

dr inż. GRZEGORZ MAKAREWICZ

Politechnika Warszawska, Zakład Elektroakustyki,
Instytut Radioelektroniki i Techniki Multimedialnych

Kontakt: g.makarewicz@ire.pw.edu.pl

DOI: 10.5604/01377043.1201798

Wykorzystanie specjalistycznych aplikacji działających w przeglądarkach internetowych do wspomagania oceny narażenia na hałas i drgania mechaniczne

Fot. Goxv/Bigstockphoto



W artykule przedstawiono analizę możliwości wykorzystania uniwersalnych narzędzi programistycznych współpracujących z najnowszymi wersjami przeglądarek internetowych do wspomagania oceny środowiska pracy. Analizę zilustrowano przykładami trzech programów umożliwiających ocenę narażenia na hałas oraz drgania ogólne i miejscowe. Oprogramowanie jest kompatybilne z przyjętymi powszechnie standardami dotyczącymi możliwości przeglądarek internetowych. Dzięki temu może być uruchamiane na urządzeniach mobilnych niezależnie od zastosowanego systemu operacyjnego.

Słowa kluczowe: programy komputerowe, przeglądarki internetowe, pomiary hałasu i drgań mechanicznych

The use of specialized web browser-based applications to enhance noise and mechanical vibration's evaluation

The article presents an analysis of the possibilities of using the universal development tools built in the latest versions of web browsers to support an assessment of the work environment. The analysis is illustrated on the example of the three programs to assess exposure to noise, whole body and hand-arm vibrations. The software used is compatible with commonly accepted web browsers standards. Thus it can be run on mobile devices regardless of the operating system.

Keywords: computer programs, web browsers, noise and mechanical vibrations measurements

Wstęp

Stąły rozwój technologiczny związany z urządzeniami mobilnymi spowodował, że nie tylko komputery przenośne (laptopy), ale także tablety i telefony komórkowe dysponują mocami obliczeniowymi, wystarczającymi do uruchamiania nawet bardzo wymagających programów. Jednym z obszarów wykorzystania urządzeń mobilnych może być wspomaganie oceny szkodliwych czynników występujących w środowisku pracy człowieka. Jak sama nazwa wskazuje, tego typu urządzenia, po zainstalowaniu odpowiedniego oprogramowania, mogą być bardzo pomocne z uwagi na ich rozmiary, dzięki którym są wykorzystywane bezpośrednio na stanowiskach pracy, bez potrzeby przesyłania danych pomiarowych podlegających ocenie. Zaletą jest bardzo duża liczba modeli urządzeń mobilnych, co implikuje powszechność ich występowania i przystępną cenę, natomiast problemem jest kompatybilność oprogramowania. Liczni producenci przystosowują urządzenia mobilne do różnych systemów operacyjnych, często celowo modyfikowanych

w taki sposób, aby na urządzeniach ich produkcji mogły być uruchamiane tylko programy powiązane z ich architekturą oprogramowania. Na szczęście istnieje wspólna platforma programistyczna, dzięki której można oferować programy, które mogą być wykorzystywane przez użytkowników urządzeń mobilnych niezależnie od typu i modelu. Są nimi przeglądarki internetowe.

Przykładem wykorzystania możliwości współczesnych przeglądarek do wspomagania oceny ryzyka zawodowego na stanowiskach pracy, są – przedstawione dalej – trzy proste programy, które mogą stanowić znaczne ułatwienie oceny narażenia pracownika na trzy bardzo istotne szkodliwe czynniki środowiska pracy: hałas, drgania ogólne i drgania miejscowe. Algorytmy programów oparte są na aktualnie obowiązujących wartościach dopuszczalnych czynników szkodliwych w środowisku pracy [1].

Programy uruchamiane są wewnątrz przeglądarek internetowych. Kod każdego z nich jest przesyłany z serwera, razem z zawartością strony internetowej i uruchamiany w formie

skryptu, napisanego w języku programowania JavaScript. Taka technologia jest bardzo bezpieczna z punktu widzenia użytkownika, gdyż skrypty nie są wyposażone w mechanizmy pozwalające na jakąkolwiek ingerencję w oprogramowanie zainstalowane na urządzeniu, na którym są uruchamiane. To wiąże się oczywiście z ich pewnymi ograniczeniami w stosunku do typowych programów, np. w zakresie bezpośredniej archiwizacji przetwarzanych danych pomiarowych. Niemniej jednak taka archiwizacja nie ogranicza samego procesu oceny narażenia na hałas i drgania w środowisku pracy i dodatkowo można ją wykonać w sposób pośredni, np. przez kopiowanie danych za pośrednictwem schowka wbudowanego w każdy system operacyjny.

W celu ujednoczenia szaty graficznej programy wykorzystują technologię kaskadowych arkuszy stylów (CSS), zaś w trosce o skrócenie czasu ładowania stron do pamięci przeglądarki kody źródłowe skryptów przed wczytaniem przez przeglądarkę poddawane są procedurze minimalizacji ich objętości.

Program do wspomagania oceny narażenia na hałas w środowisku pracy

Algorytm wykorzystany w programie umożliwia obliczanie poziomu ekspozycji na hałas dzięki przetworzeniu wyników jego pomiarów, zgodnie z PN-EN ISO 9612:2011 [2] oraz ocenę narażenia na hałas w środowisku pracy zgodnie z PN-N-01307:1994 [4]. Okno programu pokazane jest na rys. 1. W celu umożliwienia weryfikacji poprawności algorytmu obliczeniowego wprowadzone przykładowe dane i wynik oceny są zgodne z przykładem obliczeń dziennego poziomu ekspozycji na hałas na stanowisku spawacza z zastosowaniem pomiarów z podziałem na czynności opisanym w załączniku D do normy PN-EN-ISO 9612:2011 [2].

W oknie programu można wyróżnić cztery elementy:

- wykres słupkowy pokazujący w postaci histogramu wyniki pomiarów poziomów hałasu dla poszczególnych czynności oraz wynik obliczeń poziomu ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy

- obszar umożliwiający wprowadzenie danych dla kolejnej czynności pracy

- klawisze funkcyjne realizujące polecenie dodania danych dotyczących nowej czynności i aktualizacji wyniku obliczeń oraz usunięcia wskazanej czynności z zestawu wyników pomiarów (możliwe jest usunięcie więcej niż jednej czynności jednocześnie)

- zestawienie wyników pomiarów na stanowisku pracy.

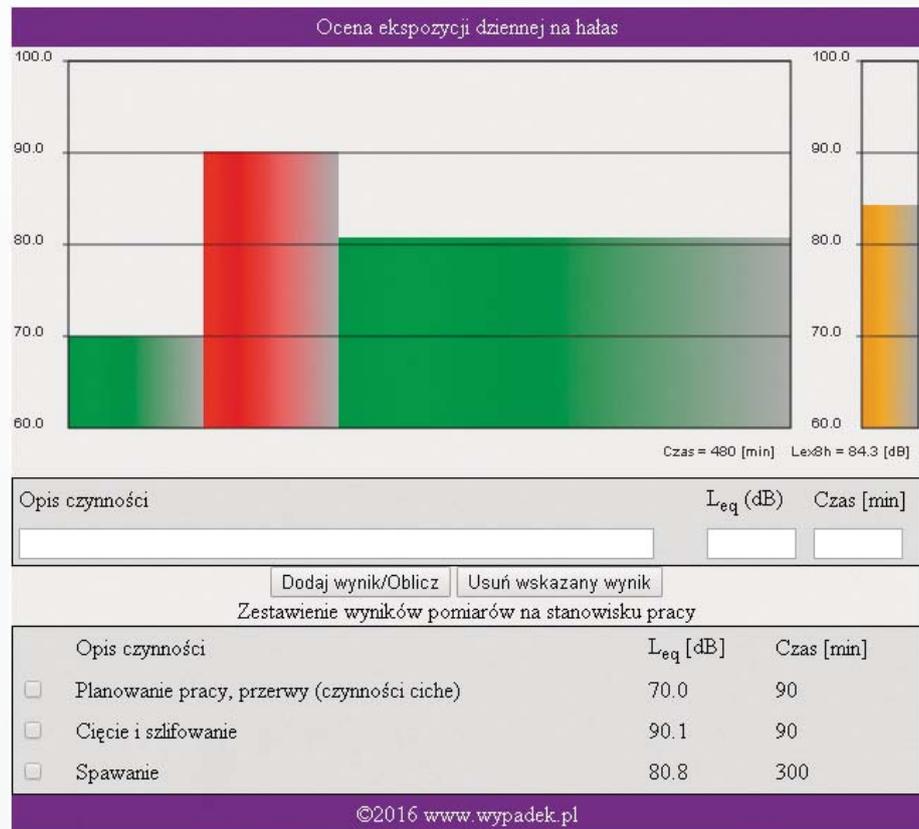
Wykresy są aktualizowane na bieżąco podczas dodawania nowych danych pomiarowych obejmujących:

- opis czynności
- równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A

- czas trwania czynności w minutach.

Histogram obrazujący wyniki pomiarów umieszczono z lewej strony, a wykres słupkowy, pokazujący poziom ekspozycji na hałas, odniesiony do 8-godzinnego czasu pracy z prawej strony. Kolor słupka reprezentujący poziom ekspozycji zmienia się w zależności od wyniku oceny ryzyka, związanego z narażeniem na hałas: w odniesieniu do ryzyka dużego słupki ma kolor czerwony, średniego – pomarańczowy, a w przypadku ryzyka małego – zielony.

Podobne kolory zastosowano w histogramie z pomiarami. W tym przypadku jednak odniesienie do oceny ryzyka zawodowego jest tylko pośrednie, bowiem ocena ryzyka wykonywana jest w stosunku do każdej czynności niezależnie, przy założeniu, że każda z nich trwa 480 minut. Ta dodatkowa informacja ma na celu zobrazowanie potencjalnie najniebezpieczniejszych z punktu widzenia oceny ryzyka zawodowego czynności, które w przypadku, gdyby ich czas trwania wyniósł 480 minut, prowadziłyby do oceny ryzyka zgodnej z pokazanym kolorem. Oczywiście, ze wspomnianego wyżej powodu, w przypadku, gdy czas trwania czynności jest krótszy od 480



Rys. 1. Okno programu do oceny narażenia na hałas z danymi dotyczącymi czynności o poziomach hałasu niezmiennych w trakcie wykonywania tych czynności

Fig. 1. Noise exposure hazard evaluation program's window with data related to steady noise level actions

Tabela. Wyniki pomiarów poziomów hałasu w postaci wartości równoważnych poziomów dźwięku A w odniesieniu do trzech cykli roboczych

Table. Noise levels measurements results presented as A sound weighted levels in relation to three work cycles

| | | | | |
|---|---------|---------|---------|-----------|
| Poziomy hałasu podczas planowania i przerw | 70,0 dB | | | 90 minut |
| Poziomy hałasu podczas spawania | 80,1 dB | 82,2 dB | 79,6 dB | 300 minut |
| Poziomy hałasu podczas cięcia i szlifowania | 86,5 dB | 92,4 dB | 89,3 dB | 90 minut |
| Dodatkowe poziomy hałasu podczas cięcia i szlifowania | 93,2 dB | 87,8 dB | 86,2 dB | |

minut, ocena ryzyka zawodowego w odniesieniu do takiej czynności może być mniejsza od oceny uwzględniającej wszystkie czynności, tak jak ma to miejsce w przykładzie pokazanym na rys. 1. Program do oceny narażenia na hałas jest tym bardziej pomocny, im bardziej złożony jest dzienny harmonogram czynności pracownika. Dodatkowym atutem aplikacji jest znaczne ułatwienie obliczeń ekspozycji na hałas w przypadku, gdy wyniki pomiarów w odniesieniu do poszczególnych czynności harmonogramu różnią się między sobą i istotnym staje się uwzględnienie niepewności pomiarów i analiza błędów pomiarowych.

Nawiążmy ponownie do przykładu przedstawionego w załączniku D do normy PN-EN-ISO 9612:20011 [2]. Zgodnie z zamieszczonym tam opisem, z uwagi na fakt, że hałas związany ze spawaniem zależy od położenia głowy pracownika względem narzędzia, okres pomiaru powinien uwzględnić trzy cykle robocze. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku czynności cięcia i szlifowania. W tabeli przedstawiono wyniki

pomiarów obrazujących tę sytuację. Dodatkowo, z uwagi na fakt, że zmierzone poziomy hałas podczas cięcia i szlifowania różnią się od siebie o więcej niż 3 dB (trzeci wiersz tabeli), konieczne jest wykonanie dodatkowych trzech pomiarów (czwarty wiersz tabeli).

Zgodnie z normą PN-EN-ISO 9612:20011 w sytuacji, gdy w ramach danej czynności, trwającej określony czas, wyróżniamy cykle robocze, przed obliczeniem ekspozycji należy wyznaczyć średnią wartość poziomu hałasu w odniesieniu do tej czynności:

gdzie:

$$L_{pAeqT_i} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{0,1xL_{pAeqT_{ik}}} \right) \text{ dB}$$

$L_{pAeqT_{ik}}$ – równoważny poziom hałasu k-tego cyklu i-tej czynności pracy (dB)

T_i – i-ta czynność (dzielona na k-cykli)

N – liczba cykli wyróżnionych dla i-tej czynności pracy



Rys. 2. Okno programu do oceny narażenia na hałas z danymi dotyczącymi czynności o poziomach hałasu zmieniających się w trakcie wykonywania tych czynności
Fig. 2. Noise exposure hazard evaluation program's window with data related to flexible noise level actions

I tak, zgodnie z przykładem przedstawionym w tabeli, w przypadku czynności spawania (druga czynność o oznaczeniu T2) otrzymujemy:

$$L_{pAeqT2} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{3} \left(10^{0.1 \times 80.1} + 10^{0.1 \times 82.2} + 10^{0.1 \times 79.6} \right) \right] dB = 80,8 dB$$

Obliczona wartość stanowi podstawę wyznaczenia udziału hałasu związanego z daną czynnością w dziennym poziomie ekspozycji. W przedstawionym programie obliczanie wartości średniej nie jest konieczne. Wystarczy wprowadzić dane dotyczące cykli roboczych w odniesieniu do określonej czynności, podając czas trwania każdego cyklu równy czasowi trwania czynności podzielonemu przez liczbę cykli. Udział czynności w dziennym poziomie ekspozycji sprowadza się więc do zaimplementowania w oprogramowaniu następującej zależności:

$$L_{EX8h,m} = 10 \log_{10} \left(\sum_{k=1}^N \frac{T_m}{NT_0} 10^{0.1 \times L_{pAeqTk}} \right) dB$$

gdzie:

L_{pAeqTk} – równoważny poziom hałasu k-tego cyklu m-tej czynności (dB)

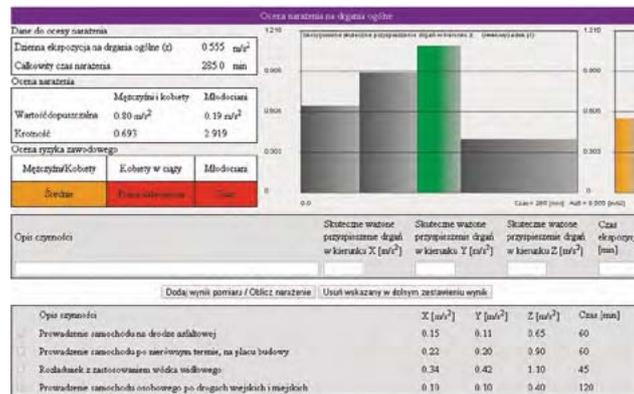
N – liczba cykli wyróżnionych dla m-tej czynności pracy

T_m – czas trwania m-tej czynności (min)

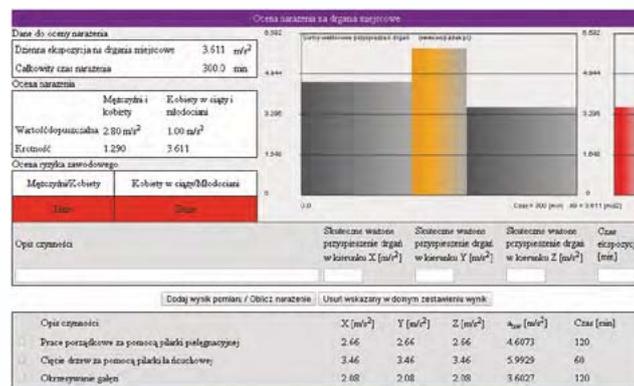
T₀ – czas odniesienia (min).

Na rys. 2. pokazano okno programu po wprowadzeniu danych zgodnie z przedstawioną wcześniej zasadą. Wynik oceny ekspozycji jest zgodny z wynikiem obliczeń przedstawionych w załączniku D do normy PN-EN-ISO 9612:2011 [2]. W programie rozmiar tablicy z liczbą czynności i składających się na nie cykli pracy nie jest ograniczony. Dzięki temu możliwa jest ocena dziennej ekspozycji na hałas nawet w odniesieniu do bardzo złożonego harmonogramu pracy, lub w przypadku dużego zestawu danych, wynikającego ze złożonego charakteru rozkładu poziomu ciśnienia akustycznego, w czasie realizacji określonej czynności.

Wprowadzenie do programu danych szczegółowych cykli czynności pracy, a nie wartości uśrednionych w stosunku do czynności umożliwia, dzięki graficznej prezentacji wprowadzonych danych, bardziej szczegółową analizę wpływu poszczególnych cykli czynności na końcową ocenę ryzyka zawodowego. Z uwagi na fakt, że wszystkie obliczenia są wykonywane automatycznie i nie wymagają dodatkowego czasu związanego z obróbką danych pomiarowych, takie podejście wydaje się jak najbardziej uzasadnione.



Rys. 3. Okno programu do oceny narażenia na drgania o działaniu ogólnym
Fig. 3. General vibrations exposure hazard evaluation program's window



Rys. 4. Okno programu do oceny narażenia na drgania mechaniczne przeniesione do organizmu przez kończyny górne
Fig. 4. Mechanical vibrations transferred via upper limbs exposure hazard evaluation program's window

Program do wspomaganie oceny narażenia na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka

Obliczenia wykonywane przez program są zgodne z wymaganiami PN-EN 14253 [4]. Podobnie jak w przypadku oceny narażenia na hałas, algorytm programu umożliwia ocenę narażenia na drgania ogólne w przypadku, gdy pracownik wykonuje sekwencje czynności. Przykładowy widok okna programu po wprowadzeniu sekwencji czynności, składających się na dzień pracy pracownika, pokazany jest na rys. 3. W oknie programu można wyróżnić pięć elementów:

- wyniki oceny narażenia i oceny ryzyka zawodowego
- wykres słupkowy pokazujący w postaci histogramu wyniki pomiarów skutecznych ważonych przyspieszeń drgań dla dominującego kierunku drgań (X, Y lub Z)
- obszar umożliwiający wprowadzenie danych dla kolejnej czynności pracy
- klawisze funkcyjne realizujące polecenie dodania danych nowej czynności i aktualizacji wyniku obliczeń oraz usunięcia wskazanej czynności z zestawu wyników pomiarów (możliwe jest usunięcie wielu czynności jednocześnie)
- zestawienie wyników pomiarów na stanowisku pracy.

Wykresy są aktualizowane na bieżąco podczas dodawania nowych danych pomiarowych, obejmujących:

- opis czynności
- wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań w kierunku X, Y i Z
- czas trwania czynności w minutach.

Wprowadzone dane (rys. 3.) są zgodne z przykładem zamieszczonym w załączniku B do PN-EN 14253:2011 [4]. Ponieważ w przykładzie przyjęto, że dominującym kierunkiem drgań jest kierunek zgodny z osią Z i podano wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań tylko w odniesieniu do tego kierunku, w zestawie danych przedstawionym na rys. 3. wprowadzono dane pomiarowe w stosunku do kierunku X i Y o takich wartościach, aby po ich skorygowaniu o normatywny wskaźnik (równy 1.4) nie stały się one kierunkami dominującymi. Dzięki takiemu podejściu uzyskano zgodność danych wejściowych prowadzącą do bezpośredniego porównania wyników oceny narażenia za pomocą programu z wynikami przedstawionymi w załączniku do normy.

W odróżnieniu od programu do oceny narażenia na hałas, w przypadku programu do oceny drgań ogólnych wspomagająca ocena ryzyka zawodowego, przedstawiona na histogramie pomiarów, dotyczy tylko najmniej korzystnej (z punktu widzenia narażenia) czynności. Ocena poziomu ryzyka w odniesieniu do dominującej pod względem narażenia na drgania ogólne czynności i związany z tym kolor słupka histogramu, wykonywana jest na podstawie wartości dopuszczalnych, dotyczących ekspozycji na drgania trwające nie dłużej niż 30 minut. Pozostałe czynności reprezentowane są za pomocą słupków w kolorze szarym. W trzech tabelach, zawierających wyniki oceny narażenia w formie tekstowej, podane są informacje dotyczące dziennej ekspozycji na drgania ogólne, sumaryczny czas ekspozycji oraz obowiązujące wartości dopuszczalne i wyniki oceny ryzyka – niezależnie dla mężczyzn i kobiet, kobiet w ciąży i pracowników młodocianych.

Program do wspomagania oceny narażenia człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne

Obliczenia wykonywane przez program są zgodne z wymaganiami PN-EN ISO 5349-1 [5] i PN-EN ISO 5349-2 [6]. Przykładowy widok okna programu po wprowadzeniu sekwencji czynności składających się na dzień pracy pracownika pokazany jest na rys. 4. W oknie programu można wyróżnić pięć elementów:

- wyniki oceny narażenia i oceny ryzyka zawodowego
- wykres słupkowy pokazujący w postaci histogramu wartości sum wektorowych obliczone na podstawie wyników pomiarów skutecznych ważonych przyspieszeń drgań w kierunku X, Y i Z
- obszar umożliwiający wprowadzenie danych dla kolejnej czynności pracy

– klawisze funkcyjne realizujące polecenie dodania danych nowej czynności i aktualizacji wyniku obliczeń oraz usunięcia wskazanej czynności z zestawu wyników pomiarów (możliwe jest usunięcie wielu czynności jednocześnie)

– zestawienie wyników pomiarów drgań miejscowych na stanowisku pracy.

W oknie programu można wyróżnić pięć elementów:

– wyniki oceny narażenia i oceny ryzyka zawodowego

– wykres słupkowy pokazujący w postaci histogramu wyniki pomiarów skutecznych ważonych przyspieszeń drgań w odniesieniu do dominującego kierunku drgań (X, Y lub Z)

– obszar umożliwiający wprowadzenie danych na temat kolejnej czynności pracy

– klawisze funkcyjne realizujące polecenie dodania danych nowej czynności i aktualizacji wyniku obliczeń oraz usunięcia wskazanej czynności z zestawu wyników pomiarów (możliwe jest usunięcie wielu czynności jednocześnie)

– zestawienie wyników pomiarów na stanowisku pracy zawierające oprócz wprowadzonych ręcznie danych pomiarowych wartości sum wektorowych przyspieszeń drgań miejscowych.

Wykresy są aktualizowane na bieżąco podczas dodawania nowych danych pomiarowych obejmujących:

- opis czynności
- wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań w kierunku X, Y i Z
- czas trwania czynności w minutach.

Wprowadzone dane, pokazane na rys. 4., są zgodne z przykładem zamieszczonym w załączniku E do PN-EN ISO 5349-2 [6]. Ponieważ w przykładzie podane są od razu wartości sum wektorowych skutecznych ważonych przyspieszeń drgań:

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hvx}^2 + a_{hvy}^2 + a_{hvw}^2}$$

w celu określenia wartości skutecznych ważonych przyspieszeń drgań w kierunku X, Y i Z zastosowano wzór:

$$a_{hvx} = a_{hvy} = a_{hvw} = \frac{a_{hv}}{\sqrt{3}}$$

zgodnie z którym wszystkie trzy składowe częściowe mają takie same wartości. Oczywiście można zastosować inny sposób określenia wartości składowych drgań na podstawie ich sumy wektorowej, ale nie ma on wpływu na wynik oceny narażenia.

Analogicznie jak w przypadku programu do oceny drgań ogólnych, wspomagająca ocena ryzyka przedstawiona na histogramie wyników pomiarów dotyczy tylko najmniej korzystnej (z punktu widzenia narażenia na drgania miejscowe) czynności. Pozostałe czynności reprezentowane są za pomocą słupków w kolorze szarym. W tabelach zawierających wyniki oceny narażenia w formie tekstowej podane są informacje dotyczące dziennej ekspozycji na drgania miejscowe,

sumaryczny czas ekspozycji oraz wyniki oceny ryzyka w odniesieniu do mężczyzn i kobiet oraz kobiet w ciąży i pracowników młodocianych.

Podsumowanie

Przedstawione narzędzia wspomagające ocenę narażenia człowieka na hałas i drgania w środowisku pracy i życia stanowią przykład, jak w prosty sposób można ułatwić proces wyznaczania ekspozycji na te czynniki. Jest to szczególnie ważne w sytuacji, gdy ocena dotyczy bardziej złożonych przypadków narażenia, takich jak wiele czynności o zróżnicowanych stopniach narażenia, praca na wielu stanowiskach pracy w ciągu dnia roboczego itp. Zaletą przedstawionych programów jest ich uniwersalność ze względu na system operacyjny, na którym mogą być uruchamiane. Dzięki wykorzystaniu możliwości przeglądarek internetowych, stanowiących swego rodzaju bufor pomiędzy opisanymi programami i systemami operacyjnymi zainstalowanymi na komputerach potencjalnych użytkowników, można z nich korzystać praktycznie na każdym komputerze, zarówno stacjonarnym, jak i przenośnym. W tym drugim przypadku rolę komputera z powodzeniem pełni zarówno tablet, jak i telefon komórkowy z dostępem do Internetu. Nie bez znaczenia istotną pozytywną rolę w korzystaniu z tego typu programów odgrywa powszechny dostęp do Internetu w miejscu pracy.

Zastosowana technologia skryptowa i umieszczenie kodów źródłowych skryptów na serwerze internetowym umożliwia aktualizację programów, np. uwzględnianie nowych wymagań dotyczących wartości dopuszczalnych i oceny ryzyka zawodowego bez konieczności dystrybucji nowej wersji oprogramowania. Wystarczy umieszczenie zmodyfikowanego kodu źródłowego na serwerze, aby każdy użytkownik zainteresowany korzystaniem z programu miał dostęp do jego zaktualizowanej wersji. Programy wspomagające ocenę narażenia na hałas i drgania mechaniczne w środowisku pracy dostępne są na stronach internetowego serwisu poświęconego bezpieczeństwu i higienie pracy www.wypadek.pl.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 roku w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. 2014, poz. 817)
- [2] PN-EN ISO 9612:2011 – Akustyka. Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas – metoda techniczna
- [3] PN-N-01307:1994 – Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy – wymagania dotyczące wykonywania pomiarów
- [4] PN-EN 14253+A1:2011 – Drgania mechaniczne. Pomiar i obliczanie zawodowej ekspozycji na drgania o ogólnym działaniu na organizm człowieka dla potrzeb ochrony zdrowia – wytyczne praktyczne
- [5] PN-EN ISO 5349-1:2004 – Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 1: Wymagania ogólne
- [6] PN-EN ISO 5349-2:2004 – Drgania mechaniczne. Pomiar i wyznaczanie ekspozycji człowieka na drgania przenoszone przez kończyny górne. Część 2: Praktyczne wytyczne do wykonywania pomiarów na stanowisku pracy