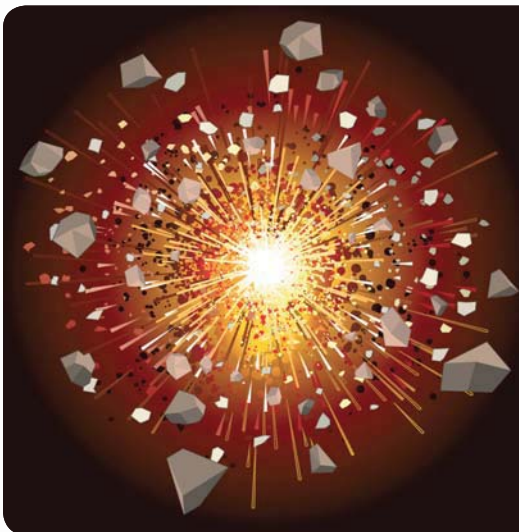


dr inż. RAFAŁ MŁYŃSKI  
 dr hab. inż. JAN ŻERA  
 mgr inż. EMIL KOZŁOWSKI  
 Centralny Instytut Ochrony Pracy  
 – Państwowy Instytut Badawczy

# Zagrożenie hałasem impulsowym wytwarzanym w przemyśle oraz podczas strzałów i eksplozji



Fot. Pllart/Bigstockphoto

Hałas impulsowy jest zagrożeniem dla słuchu występującym na wielu stanowiskach pracy, najczęściej związanych z obróbką metali oraz w obecności wystrzałów bądź eksplozji. Należy mieć na uwadze, że w przypadku silnych impulsów istnieje możliwość spowodowania trwałego ubytku słuchu nawet po jednej ekspozycji. W artykule przedstawiono właściwości hałasu impulsowego wytwarzanego przez 37 źródeł hałasu typowych dla przemysłu i zastosowań militarnych. Obliczono też liczbę minut lub dopuszczalną liczbę strzałów/explozji, na jakie mógłby być ekspozowany pracownik na określonym stanowisku pracy.

## Threat posed by impulse noise produced by the industry and during explosions

Impulse noise encountered at workplaces, usually related to either metal processing or gunshots and explosions, is a threat to hearing. It should be noted that strong impulses can induce a hearing loss even if caused by a single exposure. The article discusses properties of impulse noise generated by 37 sources typically found in the industry or at the military. The number of minutes and the admissible number of either gunshots or explosions towards which an employee might be exposed at a certain workstation was calculated and provided.

## Wstęp

Zagrożenie hałasem impulsowym jest problemem, który występuje na wielu stanowiskach pracy w przemyśle oraz w wojsku. Hałas impulsowy stanowi poważniejsze zagrożenie dla narządu słuchu niż hałas ustalony, ponieważ w skrajnym przypadku nawet pojedynczy impuls akustyczny może spowodować natychmiastowy trwały ubytek słuchu. Większa skala zagrożenia powodowana hałasem impulsowym o podobnym, co hałas ustalony, równoważnym poziomie dźwięku została udowodniona pomiarami ubytków słuchu. W populacji osób ekspozowanych na hałas impulsowy były one większe niż w populacji ekspozowanej na hałas ustalony [1-3].

Profilaktyka prowadząca do ograniczenia ryzyka uszkodzenia słuchu wyodrębnia hałas impulsowy jako specyficzny rodzaj hałasu, stanowiący szczególne zagrożenie dla narządu słuchu. W przemyśle zagrożenie hałasem impulsowym występuje głównie w przetwórstwie przemysłowym na stanowiskach obsługi pras, dziurkarek, zakuwarek, młotów, gwoździarek i znakowników, a także w górnictwie. W wojsku

hałas impulsowy powodowany wystrzałami z broni palnej podczas ćwiczeń poligonowych stanowi zagrożenie dla słuchu żołnierzy i pracowników cywilnych obsługi technicznej. Hałas ten stanowi także zagrożenie podczas pracy służb mundurowych, na stanowiskach pracy testowania broni i w trakcie badań właściwości materiałów wybuchowych. Zagrożenie hałasem impulsowym dotyczy również sportów związanych ze strzelectwem.

Najważniejszą wielkością opisującą właściwości hałasu impulsowego jest szczytowy poziom dźwięku C ( $L_{Cpeak}$ ). Hałas ustalony jest natomiast charakteryzowany przede wszystkim przez uśredniony w czasie tzw. równoważny poziom dźwięku A ( $L_{Aeq}$ ) i wyznaczany na jego podstawie poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnej dobowego wymiaru czasu pracy ( $L_{EX, 8h}$ ). Wartości dopuszczalne (NDN) [4], których przekraczanie oznacza zagrożenie hałasem wynoszą: 85 dB w przypadku  $L_{EX, 8h}$  oraz 135 dB w przypadku  $L_{Cpeak}$ . Na stanowiskach pracy hałas impulsowy występuje często na tle hałasu ustalonego, ponieważ lokalizowane w jednej hali maszyny wytwarzają oba rodzaje hałasu.

W przypadku hałasu impulsowego często ma miejsce sytuacja, gdy dopuszczalna wartość  $L_{EX, 8h}$  jeszcze nie jest przekroczona, natomiast przekroczona jest dopuszczalna wartość  $L_{Cpeak}$ , świadcząca o dużej chwilowej amplitudzie hałasu, mogącej być przyczyną nagłego powstania ubytku słuchu. W przypadku występowania na stanowisku pracy hałasu o charakterze impulsowym możliwe jest także wystąpienie przekroczenia dopuszczalnego poziomu ekspozycji  $L_{EX, 8h}$  bez przekroczenia szczytowego poziomu dźwięku C.

Do oceny zagrożenia zarówno hałasem ustalonym, jak i impulsowym stosuje się zatem wartości  $L_{EX, 8h}$  i  $L_{Cpeak}$ , a także zgodnie z rozporządzeniem ministra pracy i polityki społecznej [4] trzecią wartość, tj. wartość maksymalnego poziomu dźwięku A,  $L_{Amax} = 115$  dB.

## Objekt badań

Celem przeprowadzonych w CIOP-PIB badań była ocena zagrożenia hałasem przez różne źródła hałasu impulsowego spotykane zarówno w zastosowaniach militarnych, jak i w przemyśle. Scharakteryzowano hałas impulsowy



Fot. 1. Zakuwarka  
Photo 1. Tube pointer



Fot. 2. Młot parowo-matrycowy  
Photo 2. Steam-driven matrix hammer



Fot. 3. Prasa mimośrodkowa  
Photo 3. Eccentric press

wytwarzany przez trzy rodzaje karabinów maszynowych, lufę balistyczną i zapalnik granatu ręcznego. Badane rodzaje hałasu impulsowego typowe dla warunków militarnych obejmowały także hałas powstający przy strzałach z moździerza 98 mm i granatnika ręcznego. Hałasem wytwarzanym przez wymienione źródła mogą być zagrożeni nie tylko żołnierze, ale również pracownicy cywilni na stanowiskach pracy związanych z testowaniem lub konserwacją broni.

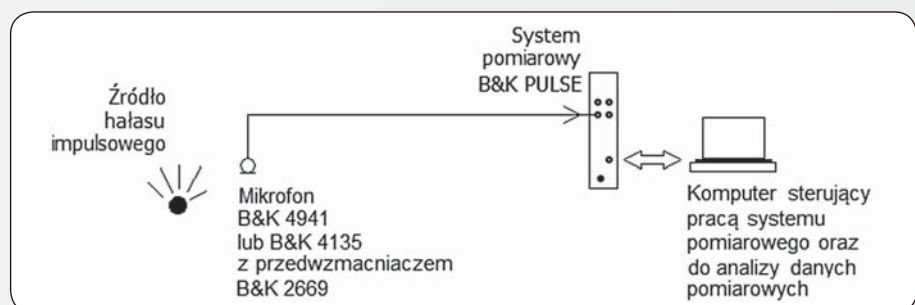
Badaniami objęto poza tym hałas impulsowy występujący podczas eksplozji trotylu, heksogenu Hx i saletrolu. W przypadku materiałów wybuchowych zagrożeni hałasem impulsowym mogą być pracownicy testujący ich właściwości, a także pracownicy z sekcji budownictwa (wyburzenia budynków) i górnictwa. Dalsze badania obejmowały pomiary hałasu impulsowego wytwarzanego przez amunicję używaną poza zastosowaniami militarnymi: sportową, myśliwską oraz stosowaną przez służby porządkowe hukową i gumową.

Badania hałasu impulsowego występującego powszechnie w przemyśle obejmowały także jego źródła, jak: zakuwarki (stosowane do zakuwania nitów), młoty parowo-matrycowe, prasy hydrauliczne, prasy mimośrodkowe, maszynę przycinająco-wyginającą, nożyce gilotynowe, urządzenia na linii cięcia blachy, zagęszczarkę i młot pneumatyczny. Zbadano także hałas impulsowy występujący przy rzucaniu rur do koszy, podczas uderzeń młotem o elementy stalowe oraz podczas ręcznego znakowania butli stalowych. Łącznie scharakteryzowano 37 źródeł hałasu impulsowego (przykłady tych źródeł pokazano na fot. 1.-4.).



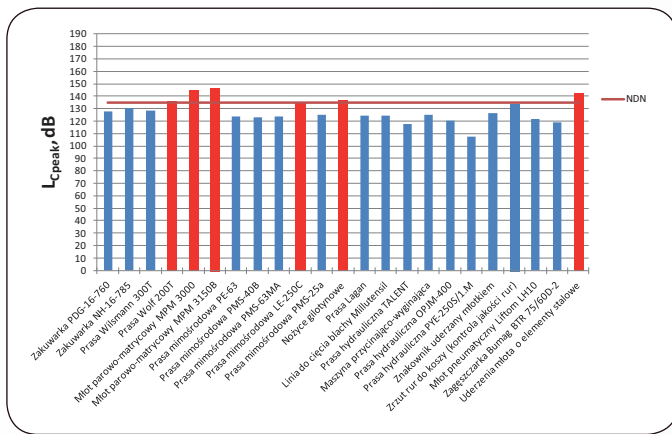
Fot. 4. Nożyce gilotynowe  
Photo 4. Guillotine scissors

Fot. R. Młyński

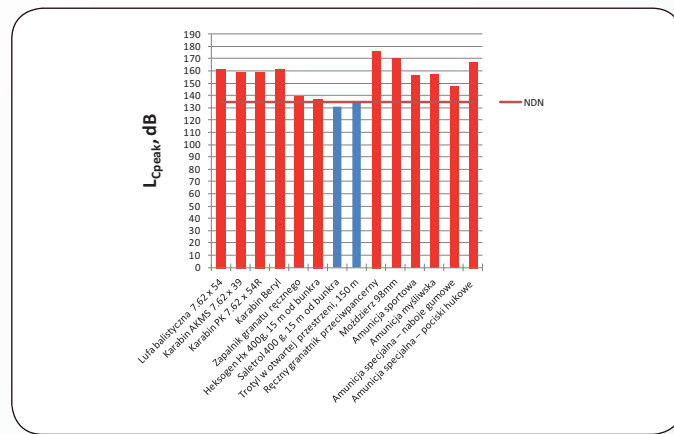


Rys.1. Schemat układu pomiarowego do badań właściwości hałasu impulsowego  
Fig. 1. Setup for measuring properties of impulse noise

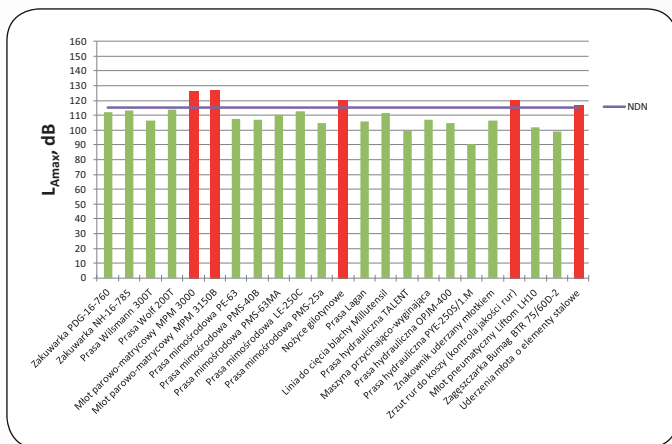




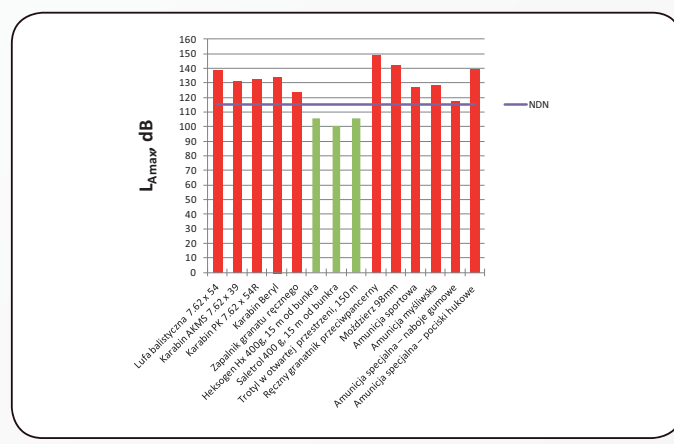
Rys. 2. Zmierzone wartości  $L_{Cpeak}$  dla źródeł hałasu impulsowego typowych dla przemysłu  
Fig. 2. Measured values of  $L_{Cpeak}$  for impulse noise sources typically found in the industry



Rys. 3. Zmierzone wartości  $L_{Cpeak}$  dla źródeł hałasu impulsowego wytwarzanego podczas wystrzałów z broni palnej bądź eksplozji  
Fig. 3. Measured values of  $L_{Cpeak}$  for impulse noise sources present during gun shots or explosions



Rys. 4. Zmierzone wartości  $L_{Amax}$  dla źródeł hałasu impulsowego typowych dla przemysłu  
Fig. 4. Measured values of  $L_{Amax}$  for impulse noise sources typically found in the industry



Rys. 5. Zmierzone wartości  $L_{Amax}$  dla źródeł hałasu impulsowego wytwarzanego podczas wystrzałów z broni palnej bądź eksplozji  
Fig. 5. Measured values of  $L_{Amax}$  for impulse noise sources present during gun shots or explosions

### Metody pomiarów

Pomiary hałasu impulsowego przeprowadzono zgodnie z polskimi normami [5, 6] z zastosowaniem układu pomiarowego przedstawionego na rys. 1. Ze względu na to, że szczytowy poziom ciśnienia akustycznego hałasu impulsowego często przekracza zakres pomiarowy typowych mierników poziomu dźwięku, do pomiarów wielkości charakteryzujących hałas o charakterze impulsowym stosowano specjalny mikrofon o zakresie pomiarowym do 164 dB, lub, w razie potrzeby, mikrofon o zakresie do 184 dB.

Pomiary przeprowadzono przy usytuowaniu mikrofonu w miejscu przebywania pracownika pod jego nieobecność lub w przypadku jego obecności na stanowisku pracy w odległości 10 cm od głowy. Określenie właściwości hałasu impulsowego na stanowiskach pracy obejmowało przeprowadzenie pomiaru szczytowego poziomu dźwięku  $L_{Cpeak}$ , maksymalnego poziomu dźwięku  $L_{Amax}$  i równoważnego poziomu dźwięku  $A L_{Aeq}$  a także wyznaczenie poziomu ekspozycji na hałas odniesionego

do 8-godzinnego dobowego wymiaru czasu pracy  $L_{EX, 8h}$ .

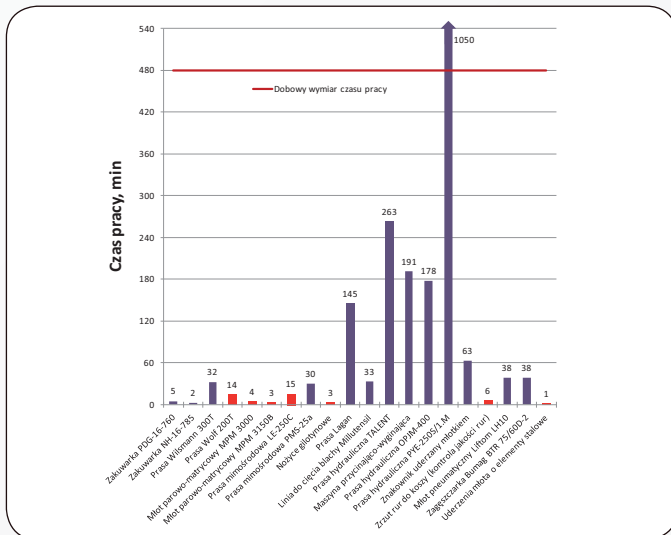
W przypadku źródeł hałasu impulsowego typowych dla przemysłu wyznaczono maksymalny czas pracy, w którym nie jest przekraczana dopuszczalna wartość  $L_{EX, 8h} = 85$  dB na określonym stanowisku pracy. Pozwalało to na ocenę, przez jaką część dnia pracy pracownik może być obecny na stanowisku pracy w warunkach występowania określonego hałasu, jeśli ta ocena przeprowadzona jest jedynie w oparciu o miarę energetyczną ekspozycji ( $L_{EX, 8h}$ ), bez rozpatrywania ograniczeń wynikających z pozostałych dwóch wielkości –  $L_{Cpeak}$  i  $L_{Amax}$ . W przypadku analizy hałasu wytwarzanego przy oddawaniu strzałów z broni palnej lub powstającego przy eksplozji obliczano liczbę strzałów lub wybuchów, dla której nie była przekraczana wartość dopuszczalna  $L_{EX, 8h} = 85$  dB.

### Wyniki badań

Zestawienie zmierzonych w przemyśle i w wojsku wartości szczytowych poziomów dźwięku  $L_{Cpeak}$  przedstawiono na rys. 2.

i 3., na tle wartości dopuszczalnej (NDN) odpowiednio dla źródeł hałasu impulsowego występujących w przemyśle i podczas strzałów bądź eksplozji. W podobny sposób na rys. 4 i 5. zestawiono zmierzone wartości maksymalnych poziomów dźwięku  $L_{Amax}$ . Na rys. 6. podano dopuszczalny czas ekspozycji (w minutach), w którym pracownik na określonym stanowisku pracy mógłby być ekspozowany na określony hałas impulsowy bez przekroczenia wartości dopuszczalnej  $L_{EX, 8h}$ . Na rys. 7. przedstawiono liczbę strzałów, na jakie mogłaby być ekspozowana osoba, w przypadku źródeł hałasu związanych z wystrzałami lub eksplozjami. Kolorem czerwonym (rys. 6 i 7.) zaznaczono te stanowiska pracy, dla których wystąpiło przekroczenie wartości  $L_{Cpeak}$  bądź  $L_{Amax}$ .

Ocena zagrożenia hałasem impulsowym na określonym stanowisku pracy polega na sprawdzeniu, czy dla tego stanowiska pracy nie występuje przekroczenie wartości dopuszczalnej  $L_{Cpeak}$  oraz  $L_{Amax}$  (rys. 2.-5.). W przypadku braku przekroczenia  $L_{Cpeak}$  i  $L_{Amax}$  można stwierdzić, że na tym stanowisku pracownik



Rys. 6. Czas pracy, w którym nie jest przekraczana wartość dopuszczalna  $L_{EX,8h} = 85$  dB  
Fig. 6. Duration of work for which the admissible value of  $L_{EX,8h} = 85$  dB is not exceeded

może przebywać przez odczytany z rys. 6. czas ekspozycji bądź może być ekspozowany na odczytaną z rys. 7. liczbę strzałów/eksplozji.

W przypadku źródeł hałasu impulsowego typowych dla przemysłu (rys. 2.) przekroczenie wartości dopuszczalnej  $L_{Cpeak}$  wystąpiło na 6 spośród 23 (26%) stanowisk pracy, w tym na stanowiskach pracy pras, młotów i nożyc gilotynowych. W przypadku źródeł związanych z wystrzałami z broni palnej i eksplozjami (rys. 3.) aż w 12 (86%) przypadkach na 14 wystąpiło przekroczenie wartości dopuszczalnej  $L_{Cpeak}$ . Przekroczenie wartości  $L_{Amax}$  wystąpiło na 5 spośród 23 (22%) przemysłowych stanowisk pracy i w przypadku 11 na 14 (79%) źródeł hałasu obejmujących wystrzały lub eksplozję materiału wybuchowego. Dla łącznie 15 źródeł hałasu impulsowego, dla których wystąpiło przekroczenie wartości  $L_{Amax}$  wystąpiło także przekroczenie wartości  $L_{Cpeak}$ . Inaczej było tylko w przypadku zrzutu rur do koszy, gdzie wystąpiło przekroczenie wartości  $L_{Amax}$  podczas gdy nie wystąpiło przekroczenie wartości  $L_{Cpeak}$ , co sprawia, iż do oceny zagrożenia hałasem impulsowym wytwarzanym przez badane źródła istotna jest obok analizy miary energetycznej hałasu ( $L_{EX,8h}$ ) zarówno analiza przekroczeń wartości NDN odnoszących się do  $L_{Cpeak}$ , jak i analiza przekroczeń NDN w przypadku wartości  $L_{Amax}$ .

Dla 13 stanowisk pracy spośród 20 przedstawionych na rys. 6., tzn. tych, na których nie wystąpiło przekroczenie  $L_{Cpeak}$  bądź przekroczenie  $L_{Amax}$ , ekspozycja na hałas wynosząca 8 godz. możliwa jest jedynie w 1 przypadku (prasa hydrauliczna PYE-250S/1.M), 4 godz. – w 2 przypadkach, oraz 1 godz. – w 6 przypadkach. W pozostałych przypadkach dopuszczalny czas ekspozycji należy ograniczyć do pojedynczych minut.

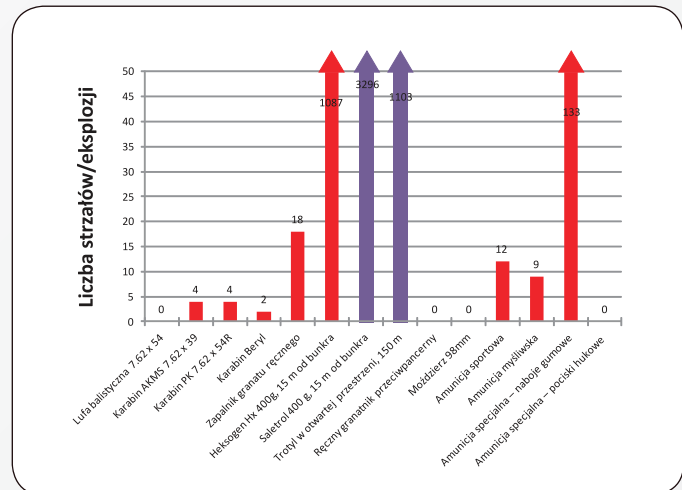
W przypadku hałasu pochodzącego od wystrzałów z broni palnej lub wynikającego z eksplozji materiałów wybuchowych jedynie dla 2 spośród 14 zaprezentowanych na rys. 7. źródeł hałasu nie wystąpiło przekroczenie  $L_{Cpeak}$  bądź  $L_{Amax}$ . W związku z tym wynikająca z wartości dopuszczalnej  $L_{EX,8h}$  podana liczba strzałów/eksplozji, może być uznana za bezpieczną jedynie w przypadku detonacji saletrolu (w bunkrze) oraz trotylu przy zachowaniu względnie dużej odległości (150 m) pracownika od miejsca detonacji.

## Podsumowanie

Szczególny charakter hałasu impulsowego mogącego powodować nawet przy krótkotrwałym oddziaływaniu ubytki słuchu sprawia, że przy jego ocenie niezbędna jest analiza poszczególnych zdarzeń dźwiękowych, podczas których występują wysokie wartości szczytowego poziomu dźwięku C. Poprawny pomiar hałasu impulsowego wymaga przy tym zastosowania mikrofonów o zakresie pomiarowym do ok. 180 dB.

Hałas impulsowy jest czynnikiem fizycznym stanowiącym zagrożenie, występujące powszechnie w zastosowaniach militarnych, zarówno podczas ćwiczeń poligonowych, jak i podczas testowania broni lub materiałów wybuchowych, także przez osoby niezwiązane z wojskiem. Przeprowadzone pomiary wykazały występowanie szczytowych poziomów dźwięku C sięgających 160-170 dB (najwyższa zmierzona wartość wynosiła 177 dB) podczas wystrzałów z broni palnej i eksplozji, znacznie przekraczających wartość dopuszczalną (NDN 135 dB), ustaloną ze względu na ochronę słuchu.

Zagrożenie hałasem impulsowym występuje również w przemyśle, zwłaszcza w przetwórstwie przemysłowym w procesach



Rys. 7. Liczba strzałów z broni palnej bądź eksplozji materiałów wybuchowych, przy której nie jest przekraczana wartość dopuszczalna  $L_{EX,8h} = 85$  dB

Fig. 7. The number of gun shots or explosions during which the admissible value of  $L_{EX,8h} = 85$  dB is not exceeded

obróbki metalu (m. in. na stanowiskach obsługi pras oraz młotów parowo-matrycowych), gdzie wartość szczytowego poziomu dźwięku C często przekracza wartość dopuszczalną (NDN) i może sięgać wartości powyżej 145 dB.

Wyniki badań hałasu impulsowego potwierdzają konieczność podjęcia działań ograniczających narażenie osób zagrożonych tym rodzajem hałasu poprzez organizacyjne lub techniczne środki ograniczenia hałasu np. zmniejszenie liczby ekspozycji, zastosowanie adaptacji akustycznej, obudów dźwiękoizolacyjnych. W przypadku braku możliwości zastosowania środków organizacyjnych i technicznych należy udostępnić pracownikom odpowiednio dobrane środki ochrony indywidualnej słuchu.

## PIŚMIENICTWO

- [1] K. Pawlas *Audiometria w paśmie powyżej 8 kHz w profilaktyce uszkodzeń słuchu powodowanych przez hałas impulsowy*. Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu, rozprawa habilitacyjna, 1995
- [2] W. J. Sułkowski, A. Lipowczan *Impulse noise-induced hearing loss in drop forge operators and the energy concept*. "Noise Control Engineering" Vol. 18, No. 1, 1982
- [3] W. Taylor, B. Lempert, P. Pelmar, I. Hemstock, J. Kershaw *Noise levels and hearing thresholds in the drop forging industry*. "J. Acoust. Soc. Am.", 76, 807-819, 1984
- [4] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU nr 217, poz. 1833 (zm. DzU z 2005, nr 212, poz. 1769; DzU z 2007, nr 161, poz. 1142)
- [5] PN-N-01307:1994. *Hałas – Dopuszczalne wartości parametrów hałasu w środowisku pracy – Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów*
- [6] PN-EN ISO 9612:2011. *Akustyka – Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas – Metoda techniczna*

*Publikacja opracowana na podstawie wyników I etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2008-2010 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.*