Статистическая оценка показателей качества

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Тема объединяет физический смысл показателей и практические методы оценки систем электроснабжения.

Обработка временных рядов, процентили и обоснованность выводов



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

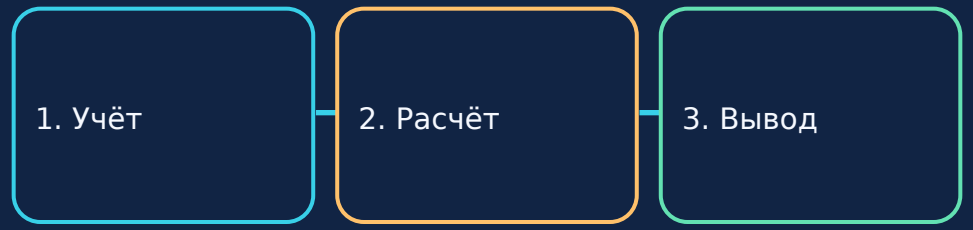
Цель лекции — перейти от определения показателей к инженерному расчёту и анализу.

Цель, задачи и ожидаемые результаты

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рассмотрим ключевые понятия, расчётные формулы и возможные источники ошибок.

Составлять план мониторинга и оценивать распределения. • Вычислять среднее, разброс и процентиль. • Интерпретировать качество с учётом продолжительности регистрации.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

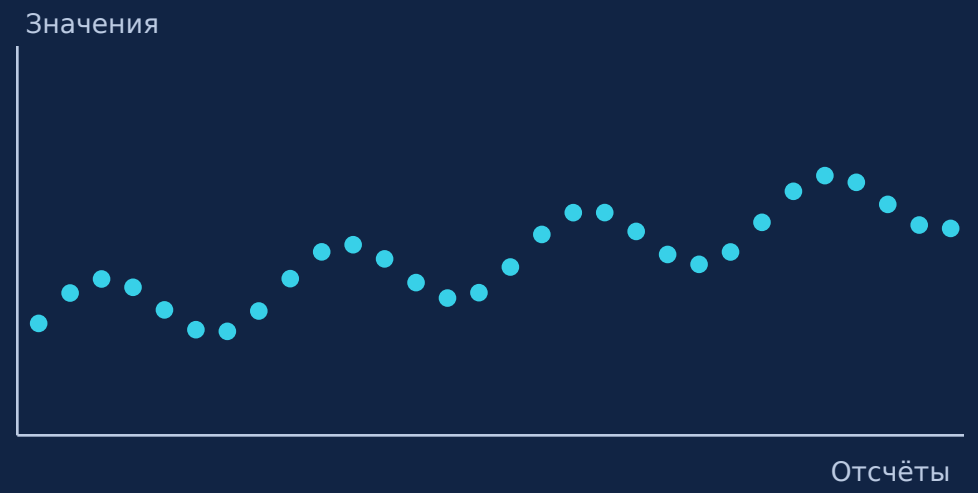
Ожидаемый результат: объяснить метод, выполнить расчёт и обосновать вывод.

Зачем нужна статистика

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Один отсчёт напряжения не описывает качество сети в течение недели.

Статистический анализ выделяет типичные значения и редкие события.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

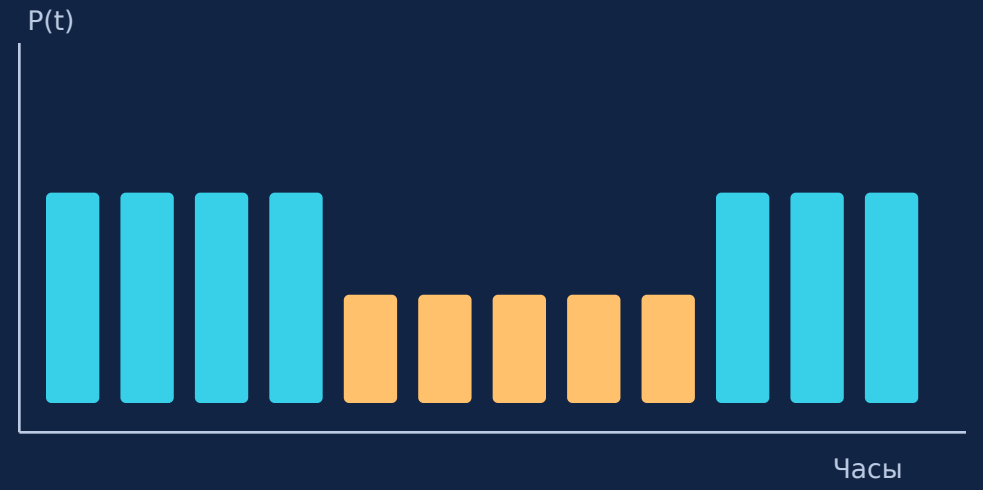
$$\{U_1,U_2,\ldots,U_N\}$$

План наблюдения

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Перед измерением задают точку подключения, длительность и регистрируемые параметры.

Сбор данных должен покрывать характерные режимы нагрузки.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

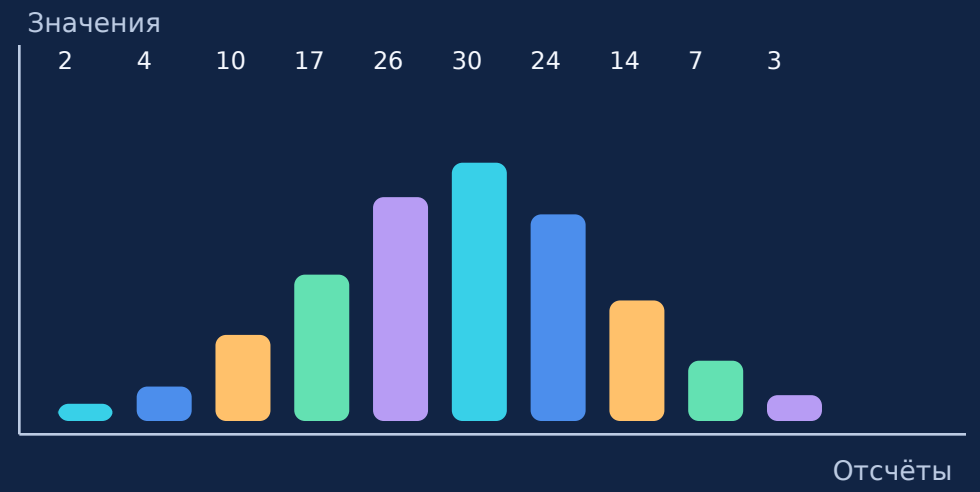
$t_{набл} \geq t_{цикла}$

Среднее значение

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Выборочное среднее характеризует центр распределения при корректном наборе данных.

Сильные выбросы могут заметно смещать это значение.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

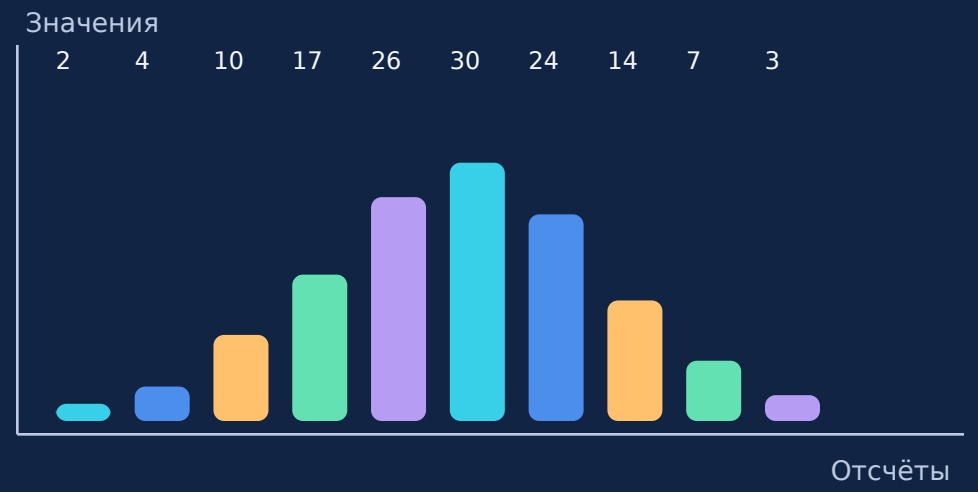
$$\bar{x} = (1/N)\sum x_i$$

Выборочная дисперсия

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Дисперсия описывает разброс относительно среднего значения.

При оценивании по выборке используют делитель N−1.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

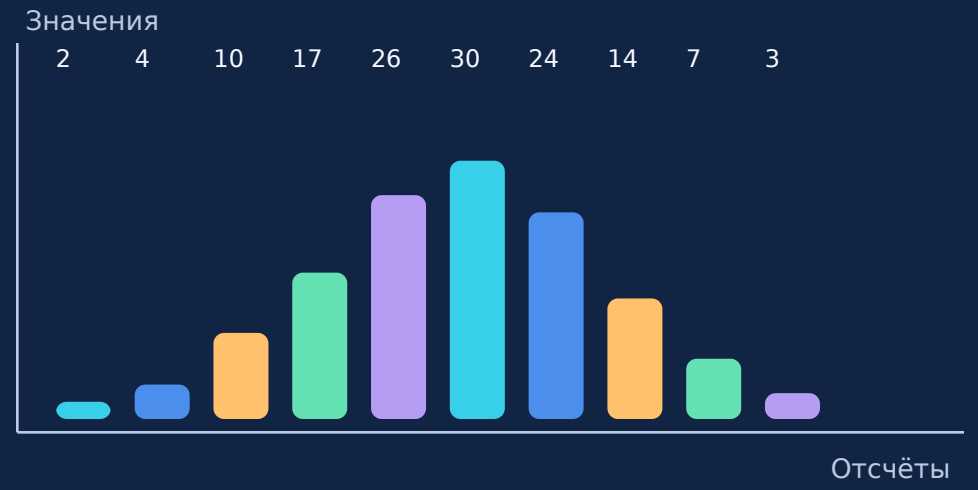
$$s^2 = \sum(x_i - \bar{x})^2/(N-1)$$

Стандартное отклонение

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Корень из дисперсии имеет ту же размерность, что и измеряемый показатель.

Он не равен автоматически погрешности прибора.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

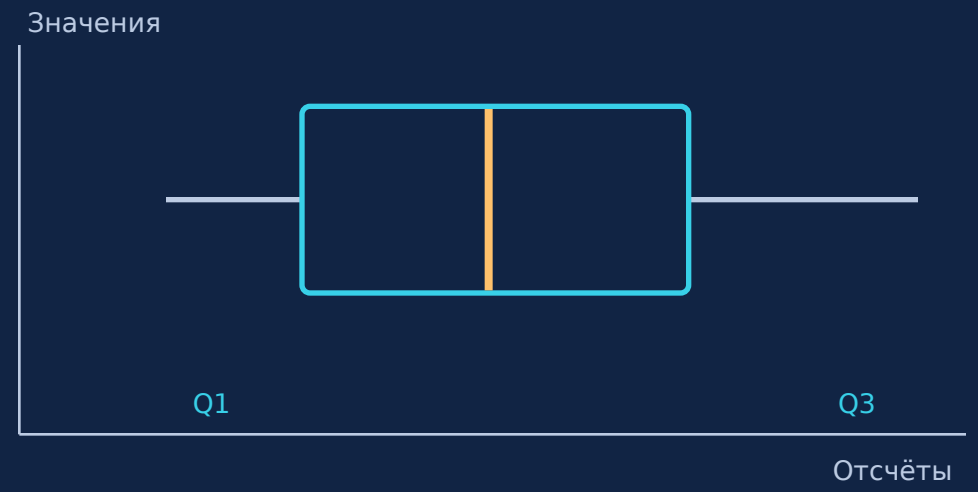
$$s = \sqrt{s^2}$$

Медиана и выбросы

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Медиана меньше чувствительна к единичным экстремальным наблюдениям.

Аномальные значения изучают, прежде чем исключить из выборки.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

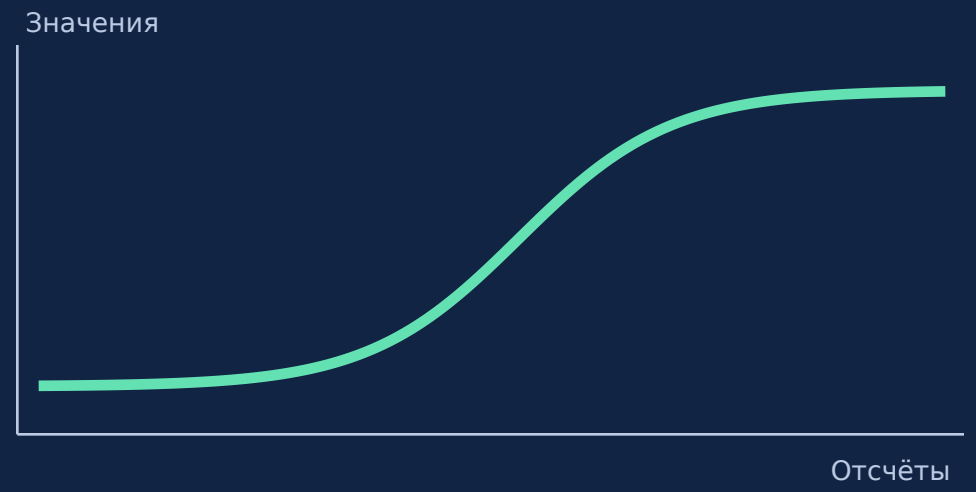
median{x_i}

Процентили

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Процентиль описывает уровень, ниже которого расположена заданная доля наблюдений.

Метод расчёта процентиля необходимо указать в отчёте.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

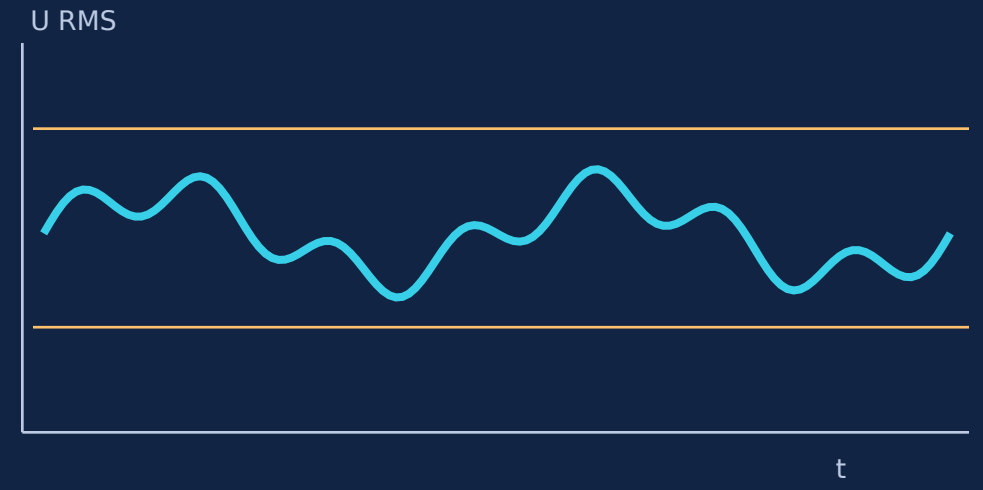
P_95(x)

Доля времени за пределами диапазона

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для проверки порога рассчитывают долю интервалов с нарушением условия.

Учитывают пропущенные интервалы и валидность измерений.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

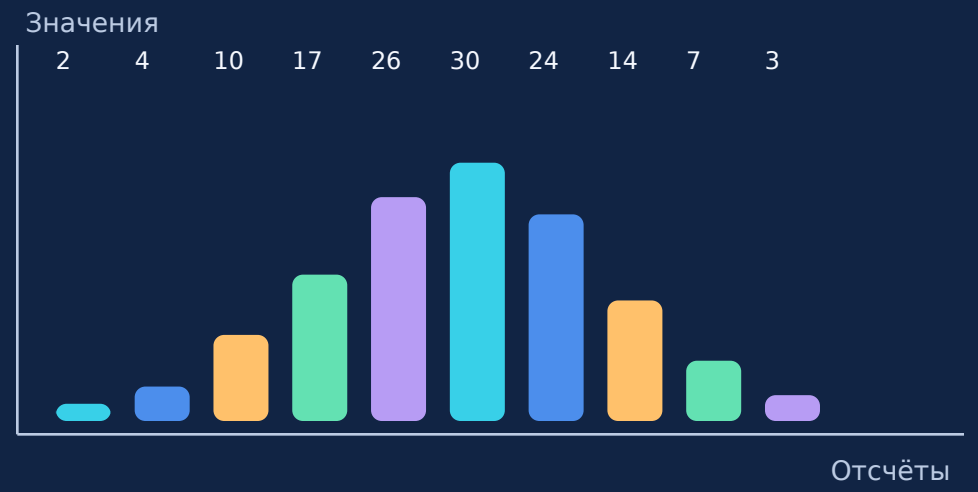
$$p = N_{нар}/N_{валид}\cdot 100\%$$

Гистограмма

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Гистограмма показывает частоту попадания измерений в интервалы значений.

Вид результата зависит от выбранной ширины интервалов.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

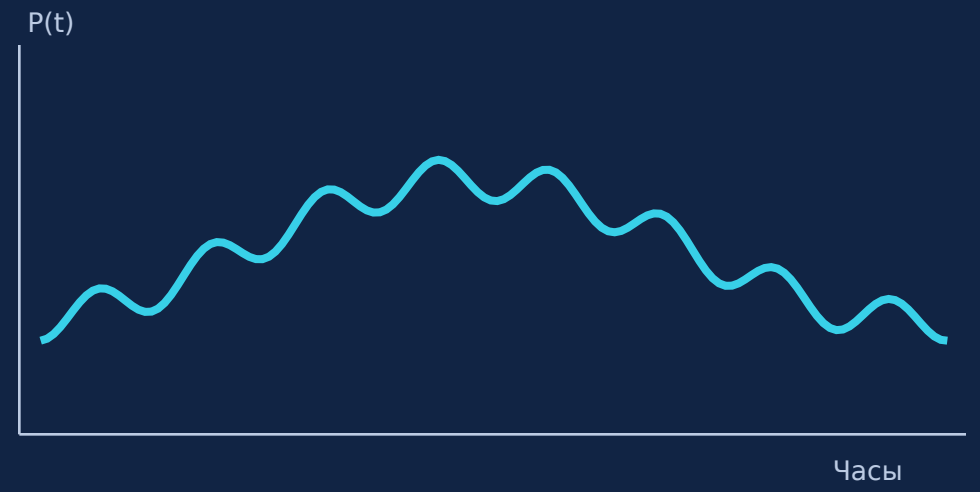
$$\sum n_k = N$$

Временная корреляция

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Последовательные отсчёты сети не всегда статистически независимы.

Поэтому выбор интервала и длины наблюдения влияет на выводы.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

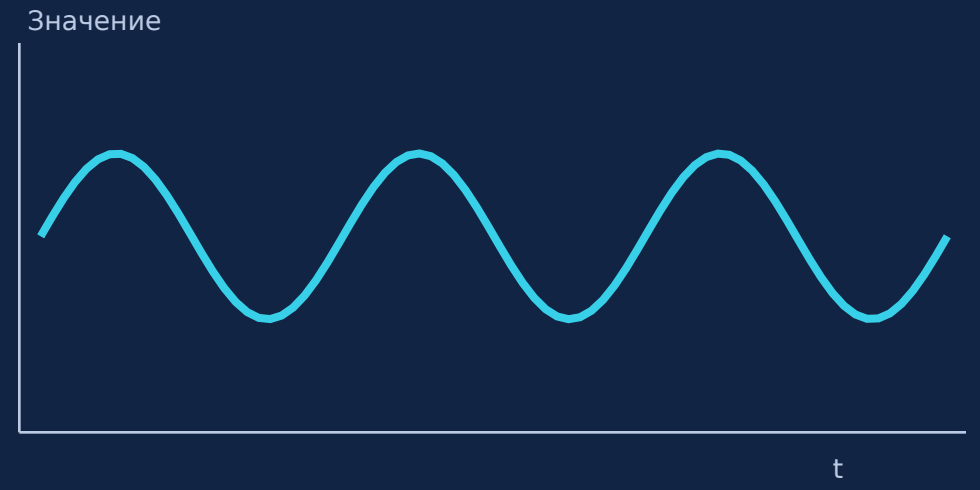
$$\rho(\tau)=\mathrm{corr}[x(t),x(t+\tau)]$$

Доверие к измерению

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Показатель нужно сопровождать характеристиками прибора и методикой измерения.

Класс и поверка измерителя не заменяют корректное подключение.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

$$\hat{x} \pm U(\hat{x})$$

Автоматизированный отчёт

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Отчёт содержит график времени, гистограмму, значения порогов и перечень событий.

Рекомендуется отдельно обозначать измеренные значения и учебные расчёты.

Энергия	Мощность
120 МВт·ч	**85 кВт**
THD	Частота
3,7%	**50 Гц**

УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

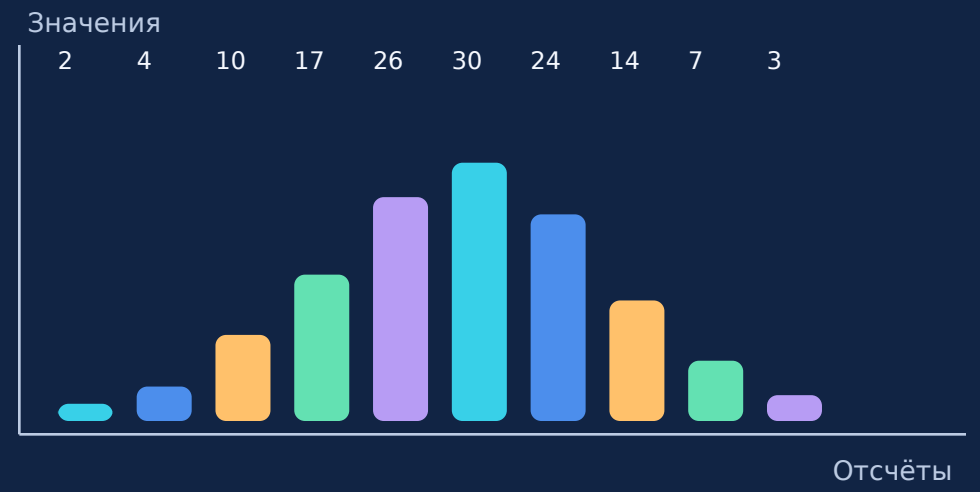
Отчёт = данные + критерии

Пример статистики напряжения

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Пять значений RMS: 228, 230, 232, 229 и 231 В.

Среднее равно 230 В; выборочное стандартное отклонение ≈1,58 В.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

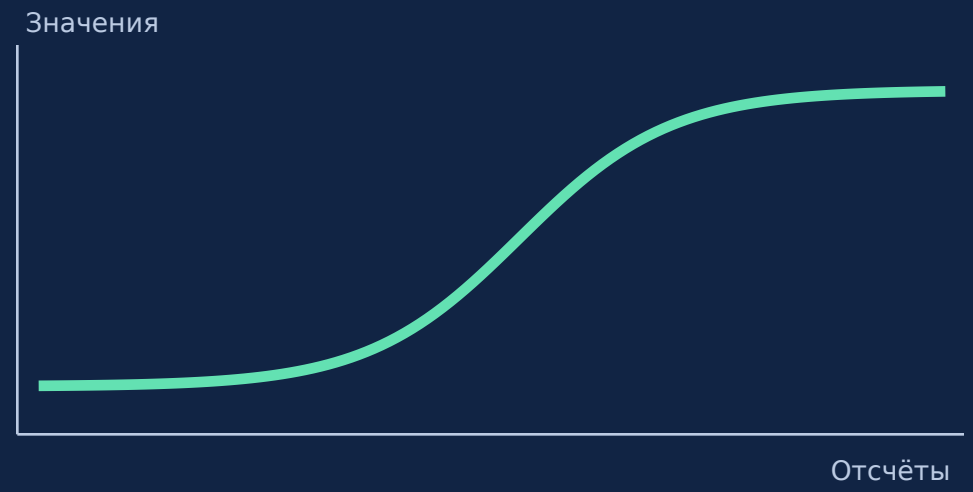
$\bar{x}$=230 В; s=√(10/4)=1,58 В

Кейс: недельный мониторинг

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Анализатор регистрирует напряжение в течение характерной рабочей недели.

После проверки пропусков рассчитывают процентили и долю времени за порогом.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

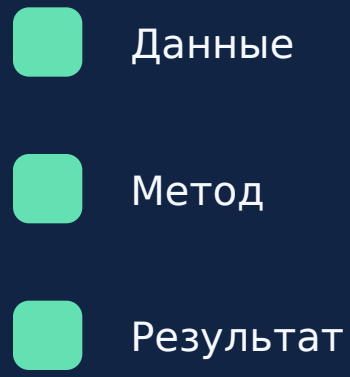
$$p = N_{нар} / N_{валид} \cdot 100\%$$

Ключевые выводы и ограничения

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Статистику качества рассчитывают по корректному временному ряду.

Среднее, разброс, процентили и события описывают разные стороны данных. Отчёт обязан указывать условия и метод измерений.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

При практическом использовании всегда проверяйте допущения, единицы измерения и методику.

Контрольные вопросы и источники

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Чем медиана отличается от среднего? 2. Что показывает 95-й процентиль? 3. Зачем сообщать число валидных измерений?

Основные источники: ГОСТ 32144-2013; IEC 61000-4-30:2025; Закон РК № 541-IV; профильные учебники по качеству электроэнергии.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

Для проверки соответствия нормативам используйте действующие редакции документов.