

**Веденеева Анна Владимировна**

студентка

**Касаткина Элла Феликсовна**

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный

университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»

г. Владимир, Владимирская область

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОШИБОК КОНТРОЛЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ**

***Аннотация:** в данной статье рассматриваются вопросы оценки ошибок первого и второго рода при проведении испытаний тахометров.*

***Ключевые слова:** вероятность ошибки, тахометр, погрешность измерения, деформация закона распределения случайной величины.*

При проведении статистических исследований важным элементом является определение вероятностей ошибок первого и второго рода.

Например, если измеряемая частота вращения соответствует  $2000 \text{ с}^{-1}$ , допускается, чтобы показания тахометров находились в интервале от 2000 до  $2100 \text{ с}^{-1}$ . Значение основной погрешности тахометров для каждой числовой отметки шкалы установлены ТУ 37.003.1251 – 85. Таким образом, если при проведении испытаний показания тахометров не выходят за указанные границы, то по результатам испытаний приборы признаются годными, если показания тахометров выходят за указанные границы – приборы признаются негодными.

При проведении операции контроля существуют систематические и случайные погрешности. Допустим, что систематические погрешности измерения известны и исключены, таким образом, учитываются только случайные погрешности измерения.

Введем следующие обозначения:

$N_{\text{д}}$  – действительное значения измеряемого параметра  $N$ , которое в процессе измерения остается случайной величиной;  $F(N)$  – плотность распределения

значений  $N_{\text{д}}$  измеряемого параметра  $N$ ;  $N_{\text{е}}$  – результат измерения;  $X = N_{\text{е}} - N_{\text{д}}$  – погрешность измерения;  $f(X)$  – плотность распределения погрешности измерения.

Погрешность измерения, как правило, приводит к деформации закона распределения измеряемого параметра. Поскольку при регулировке тахометров проводится их настройка на середину поля допуска основной погрешности, теоретически предполагается, что распределение измеряемой величины – показаний партии тахометров на данной числовой отметке – подчиняется нормальному закону. На рис. 1 показана деформация закона распределения  $f(N)$  параметра (сплошная линия) за счет погрешности измерения  $X$  (пунктир). В результате образуются зоны I и II, характеризующие браковку годного и пропуск негодного тахометра. Здесь  $\sigma_N$  – среднеквадратическое отклонение (СКО) контролируемого параметра,  $\sigma_X$  – СКО погрешности измерения. Тогда допуск параметра  $T = 6\sigma_N$ , а допуск погрешности измерения  $T_X = 6\sigma_X$ .

При проведении контроля методом перехода стрелки через отметку на шкале тахометра в качестве  $N_{\text{е}}$  выступает значение частоты вращения, снятое по цифровому табло установки, а  $N_{\text{д}}$  – значение, которое должно было бы быть на цифровом табло установки при данном значении электрического сигнала, подаваемого на контролируемый тахометр.

Пусть в результате измерения величины  $N_{\text{д}}$  параметра  $N$  по цифровому табло установки считано показание  $N_{\text{е}}$ . Таким образом, возможны следующие события:  $I_{N_{\text{д}}}$  – значение  $N_{\text{д}}$  параметра  $N$  находится в границах  $(a, b)$  поля допуска контролируемого параметра;  $I'_{N_{\text{д}}}$  – значение  $N_{\text{д}}$  параметра  $N$  находится вне границ поля допуска;  $I_{N_{\text{е}}}$  – результат измерения  $N_{\text{е}}$  находится в границах поля допуска;  $I'_{N_{\text{е}}}$  – результат измерения  $N_{\text{е}}$  находится вне границ поля допуска.

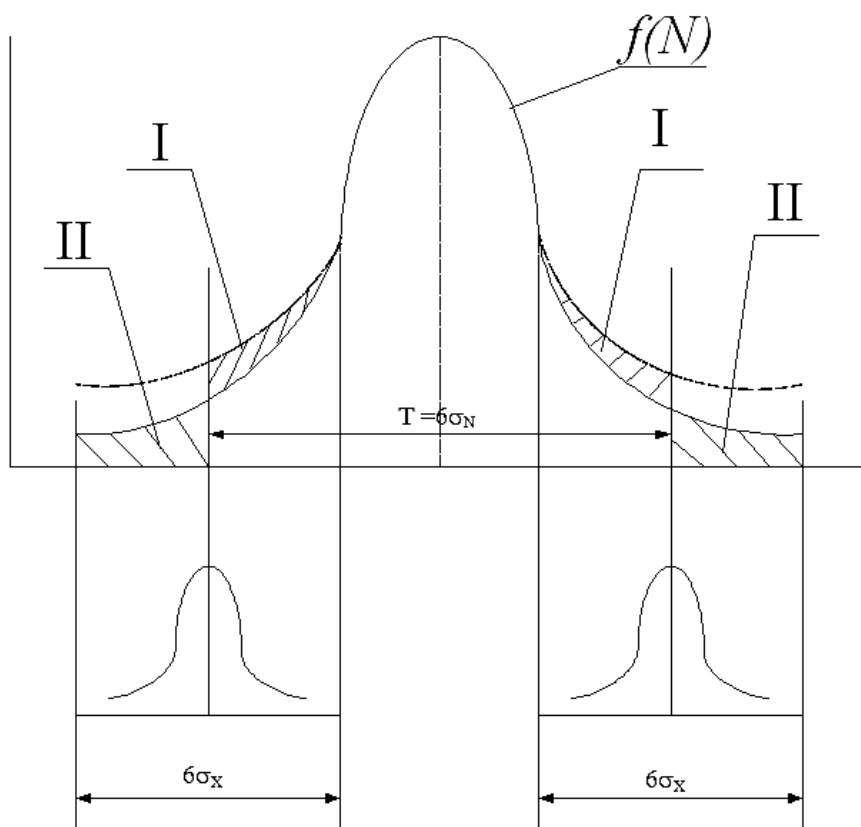


Рис. 1. Деформация закона распределения

События, связанные со значением  $N_{\ddot{a}}$  параметра  $N$  и результатом измерения  $N_{\check{e}}$ , попарно совместные. Поэтому возможны следующие события:

$\dot{I}_{N_{\ddot{a}}N_{\check{e}}}$  – значение  $N_{\ddot{a}}$  и результат измерения  $N_{\check{e}}$  находятся в границах поля допуска. В этом случае делается верное заключение о том, что значение величины параметра находится в границах поля допуска;

$\dot{I}_{N'_{\ddot{a}}N'_{\check{e}}}$  – величины  $N_{\ddot{a}}$  и  $N_{\check{e}}$  находятся вне границ поля допуска, т. е. тоже делается верное заключение о результате контроля параметра;

$\dot{I}_{N_{\ddot{a}}N'_{\check{e}}}$  – значение величины  $N_{\ddot{a}}$  параметра  $N$  находится в границах поля допуска, а результат измерения  $N_{\check{e}}$  – вне границ поля допуска; это событие называется ложным браком;

$\dot{I}_{N_{\ddot{a}}'N_{\dot{e}}}$  – значение величины  $N_{\ddot{a}}$  находится вне границ поля допуска, а результат измерения  $N_{\dot{e}}$  – в границах поля допуска; это событие называется необнаруженным браком.

Очевидно, что качество или инструментальную достоверность контроля параметра  $N$  можно оценить вероятностной мерой появления рассмотренных сложных событий. Эти события несовместные и составляют полную группу событий, поэтому сумма вероятностей их появления равна единице:

$$P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}N_{\dot{e}}}) + P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}'N_{\dot{e}}}) + P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}N_{\dot{e}}'}) + P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}'N_{\dot{e}}'}) = 1$$

Назовем сумму вероятностей событий  $P = P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}N_{\dot{e}}}) + P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}'N_{\dot{e}}})$  вероятностью верного заключения о результате контроля ( $\dot{D}_{\hat{A},\zeta}$ ), а сумму вероятностей  $P = P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}N_{\dot{e}}'}) + P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}'N_{\dot{e}}})$  – вероятностью неверного заключения ( $\dot{D}_{\hat{I},\zeta}$ ). Следовательно,  $\dot{D}_{\hat{A},\zeta} + \dot{D}_{\hat{I},\zeta} = 1$ . Вероятность события  $P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}N_{\dot{e}}'})$  назовем вероятностью ошибки первого рода ( $P_I$ ), а вероятность события  $P(\dot{I}_{N_{\ddot{a}}'N_{\dot{e}}})$  – вероятностью ошибки второго рода ( $P_{II}$ ). В этом случае  $\dot{D}_{\hat{I},\zeta} = P_I + P_{II}$ . Таким образом, вероятности  $P_I$ ,  $P_{II}$ ,  $\dot{D}_{\hat{I},\zeta}$ ,  $\dot{D}_{\hat{A},\zeta}$  зависят от точностных характеристик измерительных средств, поля допуска и распределения значения  $N_{\ddot{a}}$  измеряемого параметра  $N$ . Эти вероятности можно взять в качестве критериев оценки инструментальной достоверности измерений.

Для определения значений вероятностей  $P_I$  и  $P_{II}$  возьмем формулу полной вероятности в интегральной форме. Пусть имеется некоторое событие  $H$ , и известна условная вероятность  $P\{H/X\}$  появления события  $H$  при условии, что произошло событие  $X$ . В теории вероятностей доказывается, что, если функция  $P\{H/X\}$  интегрируема относительно  $F(X)$ , то имеет место следующая формула полной вероятности:

$$P(H) = \int P\left\{\frac{H}{X}\right\} dF(X)$$

Вероятности ошибок контроля:

$$P_I = \frac{1}{\pi} \int_{-\eta}^{\eta} e^{-\frac{N_{\ddot{a}}^2}{2}} dN_{\ddot{a}} \int_{\frac{3(N_{\ddot{a}}-\eta)}{\eta_N}}^{\infty} e^{-\frac{X^2}{2}} dX; \quad P_{II} = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{-\eta} e^{-\frac{N_{\ddot{a}}^2}{2}} dN_{\ddot{a}} \int_{-\frac{3(N_{\ddot{a}}+\eta)}{\eta_N}}^{\frac{3(N_{\ddot{a}}-\eta)}{\eta_N}} e^{-\frac{X^2}{2}} dX$$

Искомые вероятности ошибок контроля при проведении приемочных испытаний можно определить, используя номограммы функций  $P_I = f(\eta, \eta_T, \eta_N)$  и  $P_{II} = f(\eta, \eta_T, \eta_N)$ , где:

$$\eta = \frac{T}{\sigma_N}; \quad \eta_T = \frac{\Delta_{\text{сг}}}{T}; \quad \eta_N = \frac{\Delta_{\text{сг}}}{\sigma_N}.$$

Таким образом, вероятности возникновения ошибок первого и второго рода:

$$P_I = 0,022 \text{ и } P_{II} = 0,007.$$