4.6. SZACOWANIE WYNIKÓW POMIARÓW I OBLICZEŃ.

Z praktyki i teorii pomiarów wiadomo, te każdy wynik obarczony jest błędem. W ogólności błędy te można podzielić na trzy klasy. W pierwszym rzędzie są to błędy systematyczne związane z aproksymacyjnym charakterem modelu szukanej wartości. Na przykład przy pomiarze intensywności akustycznej pomiar prędkości czystki zastępuje się różnica skończoną ciśnienia, co dla wysokich częstości daje błędy amplitudowe i fazowe. Podobne efekty daje błędna kalibracja toru pomiarowego. Druga klasa błędów jest związana z dokładnością posiadanej aparatury, która dla mierników precyzyjnych wynosi przeciętnie ±1 dB, a w innych przypadkach może przyjmować znacznie większe wartości. Ostatnia klasa błędów przypadkowych w swej naturze wynika z przypadkowych fluktuacji samej mierzonej wielkości otoczenia pomiarowego. Dlatego istotne wydaje się zapoznanie przynajmniej z uproszczonym sposobem szacowania prawdopodobnej wartości wyniku pomiaru. Pełny opis szacowania wyników badań łącznie z określeniem poziomu ufności wyniku prawdopodobnego można znaleźć w [79] i [80].

Większość wyników badań w wibroakustyce podawana jest w s4<ali decybelowej, dlatego rozważanie o błędach rozpoczniemy od tego przypadku. Jeśli poszczególne wyniki pomiarów poziomu hałasu lub drgań Li nie różnią się między sobą o więcej niż o 5 do 7 d8, to średni wynik pomiaru wielkości a można szukać jako średnią ich poziomów.

$$\overline{L}_a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{1=1}^{n} L_i = E(L_i). \tag{4.64}$$

Jeśli natomiast różnice między wynikami są większe, to średnią arytmetyczną należy obliczać dla intensywności z wzoru

$$I_a = 10 \lg \frac{\overline{a}}{a_u}, \overline{a} = E(a_i) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 L_i} \tag{4.65}$$

gdzie a, a_u - wartość średnia i wartość odniesienia (umowna) mierzonej wielkości bezwzględnej.

Przy bezwzględnych pomiarach badanych wielkości średnią arytmetyczną ciągu wyników a_i można znaleźć z oczywistego wzoru

$$\overline{a} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} a_i \tag{4.66}$$

Zakładając, że ciąg błędów przypadkowych ma normalny charakter, można przejść do oszacowania wyniku prawdopodobnego. W tym celu obliczamy wpierw odchylenie średnia kwadratowe S dla n wyników pomiaru

$$S = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (a_i - \overline{a})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

lub dla poziomów (4.67)

$$S=\left[\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(10^{0,1L_i}-\overline{a}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

Jeśli przeprowadzimy kilka serii takich badań po n wyników, to wartość średnia ze średnich będzie dążyć do rzeczywistej wartości średniej μ_a z odchyleniem wartości średniej $\sigma_{\overline{a}}$ równym

$$E(\overline{a})=\mu_{\overline{a}}\,,\quad \sigma_{\overline{a}}=\frac{1}{\sqrt{n}}S \qquad (4.68)$$

Najbardziej prawdopodobny błąd pomiaru σ_{ap}, czyli dający równe prawdopodobieństwo odchyleń od wartości oczekiwanej w stronę mniejszych i większych wartości

$$P\left(\left|a_i-\overline{a}\right|\leq\sigma_{ap}\right)=0{,}5$$

wynosi (4.69)

$$\sigma_{ap}=0{,}6745S$$

W takim razie szukany wynik może mieścić się w przedziale

$$(\overline{a}-\sigma_{ap})<a<(\overline{a}+\sigma_{ap}). \qquad (4.70)$$

bądź w nieco węższym przedziale

$$(a-\sigma_{\overline{a}})<a<(\overline{a}+\sigma_{\overline{a}}).$$

Przybliżoną ocenę wyniku prawdopodobnego można przeprowadzić na podstawie prawa trzech sigm wynikającego z rozkładu normalnego. Prawdopodobieństwo, że poszukiwana wartość średnia leży poza tym przedziałem jest równe jednej czwartej procenta, czyli

$$\mathrm{P}(\left|a-\overline{a}\right|<3\mathrm{S})=0{,}0026\cong 1/4\%.$$

Na zakończenie tego krótkiego wprowadzenia do rachunku błędów warto wskazać, że w myśl teorii rozkładu normalnego błędów zwiększanie liczby wyników zawęża przedział błędu (4.67), lecz zwiększenie liczby pomiarów powyżej $10\div20$ mija się już z celem.