skórą i próbą uciskową; ocena czucia wibracji metodą palestezjometryczną.

Pierwsze badania okresowe powinny być wykonane po roku pracy, następne co trzy lata. Gdy okres pracy w narażeniu na drgania mechaniczne przekazywane przez kończyny górne trwa krócej niż pięć lat i ostatnie badanie okresowe nie ujawniło zmian wskazujących na rozwój choroby wibracyjnej, nie ma potrzeby powtórnego wykonywania zdjęć rtg. kości rąk i stawów łokciowych.

Przeciwwskazaniami do pracy w narażeniu na drgania miejscowe są np.: choroba Raynauda, choroby naczyniowe w obrębie rąk, wcześniejsze urazy rąk powodujące pogorszenie krążenia lub zniekształcenia kości i stawów, przewlekłe choroby nerwów obwodowych lub układu mięśniowego i kostnego kończyn górnych, choroby reumatoidalne. Badania profilaktyczne mają również na celu wychwycenie wczesnych objawów zmian chorobowych (zespołu wibracyjnego) powstających pod wpływem narażenia na drgania i niedopuszczenie do pogłębiania się choroby.

## Wytyczne ochrony przed zagrożeniami chemicznymi

Zawodowe narażenie na niebezpieczne substancje chemiczne jest przyczyną wielu chorób, m.in.: układu oddechowego, sercowo-naczyniowego, nerwowego, dokrewnego, jak również systematycznie wzrastającej liczby chorób nowotworowych. Stanowią one jeden z najistotniejszych powodów absencji chorobowej pracowników zatrudnionych we wszystkich działach krajowej gospodarki. Często skutkują również trwałą niezdolnością do pracy zawodowej. Ponadto w zakładach pracy obserwuje się wzrost liczby przypadków alergii, astmy i innych chorób na tle uczuleniowym. Dlatego ważne jest systematyczne wdrażanie zamienników czynników rakotwórczych i szkodliwych w postaci mniej szkodliwych substancji, zamiana ciekłej postaci rozpuszczalnika na nasączone nim ściereczki, stosowanie hermetyzacji, wentylacji i myjek przemysłowych oraz specjalnie opracowanych środków ochrony indywidualnej w postaci rękawic i masek lub półmasek z dobranym do danego czynnika filtrem.

Pojawienie się tych chorób jest związane z narażeniem na działanie substancji chemicznych występujących w środowisku pracy. W związku z tą tendencją używanie substancji chemicznych i bezpieczeństwo pracy z nimi staje się coraz większym wyzwaniem. Znajomość właściwości substancji chemicznych, w tym ich właściwości fizycznych i oddziaływania na organizm człowieka, a więc toksyczności oraz rodzaju i drogi narażenia, umożliwia prawidłowy nadzór nad bezpieczeństwem ich stosowania.

Odpowiednie zarządzanie ryzykiem związanym z występowaniem niebezpiecznych substancji chemicznych w przedsiębiorstwach to przede wszystkim poznanie wszystkich zagrożeń związanych z ich występowaniem w miejscu pracy i ograniczanie tych zagrożeń z zastosowaniem odpowiednich środków technicznych, organizacyjnych i medycznych.

Technologie nitowania, zgrzewania oraz klejenia wykorzystywane w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym należą do technologii, w których substancje chemiczne i ich mieszaniny mogą stwarzać zagrożenie dla zdrowia pracowników. Dla zapewnienia bezpieczeństwa i higieny podczas czynności roboczych wykonywanych przez pracowników przedsiębiorstw lotniczych w procesach łączenia materiałów opracowano zalecenia dotyczące zasad postępowania podczas prac z tymi czynnikami.

Analiza stanowisk pracy, stosowanych materiałów, maszyn i urządzeń oraz wyników pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w procesach łączenia materiałów z wykorzystaniem technologii

nitowania, zgrzewania oraz klejenia w przemyśle lotniczym pod kątem zagrożeń stwarzanych dla zdrowia pracowników przez substancje chemiczne i ich mieszaniny (w tym pyły) umożliwiła ustalenie głównych stanowisk, na których ryzyko związane tymi czynnikami powinno być oceniane i utrzymywane na akceptowalnym poziomie.

## **Technologie, w których występuje narażenie na substancje niebezpieczne**

### **Nitowanie**

W technologii łączenia elementów metodą nitowania w przypadkach, gdy konieczne jest zapewnienie szczelności elementów, prowadzi się tzw. hermetyzowanie połączeń. Proces hermetyzacji polega na uszczelnianiu nitowanych elementów kadłubów samolotów uszczelkami przyklejanymi przy użyciu nagrzewnic elektrycznych (tzw. opalarek).

Czynności robocze w procesie hermetyzacji, w których występuje narażenie na substancje chemiczne, to:

- mycie elementów kadłubów samolotów w rozpuszczalnikach – benzynie ekstrakcyjnej, acetonie,
- odtłuszczenie oczyszczonych elementów przed przyklejeniem uszczelek – benzyną ekstrakcyjną, acetonem,
- uszczelnianie połączeń nitowanych uszczelniaczem.

### **Klejenie**

#### **Nanoszenie żywicy na klejone warstwy tkanin zbrojących ułożonych w formie**

Klejenie warstwowe żywicami tkanin zbrojących wykonanych z włókien węglowych i szklanych polega na ich układaniu w formach przy zachowaniu kierunku przebiegu włókien, a następnie na ręcznym smarowaniu żywicami.

Utwardzanie elementów wytwarzanych z zastosowaniem tej technologii odbywa się naturalnie lub termicznie (temperatura utwardzania wynosi od 80 do 130°C). W celu zwiększenia wytrzymałości mechanicznej wytwarzanych elementów do układanych i klejonych tkanin stosowane są porowate pianki usztywniające lub elementy metalowe, które wykorzystuje się również do mocowania różnych mechanizmów i elementów wyposażenia. Jako usztywnienie (zbrojenie) elementu po-



szycia oprócz porowatych lekkich wkładek są także stosowane wkładki z aluminium. Wkładki te wkleja się wewnątrz warstw zbrojących. Czasami wykorzystuje się w tym celu również miejscowe zwiększenie liczby warstw tkanin zbrojących.

Głównymi produktami chemicznymi używanymi w tym procesie są żywice epoksydowe, np. epidian 52 i epidian 53, oraz utwardzacze, np. titylenotetraamina (tzw. utwardzacz Z-1).

### Laminowanie

Większość budowanych obecnie jednostek latających jest wykonana z laminatów epoksydowo-szklanych lub poliestrowo-szklanych z dodatkami włókien węglowych i aramidowych.

W laminowaniu warstwy przesyconej żywicą maty lub tkaniny układa się wewnątrz formy i pozostawia do wyschnięcia, aby w późniejszym czasie poddać je dalszej obróbce. Następnie na pokrytą środkiem antyadhezyjnym formę nanosi się cienką warstwę żywicy z utwardzaczem i nie czekając na jej utwardzenie, układa nośnik w postaci maty (lub tkaniny), po czym kontynuuje proces.

Głównymi produktami chemicznymi stosowanymi w laminowaniu, podobnie jak w klejeniu tkanin, są żywice epoksydowe, np. epidian 52 i epidian 53, oraz utwardzacze, np. titylenotetraamina (tzw. utwardzacz Z-1).

### Piaskowanie w kabinie śrutowniczej

Piaskowanie elementów samolotów lub szybowców jest prowadzone w kabinach śrutowniczych. Wyposażone w szereg urządzeń kabiny umożliwiają sprawny i bezpieczny przebieg całego procesu. Najważniejsze urządzenie to dysza czyszczarki służąca do nanoszenia ścierniwa – jest ona obsługiwana ręcznie przez pracownika, który na bieżąco ocenia stan obrabianej powłoki. W kabinach znajduje się ponadto system wentylacji umożliwiający oczyszczanie ze szkodliwych pyłów powietrza wewnątrz kabiny (co jest szczególnie istotne w przypadku śrutowania suchego, przy śrutowaniu mokrym część pyłu zostaje przechwycona przez strumień wody), a także system odzyskiwania i oczyszczania ścierniwa. Zamknięta kabina śrutownicza ma również odpowiedni system oświetlenia zapewniający optymalne warunki do pracy.

Pomimo nowoczesnych rozwiązań zastosowanych w kabinach śrutowniczych proces pikowania wiąże się z emisją szkodliwych dla zdrowia pracownika pyłów zawierających składniki ścierniwa, a także piaskowanych elementów.

Chociaż substancje chemiczne wchodzące w skład ścierniw stosowanych w kabinach śrutowniczych nie są sklasyfikowane jako stwarzające zagrożenie dla zdrowia, emitowany do powietrza

podczas piaskowania pył może być niebezpieczny ze względu na zawartość krystalicznej krzemionki.

## Malowanie

Malowanie odbywa się w kabinach natryskowych. Przed malowaniem szpachlowane powierzchnie elementów szybowców są szlifowane szlifierkami oscylacyjnymi z wentylacją odciągową (w wykonaniu Ex – przeciwwybuchowym), aby uzyskać odpowiednią gładkość. Do malowania używa się farb akrylowych i stosuje taką samą technologię jak w przemyśle motoryzacyjnym.

Jak wynika z przedstawionych danych dotyczących zagrożenia substancjami chemicznymi i ich mieszaninami stosowanymi w procesach łączenia detali w zakładach przemysłu lotniczego, są to przede wszystkim substancje o działaniu drażniącym na skórę i oczy i uczulającym. Do tej grupy należą żywice epoksydowe i ich składniki oraz utwardzacze, których bardzo duże ilości stosuje się w procesach laminowania i klejenia, jak również aceton i benzyna wykorzystywane do mycia i od tłuszczania metali. Niektóre ze składników żywic jak styren czy 2-(2-aminoetylo amino)-etanol to substancje działające szkodliwie na rozrodczość, styren przy długotrwałym narażeniu powoduje również uszkodzenie narządów słuchu. Natomiast rozpuszczalniki występujące w lakierach stosowanych do malowania to substancje łatwopalne i wykazujące działanie narkotyczne.

W związku z możliwością pojawienia się różnego rodzaju skutków oddziaływania tych substancji na stan zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy w procesach łączenia detali pracodawcy zakładów przemysłu lotniczego powinni dokonywać oceny zagrożeń i podejmować działania ukierunkowane na ograniczanie ryzyka chemicznego dla zapewnienia bezpieczeństwa i higieny pracy.

## **Organizacyjne i techniczne metody prewencji – zalecenia do ograniczania ryzyka zawodowego w procesach łączenia materiałów w przemyśle lotniczym**

### **Środki ochrony zbiorowej przed zagrożeniami chemicznymi i pyłami**

Zgodnie z zaleceniami dyrektyw 89/391/EWG [11] i 98/24/WE [12] priorytetowe jest stosowanie środków ochrony zbiorowej.

Środki ochrony zbiorowej przed zanieczyszczeniami chemicznymi i pyłami to przede wszystkim systemy wentylacji mechanicznej – ogólnej oraz miejscowej. Mają one istotny wpływ na poziom stężeń substancji chemicznych i pyłów w powietrzu na stanowiskach pracy i z tego względu powinny być utrzymywane w stanie technicznym zapewniającym sprawność i niezawodność.

Wymagania ogólne dotyczące funkcjonowania wentylacji w pomieszczeniach i na stanowiskach pracy podano w polskim ustawodawstwie. W celu uzyskania właściwej czystości powietrza w odniesieniu do substancji chemicznych i pyłów należy utrzymywać instalacje wentylacyjne we właściwym stanie technicznym. Utrzymywanie efektywnego działania systemów wentylacyjnych wymaga prowadzenia kontroli parametrów ich pracy oraz systematycznej konserwacji zgodnie z zaleceniami producenta. W przypadku zastosowania wentylacji mechanicznej należy zapewnić odpowiednią konserwację urządzeń, aby nie dopuścić do awarii.

W halach produkcyjnych, w których wydzielają się substancje szkodliwe i pyły, zainstalowane systemy wentylacyjne powinny zapewnić taką wymianę powietrza (właściwą krotność wymian powietrza), aby nie były przekraczane wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń tych czynników chemicznych i pyłów.

Stanowiska pracy w zakładach przemysłu lotniczego, szczególnie te do ręcznego klejenia lub laminowania, należy zaopatrzyć w obudowy częściowe lub instalacje wentylacji miejscowej wyposażone w ssawki, połączone z instalacją oczyszczającą albo urządzeniem wentylacyjnym z odpowiednim filtrem lub sorbentem.

Stosowanie ssawek (odciągów miejscowych) powinno być wspomagane działaniem wentylacji ogólnej. Rodzaj zastosowanego odciągu miejscowego zależy zarówno od umiejscowienia źródła emisji, jak i od rodzaju wydzielającego się zanieczyszczenia. Typy ssawek stosowanych do usuwania zanieczyszczeń są bardzo różne. Przy ich projektowaniu trzeba brać pod uwagę pęd wszystkich cząstek lub cząsteczek gazów, jak również ich prędkości opadania pod wpływem siły grawitacji oraz oporu ośrodka gazowego. W celu uzyskania maksymalnej skuteczności działania ssawka powinna być umieszczona na drodze wyrzucanych zanieczyszczeń. Ma to szczególne znaczenie w przypadku dużych cząstek aerozoli, których energia kinetyczna może spowodować przemieszczenie zanieczyszczeń poza pole działania ssawki. Skuteczność działania ssawki w dużym stopniu zależy od właściwie dobranej odległości od źródła emisji i prędkości porywania zanieczyszczeń. Zasięg skutecznego działania ssawki jest zwykle niewielki i wynosi kilkadziesiąt centymetrów. Inne istotne elementy instalacji odciągów miejscowych to urządzenia wentylacyjne wyposażone w filtry powietrza

lub odpowiednie sorbenty umożliwiające odciąganie zanieczyszczeń u źródła ich emisji. Odpowiadają one za jakość powietrza odprowadzanego lub doprowadzanego przez systemy oczyszczające.

Ważne dla bezpieczeństwa procesu jest zapewnienie, aby mieszanina par lub pyłów nie powstawała pomiędzy dolną granicą wybuchowości (DGW) a górną granicą wybuchowości (GGW), w której dostarczenie iskry powoduje wybuch.

Stosowane obuwie i odzież, a także posadzki powinny mieć właściwości antyelektrostatyczne.

W przypadku środków o działaniu drażniącym trzeba zapewnić urządzenia do płukania oczu.

Ogólną zasadą w przypadku stosowania substancji chemicznych jest postępowanie zgodnie z aktualnymi kartami charakterystyki (w języku polskim).

### Środki ochrony indywidualnej

Gdy zastosowane środki ochrony zbiorowej nie zapewniają wymaganej ochrony, należy sięgnąć po odpowiednie do rodzaju i poziomu stężeń substancji chemicznych i pyłów środki ochrony indywidualnej.

Odpowiedzialność za stosowanie środków ochrony indywidualnej na stanowisku pracy ponosi pracodawca, którego podstawowe obowiązki i zakres odpowiedzialności obejmują: nieodpłatne dostarczenie pracownikom środków ochrony indywidualnej, dobór odpowiednich środków ochrony indywidualnej do istniejących zagrożeń na podstawie wyników przeprowadzonej analizy i oceny ryzyka, przeszkolenie pracowników w zakresie stosowania środków ochrony indywidualnej, a także zapewnienie odpowiednich procedur przechowywania, czyszczenia, dekontaminacji i utrzymania oraz konieczne naprawy środków ochrony indywidualnej.

Pracodawca jest również zobowiązany do określenia warunków stosowania środków ochrony indywidualnej. Wytyczne powinny uwzględniać poziom ryzyka, częstotliwość narażenia, charakterystykę każdego stanowiska pracy i efektywność środka ochrony indywidualnej.

Głównym zagrożeniem związanym z procesami łączenia materiałów w przemyśle lotniczym jest uczulające i drażniące działanie stosowanych substancji chemicznych. W związku z tym należy zwrócić szczególną uwagę na stosowanie dobranej odzieży ochronnej i rękawic ochronnych oraz masek lub półmasek z prawidłowo dobranymi układami filtracyjnymi.

## Dobór środków ochrony indywidualnej przed czynnikami chemicznymi

Podstawowe zasady doboru i stosowania środków ochrony indywidualnej (ŚOI) w środowisku pracy są zawarte w dyrektywie 89/656/EWG [13] i rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy [14]. Przy doborze ŚOI należy kierować się ich zgodnością z zasadniczymi wymaganiami bezpieczeństwa ujętymi w rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady UE w sprawie środków ochrony indywidualnej [15], zastępującym dyrektywę 89/686/EWG [16]. Zgodnie z tym rozporządzeniem wszystkie rodzaje ŚOI mają chronić przed zagrożeniami zaliczanymi do II i III kategorii ryzyka, która obejmuje zagrożenia mające poważne konsekwencje, takie jak śmierć lub nieodwracalne szkody na zdrowiu, związane m.in. z oddziaływaniem niebezpiecznych dla zdrowia substancji i mieszanin chemicznych oraz pyłów. Wyroby takie powinny być oznakowane znakiem „CE” i mieć certyfikat badania typu UE, co potwierdza, że sprzęt ten spełnia podstawowe wymagania normy zharmonizowanej.

Poniżej podano praktyczne wskazówki dla pracodawców zakładów lotniczych, w których są realizowane procesy łączenia, co do doboru środków ochrony indywidualnej, przede wszystkim odzieży ochronnej i rękawic do prac z chemikaliami.

### Krok pierwszy

Sporządź listę substancji chemicznych i mieszanin, a następnie oceń ryzyko, które wynika z narażenia na te czynniki.

Zidentyfikuj działania i osoby, których dotyczy narażenie na stosowane lub wydzielające się substancje chemiczne, i określ czas narażenia.

Rozważ, czy bezpieczne warunki pracy mogą być zapewnione przez zastosowanie innych środków (np. zmiana procesu, sprzętu, organizacji pracy, stosowanych materiałów, zmodyfikowanie procedury postępowania, zastosowanie środków ochrony zbiorowej).

### Krok drugi

Sporządź listę stwarzanych przez substancje lub preparaty chemiczne zagrożeń, których nie można ograniczyć lub wyeliminować przez zastosowanie rozwiązań innych niż wyposażenie pracowników w środki ochrony indywidualnej.

Oceń ryzyko resztkowe wynikające z narażenia na te czynniki.

Określ działania i osoby, których dotyczy narażenie dermalne na zidentyfikowane czynniki chemiczne. Uwzględnij:

- części ciała, które należy chronić (ramiona, przednia część ciała, całe ciało, dłonie),
- organizację pracy,
- warunki klimatyczne,
- zagrożenia dodatkowe, niezwiązane z koniecznością stosowania środków ochrony indywidualnej (np. sposób i miejsce rozbierania się z odzieży zanieczyszczonej chemikaliami),
- cechy charakteryzujące użytkownika (np. uwarunkowania psychologiczne związane z ograniczeniem widoczności przez wizjer kombinezonu),
- czas pracy i inne specyficzne parametry, które mogą niekorzystnie wpływać na zdrowie i dobre samopoczucie pracownika (np. duża potliwość w szczelnej odzieży).

### Krok trzeci

Wybierz odpowiednią odzież i rękawice ochronne (i jeśli ma to zastosowanie, inne środki ochrony indywidualnej, np. ochronę dróg oddechowych w razie występowania substancji rakotwórczych), uwzględniając podane dalej wytyczne.

Upewnij się, czy środki ochrony indywidualnej spełniają zasadnicze wymagania bezpieczeństwa i ochrony zdrowia w obszarze projektowania i produkcji (zgodność z dyrektywą 89/686/EWG i rozporządzeniem). Środki ochrony indywidualnej powinny być oznakowane znakiem „CE”, a środki zaliczane do kategorii II i III – mieć certyfikat oceny typu WE.

Upewnij się, że środki ochrony indywidualnej są odpowiednie do faktycznie występujących zagrożeń:

- wybierz odpowiednią normę europejską, w której określono poziomy skuteczności właściwe do rodzaju i intensywności zagrożeń (np. strumień cieczy, długotrwała mgła w powietrzu),
- określ wymagany poziom ochrony (w odniesieniu do odpowiednich części ciała) w sposób szczegółowy i ogólny dla każdego typu środków ochrony indywidualnej (poziom niski, średni lub wysoki).

W odniesieniu do odzieży należy wymienić kolejne wymagania:

- stosowanie tych środków nie powinno powodować wzrostu zagrożeń (np. środki ochrony indywidualnej powinny charakteryzować się właściwościami antyelektrostatycznymi, gdy ist-

nieje ryzyko wybuchu; muszą być trudnopalne, jeśli mają kontakt z substancjami łatwopalnymi),

- powinny spełniać wymagania ergonomii i uwzględniać stan zdrowia użytkownika (stosowanie odzieży typu 1 i 2 powinno być poprzedzone ćwiczeniami lub treningiem fizycznym w odpowiednich symulatorach – np. służby ratownictwa chemicznego w sytuacjach awaryjnych),
- po odpowiednim wyregulowaniu powinno dać się dopasować je do użytkownika (dopasowanie kaptura do owalu twarzy, zaciągnięcie pasów regulacyjnych w obwodzie talii i nóg itp.).

Jeżeli na stanowisku pracy występuje więcej niż jedno zagrożenie, w konsekwencji czego konieczne jest stosowanie więcej niż jednego typu środków ochrony indywidualnej, ochrony powinno się tak zaprojektować, aby były wzajemnie kompatybilne i nie powodowały ograniczenia właściwości ochronnych innych ochron.

### **Ważne dodatkowe wskazówki**

Konsultuj z pracownikami lub przedstawicielami pracowników ich oczekiwania związane ze środkami ochrony indywidualnej.

Przechowuj informacje na temat poziomów skuteczności, jak również informacje producenta przekazywane wraz z odzieżą, dostępne u potencjalnych dostawców.

Przed ostatecznym doбором sprawdź, czy środki ochrony indywidualnej są odpowiednie do istniejących warunków pracy.

Uwzględnij wszelkie zagrożenia, jakie mogą wynikać ze stosowania środków ochrony indywidualnej, ich wpływ na fizjologię, komfort użytkowania, możliwość występowania alergii, fizyczną zdolność oraz ograniczenia medyczne dotyczące ich stosowania.

Pamiętaj, że źródłem informacji na temat niedoskonałości czy defektów stosowanych środków ochrony indywidualnej jest również dokumentacja dotycząca wypadków przy pracy i zdarzeń potencjalnie wypadkowych.

Rozważ koszt użytkowania sprzętu, w tym koszt zakupu.

Sprawdź, jaki rodzaj usług w zakresie utrzymania i wymiany części zamiennych ma w swojej ofercie producent. Upewnij się, czy procedury te mają zastosowanie do środków ochrony indywidualnej.



## Profilaktyka organizacyjna

W zakładach przemysłu lotniczego ze względu na możliwość występowania na wielu stanowiskach pracy w procesach łączenia materiałów substancji chemicznych o działaniu drażniącym i uczulającym (np. żywice epoksydowe, utwardzacze aminowe), a także działających szkodliwie na rozrodczość i wykazujących działanie narkotyczne należy:

- ograniczyć w miarę możliwości liczbę osób oraz czas pracy w warunkach narażenia na substancje chemiczne,
- poinformować pracowników o źródłach narażenia na substancje drażniące i uczulające oraz działające szkodliwie na rozrodczość, ryzyku zawodowym oraz rodzaju potencjalnych skutków zdrowotnych i prawdopodobieństwie ich wystąpienia,
- przeszkolić personel w zakresie sposobu postępowania z preparatami chemicznymi,
- zapewnić bezpieczne gromadzenie, przechowywanie oraz oznakowanie preparatów chemicznych,
- zapewnić bezpieczne niszczenie odpadów produkcyjnych,
- zapewnić karty charakterystyk niebezpiecznych preparatów chemicznych i udostępnić je pracownikom.

Ze względu na narażenie pracowników na niebezpieczne substancje chemiczne i pyły, często na kilka substancji jednocześnie, pracodawcy powinni zapewnić przeprowadzanie badań i okresowych pomiarów tych czynników zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy:

- co najmniej raz w roku – w razie stwierdzenia w ostatnio przeprowadzonym badaniu stężenia substancji szkodliwej dla zdrowia powyżej 0,5 wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia,
- co najmniej raz na dwa lata – w razie stwierdzenia w ostatnio przeprowadzonym badaniu stężenia substancji szkodliwej dla zdrowia od 0,1 do 0,5 wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia,
- w każdym przypadku wprowadzenia zmiany w warunkach występowania czynnika.

W razie występowania w środowisku pracy substancji o działaniu rakotwórczym (lub mutagenym) pracodawca jest obowiązany do pomiarów stężeń tych substancji:

- co najmniej raz na trzy miesiące – jeśli stwierdzono w ostatnio przeprowadzonym pomiarze stężenie substancji rakotwórczej powyżej 0,5 wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia,

- co najmniej raz na sześć miesięcy – jeśli stwierdzono w ostatnio przeprowadzonym pomiarze stężenie substancji rakotwórczej od 0,1 do 0,5 wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia określonego w odrębnych przepisach.

Pracodawca może odstąpić od okresowych pomiarów stężeń substancji szkodliwych, jeżeli wyniki dwóch ostatnio przeprowadzonych pomiarów nie przekraczały 0,1 wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia, a w procesie technologicznym lub w warunkach występowania czynnika nie zaszły zmiany mogące wpływać na wielkość stężenia tej substancji.

W razie stwierdzenia przekroczeń najwyższych dopuszczalnych stężeń czynników szkodliwych dla zdrowia pracodawca powinien określić przyczyny, możliwie najszybciej wprowadzić środki zaradcze oraz zapewnić monitorowanie stężeń tych czynników do czasu osiągnięcia ich poziomów zgodnych z odpowiednimi wartościami dopuszczalnymi. Uwaga ta dotyczy też czynników rakotwórczych, jak również przypadku, gdy suma ilorazów średnich stężeń i odpowiednich wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń (łączne narażenie) przekracza 1.

### **Profilaktyka medyczna**

W profilaktyce medycznej pracowników zatrudnionych na stanowiskach łączenia materiałów stwarzających zagrożenie dla zdrowia z powodu stosowania wielu substancji chemicznych i ich mieszanin sklasyfikowanych jako drażniące, uczulające lub działające narkotycznie szczególną uwagę należy zwrócić na badania wstępne i okresowe.

Informacje dotyczące badań okresowych i przeciwwskazań do pracy z czynnikami chemicznymi są publikowane w czasopiśmie *Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy* w dokumentacjach dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego.

Celem działań profilaktyki medycznej w stosunku do osób narażonych na szkodliwe substancje chemiczne w procesach łączenia materiałów w zakładach lotniczych jest przede wszystkim zapobieganie skutkom działania substancji drażniących i uczulających. W przypadku rozpoznania lub podejrzenia u pracownika zmian w stanie zdrowia, o których można przypuszczać, że powstały w wyniku narażenia zawodowego na działanie substancji rakotwórczych, pracodawca jest zobowiązany do zlecenia dodatkowych badań.

## Zalecenia w zakresie szkoleń

Wszyscy pracownicy mający kontakt z substancjami chemicznymi muszą być szczegółowo poinformowani i przeszkoleni, aby osiągnęli wysoki poziom wiedzy i kwalifikacji w zakresie pracy z substancjami chemicznymi stosowanymi na wszystkich etapach produkcji. Wiedza ta powinna dotyczyć:

- zagrożeń dla zdrowia pracownika, z uwzględnieniem specyficznych zagrożeń dla kobiet wynikających ze stosowania niebezpiecznych substancji chemicznych, przede wszystkim rakotwórczych, drażniących, żrących i uczulających,
- zasad bezpiecznej pracy z chemikaliami,
- magazynowania chemikaliów,
- postępowania z odpadami chemicznymi,
- postępowania w razie wycieku lub pożaru.

## Wytyczne ochrony przed zagrożeniami biomechanicznymi

Układ mięśniowo-szkieletowy człowieka umożliwia przede wszystkim wykonywanie pracy o charakterze fizycznym. Jednakże zarówno praca typowo fizyczna, jak i praca o mniejszym obciążeniu, np. praca siedząca, wymagają, aby układ mięśniowo-szkieletowy był zdrowy.

Związane z pracą czynniki wpływające na obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego wynikają głównie z:

- pozycji podczas pracy,
- siły zewnętrznej lub masy ładunku przemieszczanego przez pracownika,
- czasu utrzymywania obciążenia lub częstości wykonywania czynności pracy.

Pozycja przyjmowana podczas pracy zależy od konstrukcji stanowiska pracy, konieczności wykonywania określonych czynności przez pracownika oraz jego wymiarów antropometrycznych. Przy czym ważne jest, aby stanowisko pracy i wykonywane przez pracownika czynności nie narzucały konieczności utrzymywania niewygodnych pozycji jak np. skręt lub pochylenie tułowia. Tego typu pozycje powodują występowanie dużych wartości sił ściskających i tnących oraz momentów

sił w kręgosłupie oraz w stawach kończyn górnych i dolnych. Siły te są bezpośrednią przyczyną powstawania urazów i dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego.

Poziom siły zewnętrznej wywieranej na stanowisku pracy lub masa ładunku przemieszczanego przez pracownika powinny być określone w odniesieniu do jego indywidualnych możliwości siłowych. Możliwości siłowe określa się przez wartość siły maksymalnej, która zależy od: typu aktywności siłowej (np. pchanie, ciągnięcie, podnoszenie), pozycji ciała pracownika oraz jego cech indywidualnych, takich jak płeć, wiek, stan zdrowia, trening.

W zakresie czasu utrzymywania obciążenia lub częstości wykonywania czynności pracy należy uwzględnić, że stanowiska pracy powinny być zorganizowane w taki sposób, aby można było uniknąć obciążenia statycznego, jak również zbyt dużej powtarzalności ruchów. Dla wielu czynności pracy istnieje optymalna częstość powtórzeń i jest ona uzależniona od tego, jakie części ciała angażuje się w wykonywanie czynności.

Optymalna częstość powtórzeń powinna uwzględniać wartość siły zewnętrznej i pozycję ciała podczas pracy.

Ze względu na charakter czynności pracy wykonywanych przez pracownika w zakładzie pracy: brak wymuszonego tempa pracy zależnego od cyklu pracy maszyny lub linii produkcyjnej oraz ograniczenia przestrzeni pracy bardzo istotnym elementem jest wiedza pracownika o sposobie wykonywania pracy zgodnym z zaleceniami ergonomii. Jednak bez takiej wiedzy pracodawcy i służb BHP bardzo trudno wprowadzić w przedsiębiorstwie odpowiednie procedury ograniczające obciążenie pracowników na stanowiskach pracy.

Ograniczenie przestrzeni pracy bardzo często wymusza wykonywanie pracy w pozycji nienaturalnej i/lub niewygodnej. W takim przypadku bardzo duże znaczenie ma przeszkolenie pracownika i wyrobienie u niego nawyków pracy w jak najbezpieczniejszej pozycji, częstej jej zmiany oraz robienia krótkich przerw mających na celu zmniejszenie obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego.

Pomocnym elementem w zakresie ograniczenia wpływu wymuszonej i/lub niewygodnej pozycji na obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego jest brak wymuszonego przez maszynę tempa pracy.

Praca powinna odbywać się w pozycji możliwie najbardziej zbliżonej do naturalnej (wyprostowane plecy, ramiona blisko tułowia, nogi wyprostowane w pozycji stojącej lub swobodnie podparte na podłodze w pozycji siedzącej). W przypadku pracy w wymuszonej i/lub niewygodnej pozycji ciała należy jak najbardziej ograniczyć czas utrzymywania takiej pozycji (krótkie przerwy, zamiana

miejsc pracy pomiędzy pracownikami – rotacje na stanowiskach pracy) oraz siłę używaną przez pracownika (zastosowanie urządzeń wspomagających).

### **Wymuszone pozycje ciała**

Wiele operacji w procesach łączenia, zwłaszcza nitowanie oraz wiercenie, jest wykonywanych przez pracowników w wymuszonej warunkami zewnętrznymi pozycji ciała. Uciążliwość tych prac wynika przede wszystkim ze żmudnych, powtarzanych wielokrotnie czynności wykonywanych w stałej, często niewygodnej pozycji, wymagających jednocześnie precyzji i skupienia uwagi, a często także koordynacji między współpracownikami. Mogą to być prace wykonywane w belce ogonowej i innych ciasnych przestrzeniach statków powietrznych, a także z podestów lub bezpośrednio na zewnątrz kadłubów. We wszystkich przypadkach ze względu na łączenie konstrukcji lotniczych dużą liczbą nitów umiejscowionych na niewielkiej powierzchni (w celu uzyskania odpowiedniej wytrzymałości połączeń) pracownik jest zmuszony długi czas przebywać w stałej pozycji ciała.

Do typowych należą prace wykonywane przez pracowników w pozycji: stojącej, siedzącej, leżącej na plecach oraz w pozycji kucznej lub klęczącej.

Najmniej uciążliwa z wyżej wymienionych wydaje się pozycja stojąca, jednak również w niej występują uciążliwości związane np. z koniecznością operowania uniesionymi do góry i obciążonymi narzędziami rękoma.

Pracujący przez dłuższy czas w pozycji siedzącej często uskarżają się na zmęczenie kręgosłupa, co jak się wydaje, wynika z konieczności wielokrotnego pochylania się do przodu.

Pozycja leżąca na plecach to duże utrudnienie dla pracownika ze względu na konieczność realizacji prac z uniesionymi do góry i obciążonymi narzędziami rękoma. W pozycji tej występuje zwiększone ryzyko zaprószenia oczu podczas wiercenia lub szlifowania. Pracownicy narażeni są na uderzenia spadającymi na nich z góry narzędziami i przedmiotami używanymi przez innych pracowników wykonujących w tym samym czasie prace w górnej części kadłuba lub innego montowanego podzespołu. Podczas realizacji tego typu operacji wykorzystuje się, gdy to możliwe, odpowiednie urządzenia pomocnicze, np. wózki (podobne do tych w zakładach mechaniki pojazdowej). Stosuje się również przerwy w pracy oraz zwraca uwagę na właściwą koordynację prac zespołu pracowników uczestniczących w montażu.

Prace wykonywane w pozycji kucznej lub klęczącej należą do najbardziej uciążliwych i są przez pracowników nie lubiane i uznawane za męczące i powodujące drętwienie kończyn dolnych.

## Uwagi dotyczące oceny obciążenia statycznego i wymuszonych pozycji ciała

Praca w wymuszonej pozycji ciała powoduje większe niż zazwyczaj obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego i dotyczy tak zwanego obciążenia pozycją przy pracy (powszechnie określanego jako obciążenie statyczne). W przypadku braku możliwości zmiany organizacji pracy należy szczególną uwagę zwrócić na wiedzę pracodawcy, służb BHP oraz samych pracowników o obciążeniach układu mięśniowo-szkieletowego podczas pracy. W przypadku, gdy pracownicy wykonują pracę w pozycji wymuszonej, należy regularnie ich szkolić w zakresie dostosowywania stanowiska pracy do własnych możliwości i potrzeb, a w szczególności właściwej pozycji przy pracy. Pozycja powinna być dostosowywana indywidualnie, a w przypadkach, gdy jest wymuszona, należy za każdym razem dostosować ją przed rozpoczęciem pracy.

Ponadto pracownicy powinni wiedzieć, jaką pozycję przyjąć podczas wykonywania poszczególnych czynności pracy i jak dobrze wykorzystać powierzone im odpowiednio dobrane pomoce (podpory, krzesła, wózki do leżenia itp.). Niezbędne jest w tym odpowiednie szkolenie pracowników.

W przypadku wykonywania czynności w pozycji kucznej lub klęczącej trzeba wyposażyć pracowników w środki ochrony stawów kolanowych. Gdy praca tego typu jest wykonywana często, ochrony te należy dobrać do indywidualnych możliwości i potrzeb pracowników. Niezbędne jest także odpowiednie szkolenie.

Wskazane jest opracowanie zestawu ćwiczeń ze specjalistą fizjoterapeutą. Ponadto pomocne mogą być specjalistyczne regulowane krzesła do pozycji półleżącej, maty przeciwmęczeniowe i wykorzystywanie egzoszkieletu.

## Bibliografia

- [1] PN-EN ISO 12100:2012 Bezpieczeństwo maszyn – Ogólne zasady projektowania – Ocena ryzyka i zmniejszanie ryzyka.
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 sierpnia 2005 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na hałas lub drgania mechaniczne (Dz.U. z 2005 r., Nr 157, poz. 1318).
- [3] PN-N-01307:1994 Hałas – Dopuszczalne wartości parametrów hałasu w środowisku pracy – Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
- [4] Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2018 r., poz. 1286).
- [5] PN-ISO 1999:2000 Akustyka – Wyznaczanie ekspozycji zawodowej na hałas i szacowanie uszkodzenia słuchu wywołanego hałasem.

- [6] PN-EN 458:2016 Ochronniki słuchu – Zalecenia dotyczące doboru, użytkowania, konserwacji codziennej i okresowej – Dokument przewodni.
- [7] Obwieszczenie Prezesa Rady Ministrów z dnia 4 września 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie chorób zawodowych (Dz.U. z 2013 r., poz. 1367).
- [8] Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 4 listopada 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (Dz.U. z 2016 r., poz. 2067).
- [9] PN-EN ISO 10819:2013-12 Drgania i wstrząsy mechaniczne – Drgania oddziałujące na organizm człowieka przez kończyny górne – Pomiar i ocena współczynnika przenoszenia drgań przez rękawice na dłoń operatora.
- [10] Ustawa z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (tekst jednolity: Dz.U. z 2016 r., poz. 1666).
- [11] Dyrektywa Rady z dnia 12 czerwca 1989 r. w sprawie wprowadzenia środków w celu poprawy bezpieczeństwa i zdrowia pracowników w miejscu pracy (89/391/EWG).
- [12] Dyrektywa Rady 98/24/WE z dnia 7 kwietnia 1998 r. w sprawie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa pracowników przed ryzykiem związanym ze środkami chemicznymi w miejscu pracy (czternaście dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/931/EWG).
- [13] Dyrektywa Rady 89/656/EWG z dnia 30 listopada 1989 r. w sprawie minimalnych wymagań w dziedzinie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników korzystających z wyposażenia ochronnego (trzecia dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG).
- [14] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (tekst jednolity: Dz.U. z 1997 r., Nr 169, poz. 1650 ze zm.).
- [15] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2016/425 z dnia 9 marca 2016 r. w sprawie środków ochrony indywidualnej.
- [16] Dyrektywa Rady z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do wyposażenia ochrony osobistej (89/686/EWG).