

Контроль и диагностика

Информационно-измерительные системы

- Измерения
- Контроль
- Диагностика
- Распознавание образов

Измерительные системы

Измерение – определение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств.

Результат измерения – численное отношение между измеряемой величиной и некоторым ее значением, принятым за единицу сравнения.

Системы контроля

Контроль – установление соответствия между состоянием объекта и заданной нормой, определяющей качественно различные области его состояния.

Результат контроля – количественно определенное суждение о состоянии объекта.

Задачи контроля

1. Проверка исправности
2. Проверка работоспособности
3. Проверка правильности функционирования

Системы диагностики

Диагностирование – определение, в каком из множества возможных состояний находится объект

Результат диагностирования – диагноз – заключение о состоянии объекта

* * * * *

*Если мощность множества возможных состояний равно 2,
результат диагностирования \equiv результат контроля*

Классификация систем контроля

- ✓ Контроль параметров объекта или функций от них
- ✓ Контроль активных или пассивных величин
- ✓ Контролируемые параметры – независимые или зависимые
- ✓ Сравнение с уставками – аналоговое или цифровое
- ✓ Структура системы – последовательная или параллельная
- ✓ Система универсальная или специализированная
- ✓ Система внешняя или встроенная
- ✓ Контроль текущего состояния или прогноз
- ✓ Контроль одно- или многоальтернативный

Операции, выполняемые в системах контроля

1. Восприятие контролируемых величин
2. Формирование норм (уставок)
3. Сравнение контролируемых величин с уставками
4. Формирование суждений о состоянии объекта
5. Вывод результатов контроля (оператору, системе управления)
6. Самоконтроль
7. Измерение контролируемых величин
8. Обработка результатов измерения или контроля
9. Формирование тестовых сигналов
10. Промежуточные преобразования контролируемых величин

Системы контроля

Контролируемые параметры – величины, характеризующие состояние объекта:

$$X = x_1, x_2, \dots, x_n$$

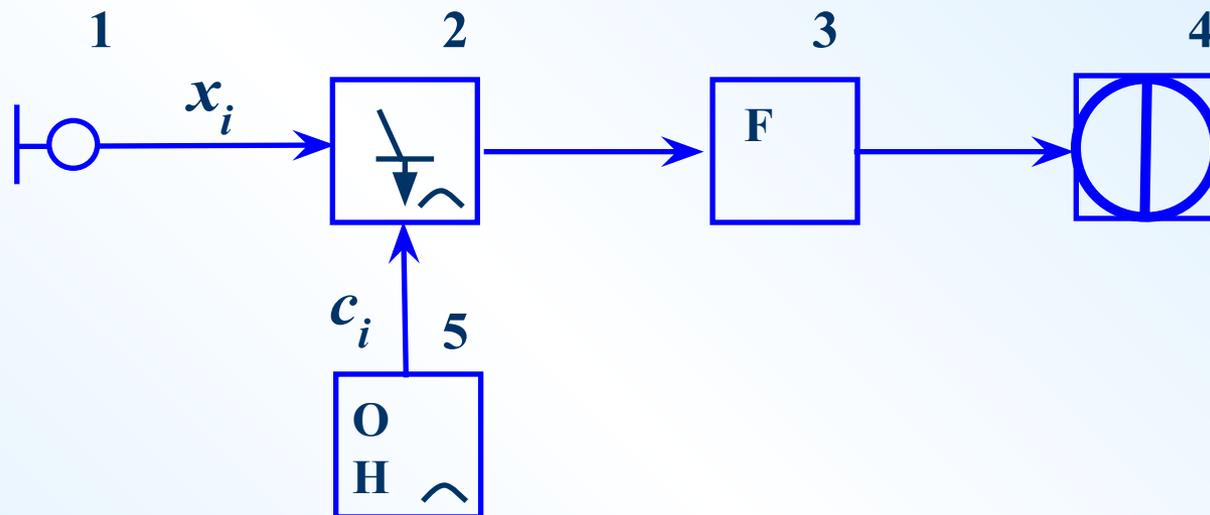
* * * * *

Нормы (установки) – значения параметров, по которым оценивается состояние объекта:

аналоговые нормы: $C = c_1, c_2, \dots, c_n$

цифровые нормы: $DC = Dc_1, Dc_2, \dots, Dc_n$

Канал системы контроля (1)



Описание норм (ОН) и сравнение в аналоговом виде

1 – датчик контролируемой величины

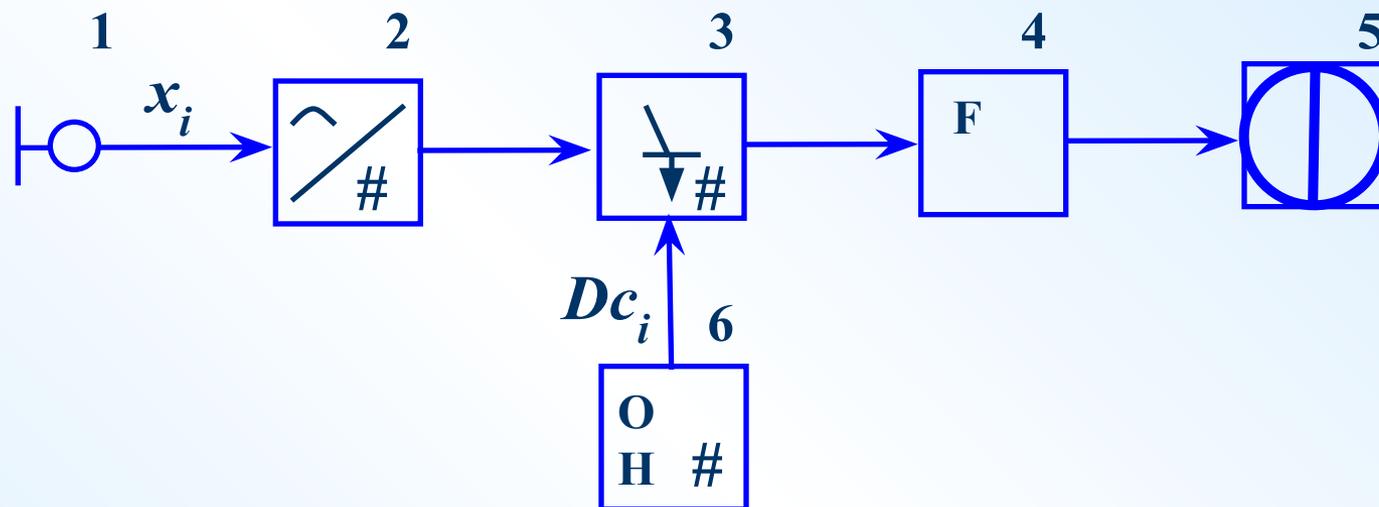
2 – устройство сравнения

3 – устройство анализа

4 – сигнальное или регистрирующее устройство

5 – устройство формирования уставок

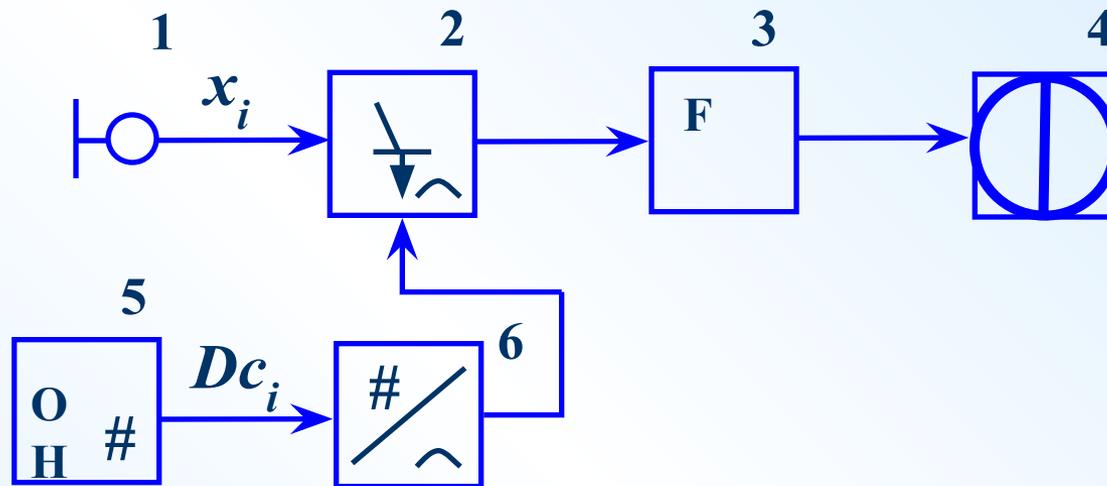
Канал системы контроля (2)



Описание норм и сравнение в цифровой форме

- 1 – датчик контролируемой величины
- 2 – аналого-цифровой преобразователь
- 3 – устройство сравнения
- 4 – устройство анализа
- 5 – сигнальное или регистрирующее устройство
- 6 – устройство формирования уставок

Канал системы контроля (3)



Описание норм в цифровой, сравнение в аналоговой форме

- 1 – датчик контролируемой величины
- 2 – устройство сравнения
- 3 – устройство анализа
- 4 – сигнальное или регистрирующее устройство
- 5 – устройство формирования уставок
- 6 – цифро-аналоговый преобразователь

Характеристики систем контроля

1. Полнота
2. Достоверность
3. Погрешность измерения
4. Надежность
5. Производительность
6. Потребляемая энергия
7. Габаритные размеры, масса...
8. Эффективность

Полнота контроля

*Характеризует степень охвата
объекта операциями контроля*

- Показатель структурный: $V_s = N_{кэ} / N_{э}$
- Показатель параметрический: $V_p = P_{кп} / P_{п}$
- Показатель функциональный: $V_f = F_{кф} / F_{ф}$
- Показатель информационный: $V_i = I_{к} / I$
- Показатель надежности: $V_r = Q_{к} / Q$

Оценка полноты контроля по надежности

$$V_p = \frac{Q_k}{Q} = \frac{1 - p_k(t)}{1 - p(t)} \quad (1)$$

$$p_k(t) = e^{-\lambda_k t} \quad (2)$$

$$p(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

при $\lambda t \ll 1$

$$p_k(t) \approx 1 - \lambda_k t \quad (4)$$

$$p(t) \approx 1 - \lambda t \quad (5)$$

$$V_p \approx \frac{\lambda_k}{\lambda}$$

Достоверность контроля

*Характеризует степень доверия
к результатам контроля*

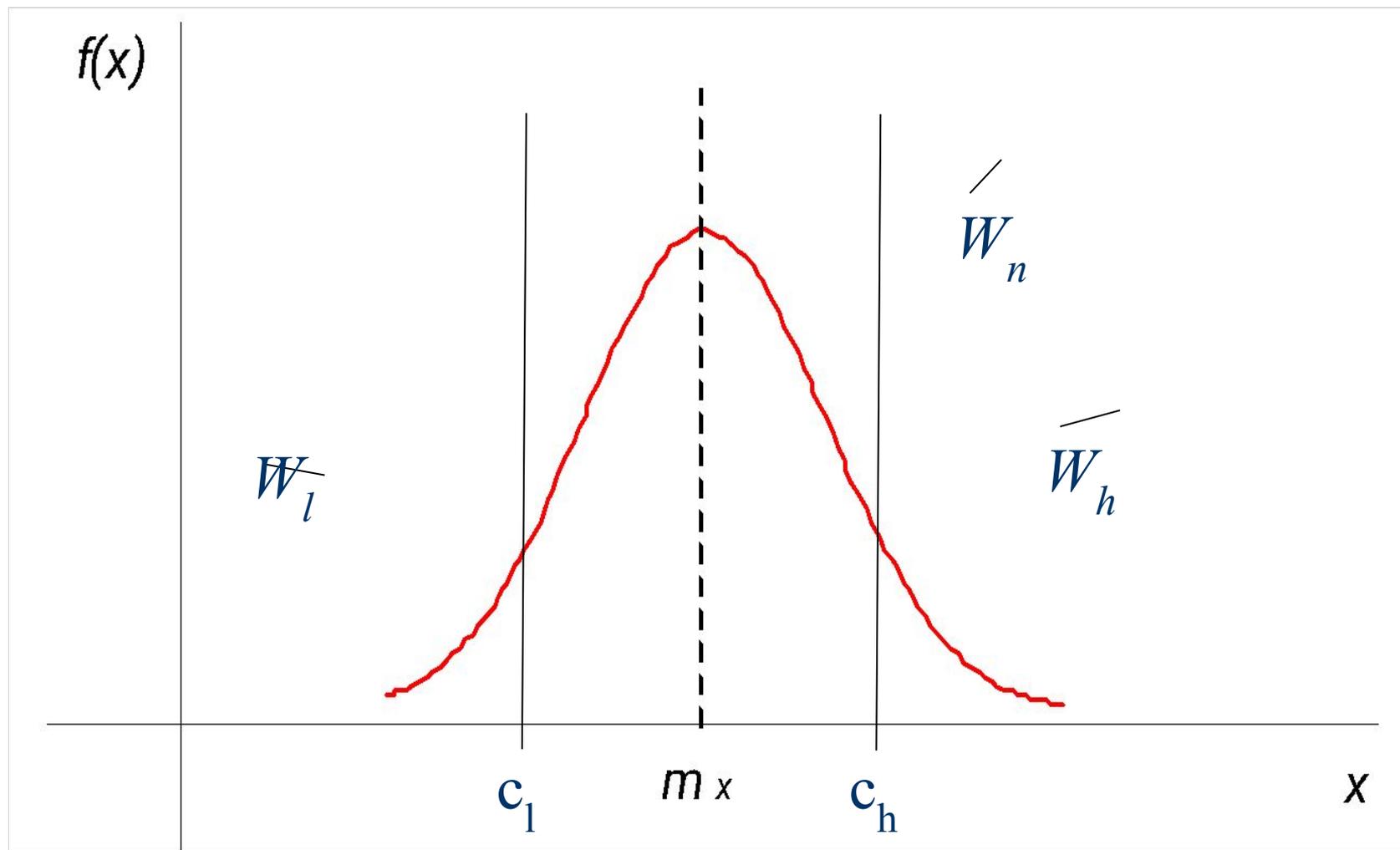
Пусть x – контролируемый параметр – случайная величина, распределение вероятностей значений которой $f(x)$ подчиняется нормальному закону

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}}$$

σ_x – среднеквадратическое отклонение

m_x – математическое ожидание

Распределение контролируемого параметра



c_l и c_h – нижняя и верхняя уставки

Количество годных и бракованных (погрешностей средств контроля нет)

Доля годных объектов:

$$W_n = \int_{C_l}^{C_h} f(x) dx \quad (1)$$

Доля негодных объектов:

$$W_f = W_l + W_h \quad (2)$$

где:

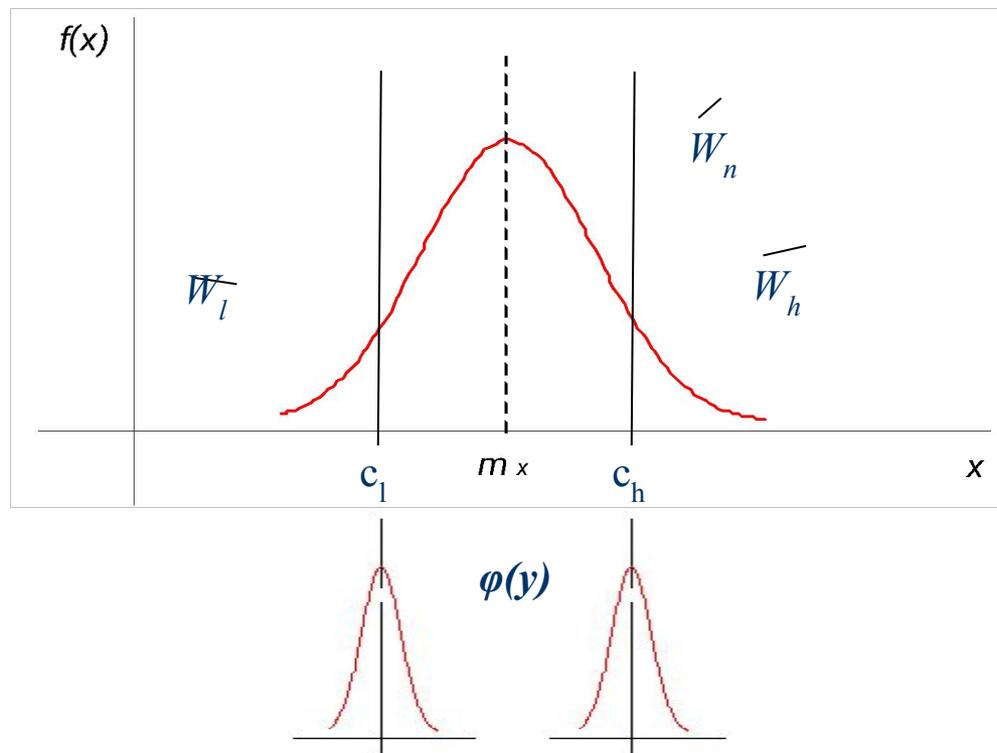
$$W_l = \int_{-\infty}^{C_l} f(x) dx \quad (2a)$$

$$W_h = \int_{C_h}^{\infty} f(x) dx \quad (2б)$$

Погрешности средств контроля

Пусть средства контроля обладают случайной погрешностью y – распределение вероятностей значений которой $\varphi(y)$ тоже подчиняется нормальному закону, причем

$$m_y = 0, \quad \sigma_y < |c_h - c_l|$$



Контроль суперпозиции x и y

Если случайные величины x и y независимы, то случайная величина $z = x + y$ тоже распределена по нормальному закону, причем

$$m_z = m_x + m_y \quad \sigma_z^2 = \sigma_x^2 + \sigma_y^2$$

⇓

система контроля выдает ошибочное решение – исправные объекты классифицирует как брак, а неисправные интерпретирует, как годные.

Возникают ошибки контроля!

Решения в процессе контроля

Действительное состояние объекта	Результат контроля	Ошибка контроля
Объект в норме (исправен)	Объект исправен	Нет ошибок
	Объект неисправен	Ошибка 1-го рода
Объект не в норме (неисправен)	Объект исправен	Ошибка 2-го рода
	Объект неисправен	Нет ошибок

Ошибки контроля

Ошибка 1-го рода - риск изготовителя
(риск поставщика, ошибка “ложной тревоги”)

Ошибка 2-го рода – риск потребителя
(ошибка “пропуск цели”)

Процесс и ошибки контроля характеризуются
вероятностями принятия
правильных и неправильных решений

Вероятность правильного решения относительно исправных изделий

Доля исправных изделий, **правильно** интерпретируемых системой контроля

$$c_l \geq x \geq c_h \quad c_h \geq z = x + y \geq c_l$$

$$W_{n-n} = \int_{c_l}^{c_h} f(x) * \left[\int_{c_l-x}^{c_h-x} \varphi(y) dy \right] dx \quad (1)$$

Вероятность правильного решения относительно неисправных изделий

Доля неисправных изделий, **правильно** интерпретируемых системой контроля

$$W_{f-f} = W_{f-f}^- + W_{f-f}^+ \quad \begin{array}{l} x \leq c_l \text{ или } x \geq c_h \\ z = x + y \leq c_l \text{ или } z = x + y \geq c_h \end{array}$$

$$W_{f-f}^- = \int_{-\infty}^{c_l} f(x) * \left[\int_{-\infty}^{c_l-x} \varphi(y) dy + \int_{c_h-x}^{\infty} \varphi(y) dy \right] dx \quad (2a)$$

$$W_{f-f}^+ = \int_{c_h}^{\infty} f(x) * \left[\int_{-\infty}^{c_l-x} \varphi(y) dy + \int_{c_h-x}^{\infty} \varphi(y) dy \right] dx \quad (2б)$$

Ошибка первого рода (α)

Доля исправных изделий, **не**правильно бракуемых системой контроля

$c_h \geq x \geq c_l$, а $z = x + y \leq c_l$ или $z = x + y \geq c_h$

$$W_{n-f} = \int_{c_l}^{c_h} f(x) * \left[\int_{-\infty}^{c_l-x} \varphi(y) dy + \int_{c_h-x}^{\infty} \varphi(y) dy \right] dx \quad (3)$$

Ошибка второго рода (β)

Доля **не**исправных изделий, **не**правильно принимаемых системой контроля, как исправные

$$x \geq c_h, \quad \text{а} \quad z = x + y \leq c_h$$

ИЛИ

$$x \leq c_l, \quad \text{а} \quad z = x + y \geq c_l$$

$$W_{f-n} = \int_{-\infty}^{c_l} f(x) * \left[\int_{c_l-x}^{c_h-x} \varphi(y) dy \right] dx + \int_{c_h}^{\infty} f(x) * \left[\int_{c_l-x}^{c_h-x} \varphi(y) dy \right] dx$$

(4)

Вероятности результатов контроля

Вероятность неправильного результата контроля:

$$P_{ош} = \alpha + \beta = W_{n-f} + W_{f-n} \quad (5)$$

Вероятность правильного результата контроля:

$$D = 1 - P_{ош} = 1 - (W_{n-f} + W_{f-n}) = W_{n-n} + W_{f-f} \quad (6)$$

D – оценка достоверности контроля:

Надежность системы контроля

1. Среднее время наработки на отказ – T_0
2. Среднее время восстановления работоспособности – T_m
3. Вероятность безотказной работы в течение заданного времени – $P_0(t)$
4. Коэффициент готовности k_{ready} – вероятность того, что в интервале $0 \div T$ система исправна:

$$k_{ready} = \frac{T_0}{T_0 + T_m}$$

Производительность системы контроля

1. Среднее время контроля – $T_k = T_{всп} + T_{ок} + T_a$
2. Производительность – количество объектов, которые могут быть проконтролированы за единицу времени:

$$N = \frac{1}{T_k (1 + \lambda T_m)}$$

λ – интенсивность отказов системы контроля
 T_m – среднее время нейтрализации отказов

Показатели эффективности контроля

Экономический показатель эффективности

Затраты на организацию: $C = C_c + C_z(T) + C_p(p)$

C_c – затраты на приобретение или изготовление САК

$C_z(T)$ – затраты на эксплуатацию

$C_p(p)$ – потери, связанные с отказом САК

Экономия от снижения брака, штрафов и т.п.

Информационный показатель эффективности

Статистический показатель эффективности

.....