
	LABORATORIUM WIBROAKUSTYKI MASZYN Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Instytut Mechaniki Stosowanej Zakład Wibroakustyki i Bio-Dynamiki Systemów	
---	---	---

Ćwiczenie nr 1

OCENA ZAGROŻENIA HAŁASEM NA STANOWISKU PRACY

Cel ćwiczenia:

- Poznanie wymagań dotyczących pomiarów akustycznych w celu oceny zagrożenia hałasem na stanowisku pracy.
- Ocena zagrożenia hałasem stanowiska pracy w odniesieniu do dopuszczalnych wartości poziomów hałasu.

Wyposażenie stanowiska:

1. Sonometr (miernik poziomu dźwięku)
2. Pistoфон (kalibrator)
3. Miara (do określenia położenia punktu pomiarowego i geometrii pomieszczenia)

Literatura:

1. Z. ENGEL, *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1993.
2. C. CEMPEL, *Wibroakustyka stosowana*, PWN Warszawa 1989.
3. PN-EN ISO 9612:2011 - Akustyka - Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas - Metoda techniczna.
4. PN-N-01307:1994 - Hałas. Dopuszczalne wartości hałasu w środowisku pracy. Wymagania dotyczące wykonywania pomiarów.
5. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 6 czerwca 2014 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, Warszawa dnia 23 czerwca 2014 r, Poz. 817.

Zagadnienia kontrolne:

1. Podstawowe określenia i definicje w akustyce: drgania, dźwięk, hałas, ciśnienie akustyczne, poziom ciśnienia akustycznego, emisja hałasu, krzywe korekcyjne dźwięku (korekta A, B, C, D), stałe czasowe miernika poziomu dźwięku, itp.
2. Charakterystyka metod wyznaczania poziomu ciśnienia akustycznego emisji hałasu.
3. Równoważny poziom dźwięku A.
4. Ekspozycja na hałas i poziom ekspozycji na hałas.

1. Pojęcia podstawowe (wg PN-N-1307):

Hałas ustalony – hałas, którego poziom dźwięku A w określonym miejscu, mierzony przy włączonej charakterystyce dynamicznej S miernika poziomu dźwięku, zmienia się nie więcej niż 5dB .

Hałas nieustalony – hałas, którego poziom dźwięku A , w określonym miejscu, mierzony przy włączonej charakterystyce dynamicznej S miernika poziomu dźwięku zmienia się podczas obserwacji więcej niż o 5 dB.

Hałas impulsowy – hałas składający się z jednego lub wielu zdarzeń dźwiękowych każde o czasie trwania mniejszym niż 1 s.

Poziom ciśnienia akustycznego, L , w dB, określony jest wzorem:

$$L = 10 \log \left(\frac{p}{p_0} \right)^2 \quad (1)$$

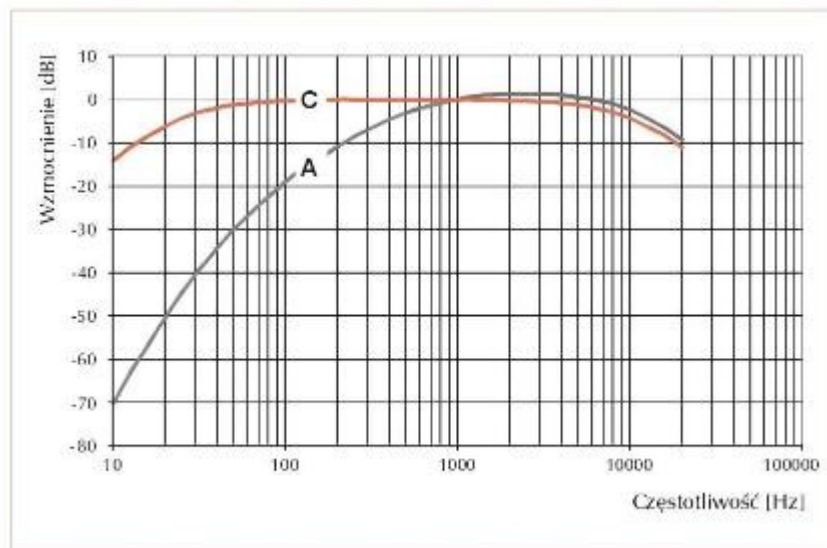
gdzie:

p ciśnienie akustyczne, Pa,

p_0 ciśnienie akustyczne odniesienia $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$

Poziom dźwięku A , L_A , w dB – poziom ciśnienia akustycznego skorygowany według charakterystyki częstotliwościowej A .

Poziom dźwięku C , L_C , w dB – poziom ciśnienia akustycznego skorygowany według charakterystyki częstotliwościowej C .



Rys. 1. Filtry korekcyjne A i C.

Maksymalny poziom dźwięku A , L_{Cmax} , w dB - maksymalna wartość skuteczna poziomu dźwięku A , występująca podczas obserwacji.

Szczytowy poziom dźwięku C , L_{Cpeak} , w dB – maksymalna wartość chwilowa poziomu dźwięku C , występująca w czasie obserwacji.

2. Dopuszczalne wartości hałasu (wg. PN-N-01307:1994 oraz Dz. U. 2018 poz. 1286) – wybrane zagadnienia

Dopuszczalne wartości hałasu ze względu na ochronę słuchu obowiązujące jednocześnie

- 2.1. **Poziom ekspozycji na hałas** w odniesieniu do 8 godzinnego dnia pracy $L_{EX,8h}$ nie powinien przekraczać **85 dBA**, a odpowiadająca mu ekspozycja dzienna nie może przekraczać wartości $3,64 \times 10^3 \text{ Pa}^2 \times \text{s}$ lub poziom ekspozycji na hałas odniesiony do przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w ustawie z dnia 26 czerwca 1974 r. – Kodeks pracy, nie może przekraczać wartości 85 dBA, a odpowiadająca mu ekspozycja tygodniowa nie może przekraczać wartości $18,2 \times 10^3 \text{ Pa}^2 \times \text{s}$.
- 2.2. **Maksymalny poziom dźwięku A , $L_{A \max}$** , mierzony przy włączonej charakterystyce dynamicznej S , nie powinien przekraczać wartości **115 dB**. Jeżeli miernik poziomu dźwięku umożliwia jedynie pomiar równoważnego poziomu dźwięku A , $L_{Aeq,Tc}$, dopuszcza się wyznaczenie maksymalnej wartości $L_{A,eq,1s}$.
- 2.3. **Szczytowy poziom dźwięku C , $L_{C,peak}$** , nie powinien przekraczać **135 dB**.
- 2.4. Dopuszczalne wartości hałasu w przypadku **pracy chronionej** – obowiązują wyżej wymienione jeżeli inne przepisy nie stanowią niższych wartości.

Dopuszczalne wartości hałasu ze względu na możliwość realizacji przez pracownika jego podstawowych zadań obowiązują jednocześnie.

- 1.1. Równoważny poziom dźwięku A , w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy $L_{A \text{ eq},Tc}$ nie powinien przekraczać wartości podanych w tabeli 1, z zastrzeżeniem, o ile inne szczegółowe przepisy nie podają wartości niższych.

Tabela 1. Równoważny poziom dźwięku A , w czasie pobytu pracownika na stanowisku pracy

Lp.	Stanowisko pracy	Równoważny poziom dźwięku A $L_{A,eq,Tc}$ [dB]
1	W kabinach bezpośredniego sterowania bez łączności telefonicznej, w laboratoriach ze źródłami hałasu, w pomieszczeniach z maszynami i urządzeniami liczącymi, maszynami do pisania, dalekopisami i innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu.	75

2	W kabinach dyspozytorskich, obserwacyjnych i zdalnego sterowania z łącznością telefoniczną używaną w procesie sterowania, w pomieszczeniach do wykonywania prac precyzyjnych i w innych pomieszczeniach o podobnym przeznaczeniu.	65
3	W pomieszczeniach: administracyjnych, biur projektowych, do prac teoretycznych, opracowania danych i innych, o podobnym przeznaczeniu	55

1.2. Maksymalny poziom dźwięku A i szczytowy poziom dźwięku C – jak w punkcie 2.2. i 2.3.

3. Wyznaczanie zawodowej ekspozycji na hałas (wg. EN ISO 9612:2009)

3.1 Pojęcia i definicje związane z wyznaczaniem zawodowej ekspozycji na hałas:

- **Uśredniony w czasie poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A** $L_{p,A,T}$
- **Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A** $L_{p,A,eqT}$ dziesięć logarytmów dziesiętnych z ilorazu uśrednionego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową A, p_A , w określonym przedziale czasowym, T (rozpoczynającym się w chwili t_1 i kończącym w chwili t_2), i kwadratu odniesienia, p_0 . Wyrażony w decybelach

$$L_{p,A,T} = L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right] [\text{dB}] \quad (2)$$

gdzie wartość odniesienia $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

3.2 Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-mio godzinnego dnia pracy

Dzienny poziom ekspozycji na hałas

$$L_{EX,8h,m} = L_{p,A,eqT,m} + 10 \lg \left(\frac{\bar{T}_m}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (3)$$

gdzie:

- L_{p,A,eqT_e} równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową A w przedziale czasowym T_e
- \bar{T}_m średnia arytmetyczna czasu trwania czynności m ,
- T_0 przedział czasowy odniesienia $T_0 = 8\text{h}$

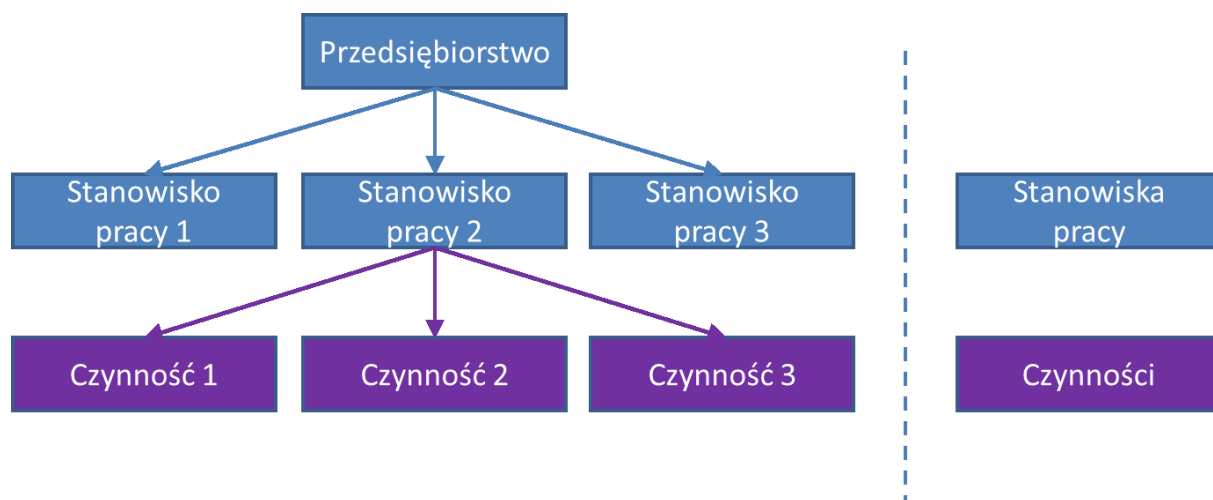
Nominalny dzień – dzień pracy, wybrany do wyznaczenia ekspozycji na hałas.

Nominalny dzień określa się po analizie pracy i jest zależny od celu pomiarów. Może to być typowy dzień pracy, bądź dzień w którym występuje najwyższa ekspozycja na hałas.

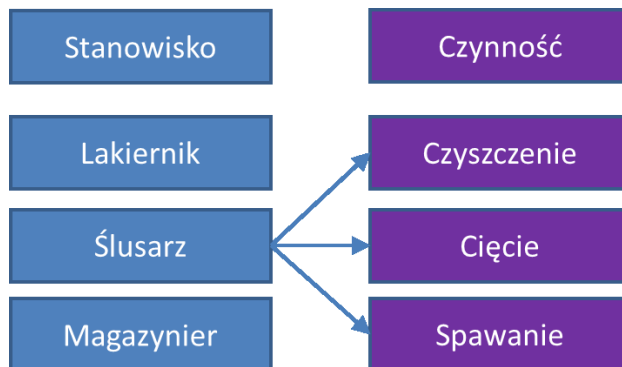
Zwykle obliczeń dokonuje się na podstawie dnia nominalnego, dopuszcza się jednak stosowanie okresów dłuższych, gdy istnieją okoliczności do tego zasadne.

Czynność – wyodrębniona część prac realizowanych przez pracownika (ze względu na hałas w miejscu pracy)

Stanowisko pracy – ogół prac wykonywanych przez pracownika w miejscu pracy obejmujący wszystkie czynności wykonywane przez pracownika w ciągu dnia roboczego, lub zmiany.



Rys. 2. Hierarchia stanowisk i czynności na podstawie PN-EN ISO 9612



Rys. 3. Przykłady stanowisk i czynności

4. Wyposażenie pomiarowe (wg. PN-EN ISO 9612)

Do pomiarów mogą być stosowane całkująco-uśredniające mierniki poziomu dźwięku lub indywidualne mierniki ekspozycji na dźwięk.

Urządzenia pomiarowe włączając w to okablowanie oraz mikrofony powinny spełniać wymagania IEC61672-1:2002 dla przyrządów pomiarowych klasy 1 lub 2, przy czym dla pomiarów przy niskich temperaturach, ze względu na składowe wysokoczęstotliwościowe poleca się stosowanie mierników klasy 1. Należy pamiętać, że wybór wyposażenia pomiarowego wpływa znacząco na niepewność pomiaru. Dla mierników poziomu dźwięku powinno się stosować kalibrator zgodny z normą IEC 60942:2003 klasy 1, który zaleca się sprawdzać co 2 lata zgodnie z wymaganiami IEC 61672, o ile przepisy krajowe nie stanowią inaczej. Sprawdzenia dokonuje się w laboratoriach wzorcujących posiadających wzorce odpowiednich jednostek.



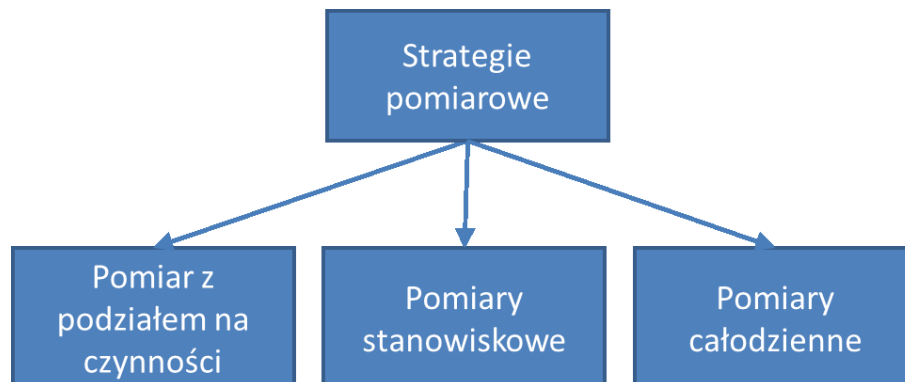
Rys. 4. Przykład miernika poziomu dźwięku

5. Strategie pomiarowe (wg. PN-EN ISO 9612)

Na wybór odpowiedniej strategii pomiarowej wpływa wiele czynników takich jak;

- cel pomiarów
- złożoność sytuacji w miejscu pracy
- czas dostępny do przeprowadzenia badań
- liczba pracowników
- efektywny czas trwania pracy.

Ww. norma precyzuje trzy strategie pomiarowe, które pokazuje poniższy diagram



Rys. 5. Strategie pomiarowe przy wyznaczaniu zawodowej ekspozycji na hałas

6. Pomiar z podziałem na czynności

6.1. Podział nominalnego dnia na czynności

Dla grupy pracowników o jednorodnej ekspozycji na hałas nominalny dzień pracy powinien zostać podzielony na czynności, w taki sposób, że każda czynność powinna być zdefiniowana, aby $L_{p,A,eqT,m}$ była powtarzalna. Należy również dopilnować, aby wszystkie istotne udziały hałasu były uwzględnione.

6.2. Czas trwania czynności

Wyznaczenie czasów trwania poszczególnych czynności powinien być wyznaczony:

- prowadząc rozmowy z pracownikami i przełożonym
- obserwując i mierząc czasy trwania czynności podczas pomiaru hałasu
- zbierając dane dotyczące działania typowych źródeł hałasu (procesów, urządzeń itp).

6.3. Pomiar $L_{p,A,eqT,m}$ dla czynności

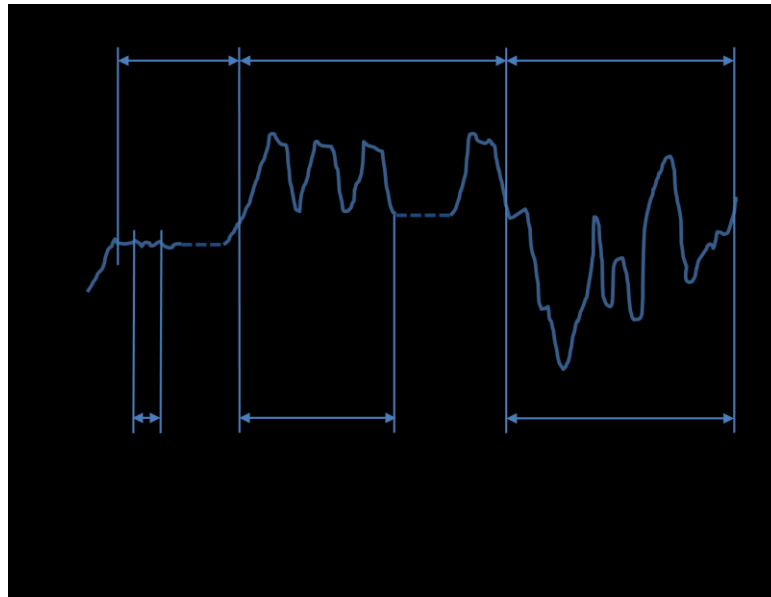
Dla każdej wyznaczonej czynności powinna być zmierzona wartość $L_{p,A,eqT,m}$ reprezentatywna dla narażenia pracownika na hałas. Pomiary powinny uwzględniać zmiany poziomu hałasu dla każdej czynności.

Osoba przeprowadzająca pomiar powinna upewnić się, że wykonywana praca jest reprezentatywna oraz jeżeli to możliwe pracownik powinien być obserwowany podczas pracy. W przypadku, gdy warunki pracy odbiegają od normalnej sytuacji należy tę informację umieścić w sprawozdaniu.

Czas trwania pomiaru powinien być dostatecznie długi (min. 5 min.) aby odzwierciedlał średni równoważny poziom ciśnienia akustycznego dla danej czynności. Jednakże w przypadku, gdy poziom dźwięku jest stały i powtarzalny można ten czas skrócić (Rys. 5. czynność 1).

W przypadku, gdy hałas jest cykliczny czas trwania pomiaru powinien odpowiadać czasowi trwania określonej liczbie pełnych cykli (Rys. 5. czynność 2). Minimum 3 pełne cykle, chyba, że czas 3 pełnych cykli jest mniejszy niż 5 minut to wtedy 5 minut.

Jeżeli hałas jest zmienny losowo (Rys. 5. czynność 3), to czas trwania każdego pomiaru powinien zapewnić, że mierzona wartość $L_{p,A,eqT,m}$ jest reprezentatywna dla danej czynności.



Rys. 6. Przykład trzech różnych okresów z różnymi sytuacjami hałasowymi i właściwym czasem trwania każdego pomiaru na podstawie normy PN-EN ISO 9612 (L – poziom hałasu, t – czas, T_i – czas trwania czynności i ; t_i – czas pomiaru i).

Jeżeli wyniki 3 pomiarów różnią się o 3 dB należy:

- dokonać co najmniej 3-ch dodatkowych pomiarów dla danej czynności lub,
- podzielić czynność na czynności składowe i powtórzyć pomiary lub,
- powtórzyć ten podrozdział dokonując pomiarów z wydłużonym czasem.

6.4. Wzory do obliczeń (strategia pomiarowa z podziałem na czynności):

Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyka częstotliwościową A dla czynności m na podstawie I oddzielnych pomiarów $L_{p,A,eqT,mi}$

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 * L_{p,A,eqT,mi}} \right) \text{ dB} \quad (4)$$

gdzie:

- $L_{p,A,eqT,mi}$ równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyka częstotliwościową A dla czynności m o czasie trwania T_m
- i numer próbki dla czynności m ,
- I ogólna liczba próbek dla czynności m

Udział hałasu związanego z czynnością m w dziennym poziomie ekspozycji na hałas $L_{EX,8h,m}$:

$$L_{EX,8h,m} = L_{p,A,eqT,m} + 10 \lg \left(\frac{\bar{T}_m}{T_0} \right) \text{ dB} \quad (5)$$

gdzie:

- \bar{T}_m średnia arytmetyczna czasu trwania czynności m ,
- T_0 przedział czasowy odniesienia $T_0 = 8\text{h}$

Dzienny poziom ekspozycji na hałas:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 * L_{EX,8h,m}} \right) \quad (6)$$

Niepewność standardowa wyliczana na podstawie wartości liczbowych poszczególnych niepewności:

$$u^2(L_{EX,8h}) = (\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2(u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + c_3^2) + (c_{1b,m}^2 u_{1b,m}^2)]) \quad (7)$$

przy czym:

$u_{1a,m}$	niepewność standardowa związana z próbkowaniem poziomu hałasu dla czynności m
$u_{1b,m}$	niepewność standardowa związana z oszacowaniem trwania czynności m (wstawiamy wartość 0, gdy nie ma różnicy między czasem minimalnym a maksymalnym)
$u_{2,m}$	niepewność standardowa związana z wyposażeniem pomiarowym stosowanym dla czynności m
u_3	niepewność standardowa związana z położeniem mikrofonu
$c_{1a,m}$ i $c_{1b,m}$	odpowiednie współczynniki wrażliwości dla czynności m
m	numer czynności
M	ogólna liczba czynności

Niepewność rozszerzona wynosi: $U=1,65u$.

Współczynniki wrażliwości:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1*(L_{p,A,eqT,m} - L_{EX,8h})} \quad (8)$$

$$c_{1b,m} = 4,34 * \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad (9)$$

Niepewność standardowa $u_{1a,m}$ poziomu hałasu dla czynności m , wynikająca z próbkowania jest dana równaniem:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]} \quad (10)$$

Gdzie:

$\bar{L}_{p,A,eqT,m}$	średnia arytmetyczna z I wartości równoważnego poziomu ciśnienia akustycznego skorygowanego charakterystyką częstotliwościową A, zmierzonych dla czynności m ,
i	numer próbki dla czynności m
I	liczba próbek dla czynności m .

Przebieg ćwiczenia

- Zapoznać się z aparaturą pomiarową
- Określić stanowiska pracy do wyznaczenia zawodowej ekspozycji na hałas.
- Naszkicować w sprawozdaniu pomieszczenie, w którym dokonujemy pomiarów, uwzględniając rozmieszczenie stanowisk pracy oraz lokalizację miejsc źródeł hałasu. Nanieść na rysunek odległości pomiędzy pracownikiem a źródłami hałasu oraz lokalizację punktów pomiarowych oznaczonych jako \otimes .
- Przeprowadzić analizę pracy (założenie dnia roboczego) – dzień nominalny. Przyjąć odpowiednie ramy czasowe na potrzeby przeprowadzenia obliczeń w laboratorium. Podział na czynności wpisać razem z czasami ich trwania.
- Nastawić i zapisać wybraną charakterystykę pracy urządzenia pomiarowego.
- Dokonać rejestracji poziomu hałasu za pomocą aparatury. Dokonać pomiarów trzech próbek hałasu dla każdej czynności. Odnotować wyniki w tabeli sprawozdania pomiarowego. Pomiarów dokonać w odległości 0,1-0,2 m od głowy pracownika pracującego na danym stanowisku przy danej czynności z mikrofonem skierowanym w stronę najgłośniejszego źródła hałasu.
- Dokonać obliczeń uśrednionego energetycznie równoważnego poziomu hałasu dla poszczególnych czynności. Wyniki umieścić w tabeli sprawozdania (skorzystać ze wzorów przedstawionych w rozdziale 6.4.).
- Dokonać analizy niepewności standardowej i rozszerzonej dla wykonanych pomiarów (na podstawie wzorów przedstawionych w rozdziale 6.4.) nie uwzględniając w budżecie niepewności szacowania czasów poszczególnych czynności. Podczas obliczeń przyjąć niepewność standardową pomiarową $u_{2,m}=1,5$ dB (miernik klasy 2 zgodny z IEC 61252) oraz niepewność pomiarową związaną z położeniem mikrofonu $u_3=1$ dB. Wyniki można zanotować w tabeli sprawozdania.
- Zapisać wnioski.