Показатели эффективности топливно-энергетических ресурсов

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

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

КПД, удельный расход энергии, потери и энергетическая интенсивность

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

УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

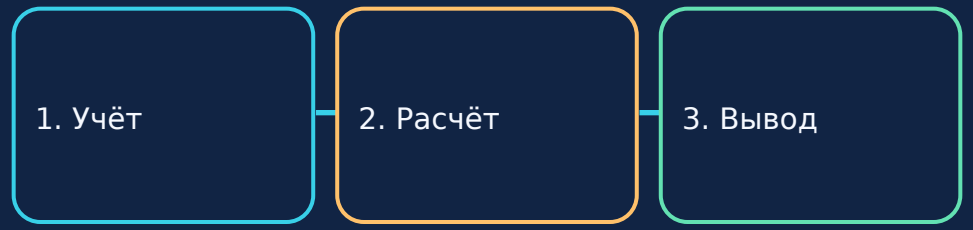
Цель лекции — перейти от определения показателей к инженерному расчёту и анализу.

Цель, задачи и ожидаемые результаты

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Рассмотрим ключевые понятия, расчётные формулы и возможные источники ошибок.

Рассчитывать относительные и удельные показатели. • Сравнивать процессы на общей функциональной основе. • Отделять полезное потребление от потерь.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

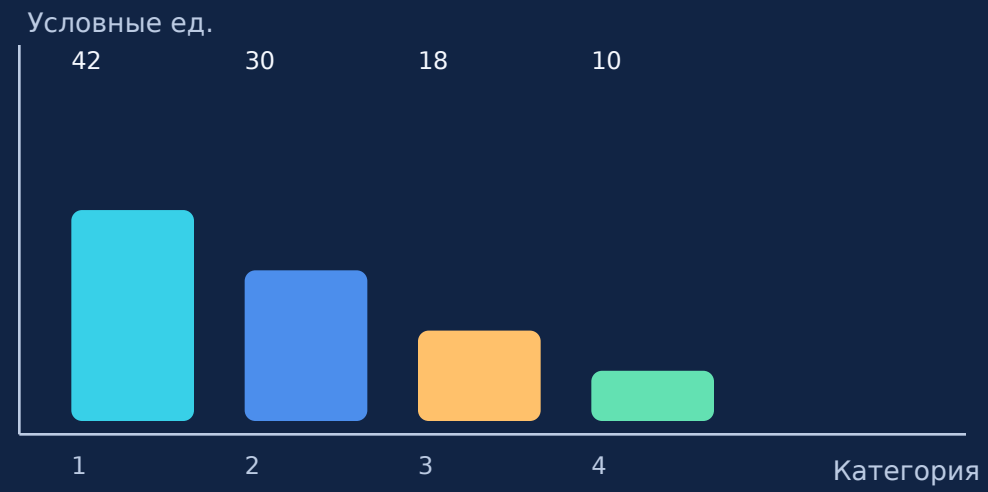
Ожидаемый результат: объяснить метод, выполнить расчёт и обосновать вывод.

Топливно-энергетические ресурсы

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К ТЭР относят топливо, тепло и электрическую энергию, используемые производством.

Разные ресурсы нельзя складывать без согласованного пересчёта единиц.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

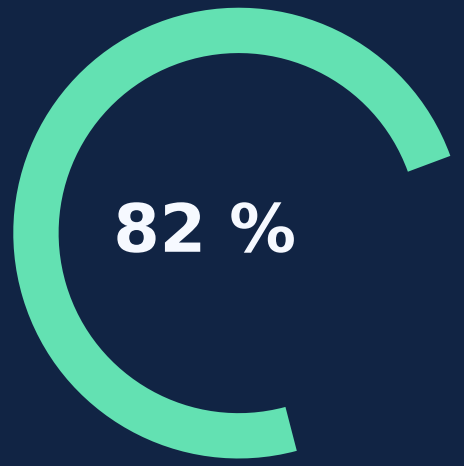
$$E_{ТЭР} = \sum E_i$$

Коэффициент полезного действия

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

КПД равен отношению полезно переданной энергии к затраченной.

При вычислении КПД сравнивают значения в одинаковых единицах.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

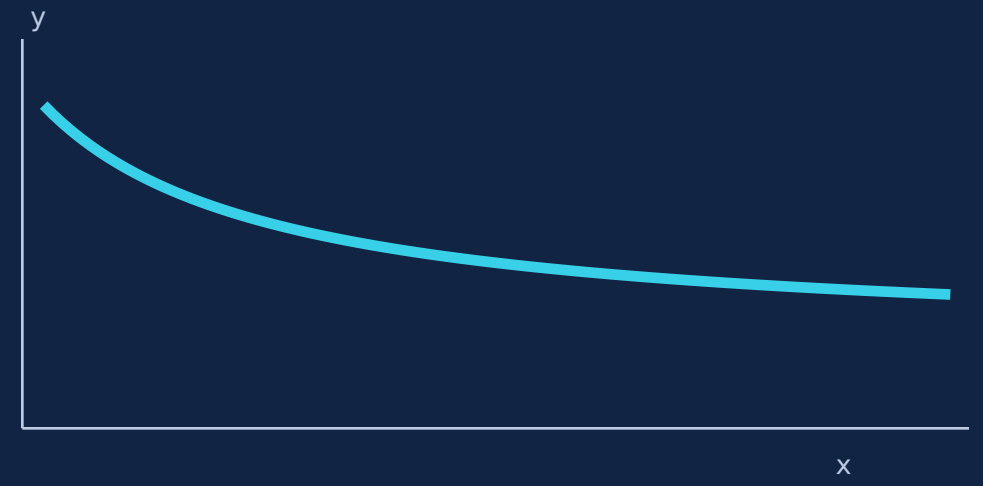
$$\eta = E_{пол} / E_{вх} \cdot 100\%$$

Удельный расход энергии

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Показатель выражает количество энергии на единицу продукции или услуги.

Он часто информативнее суммарного энергопотребления предприятия.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

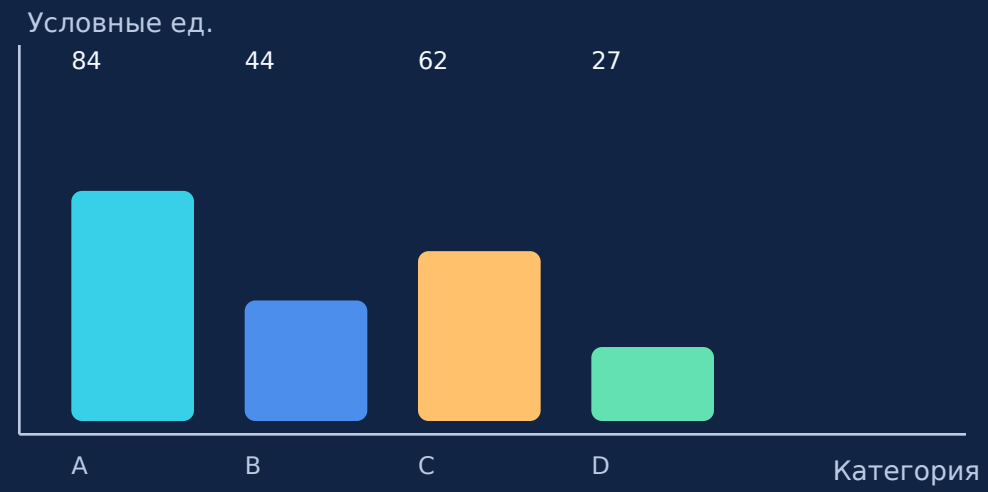
$$e = E / Q$$

Энергоёмкость выпуска

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Энергоёмкость связывает потребление энергии с количеством произведённой продукции.

Изменение ассортимента продукции следует учитывать отдельно.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

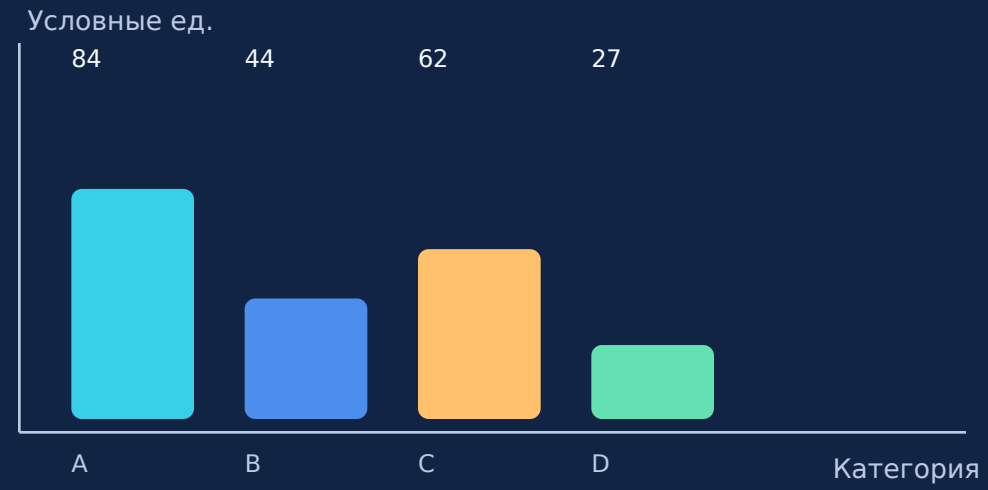
e_прод = E_год / Q_год

Энергетическая интенсивность

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Интенсивность иногда определяют как энергию на единицу стоимости выпуска.

Сравнивая периоды, корректируют изменение цен и структуры производства.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

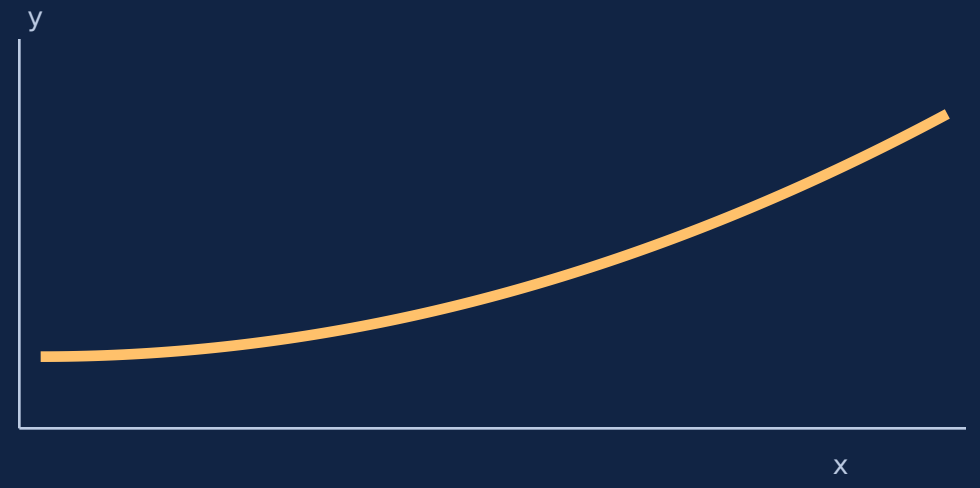
$$I_E = E / V$$

Потери при передаче

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Электрические потери проводников возрастают пропорционально квадрату тока.

Уменьшение тока может быть эффективнее небольшого снижения сопротивления.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

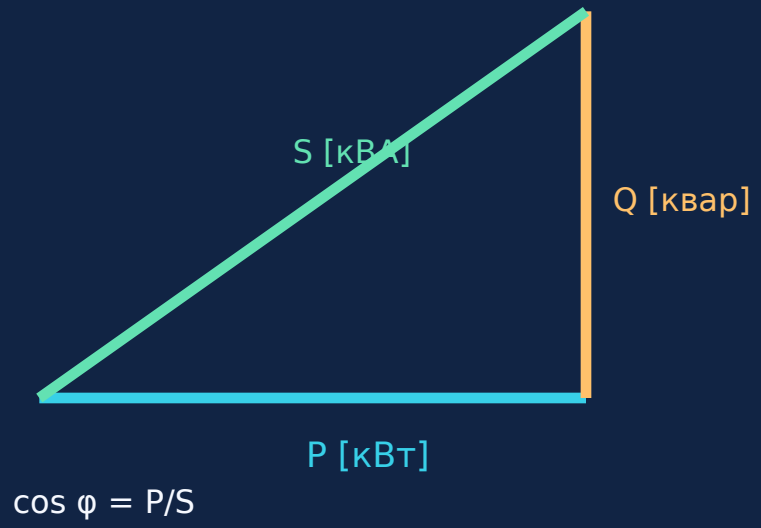
$$\Delta P = 3\, I^2 R_{ф}$$

Эффект коэффициента мощности

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

При фиксированной активной мощности меньший cosφ требует большего тока.

Это приводит к повышенным потерям в кабелях и трансформаторах.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

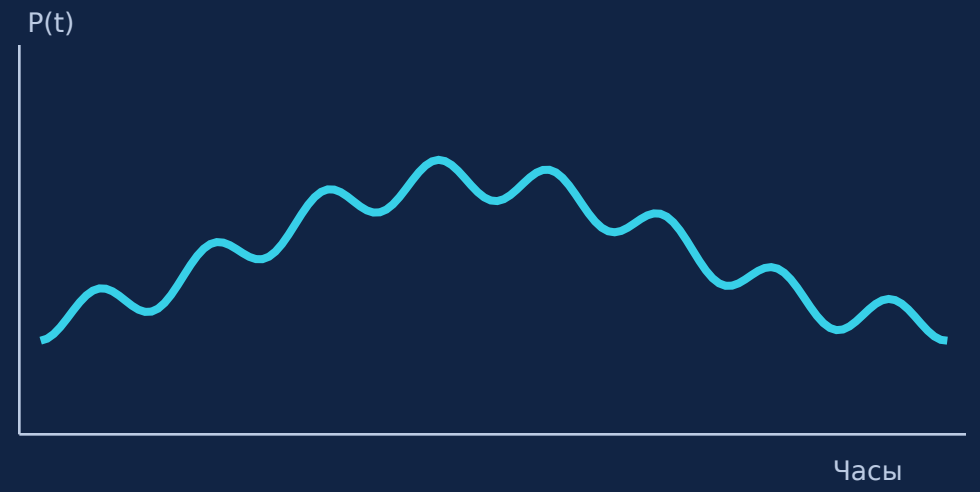
$$I = P/(\sqrt{3}\, U \cos\varphi)$$

Коэффициент загрузки

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Равномерный график нагрузки обычно облегчает использование установленной мощности.

Показатель связывает среднюю и максимальную нагрузки.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

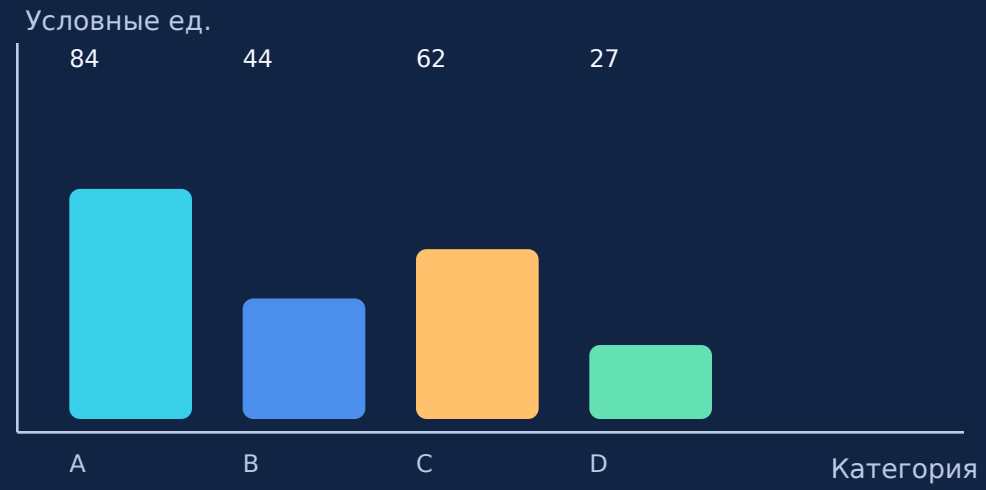
$k_з = P_{ср} / P_{max}$

Коэффициент спроса

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Расчётная максимальная мощность может быть меньше суммы паспортных мощностей.

Коэффициент спроса зависит от типа и графика работы оборудования.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

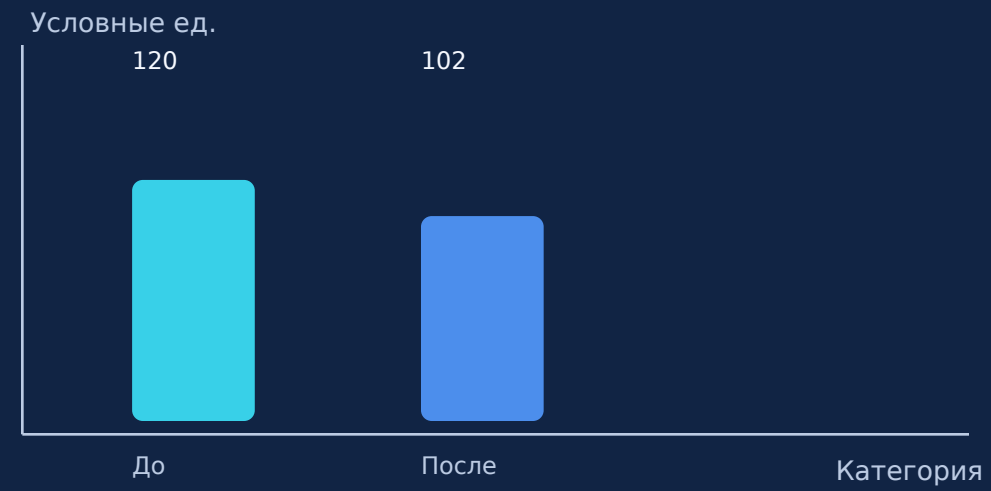
$$k_c = P_{max} / P_{уст}$$

Нормирование по базовому периоду

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для проверки экономии выбирают сопоставимый базовый период.

Разницу в выпуске и погоде желательно учесть в расчётной модели.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

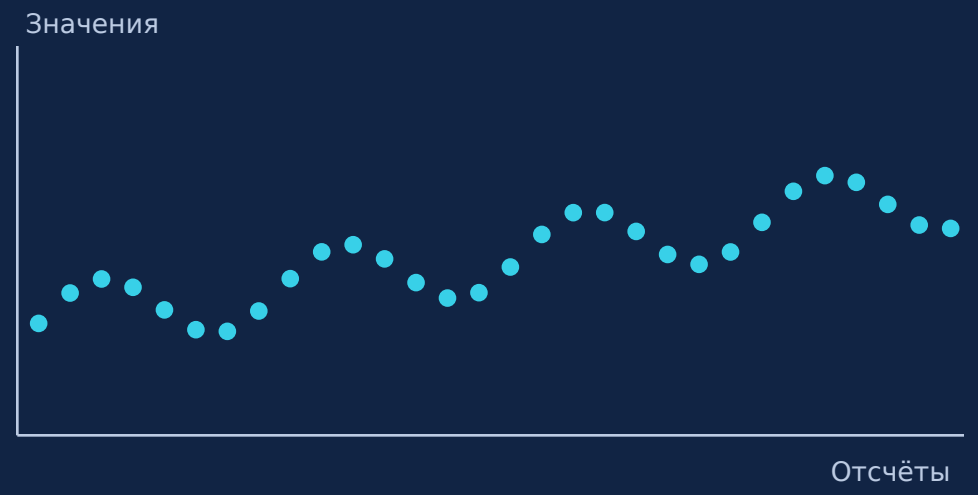
$$\Delta E = E_{баз,норм} - E_{факт}$$

Погрешность относительного показателя

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Отношение двух измерений зависит от неопределённости каждого из них.

При независимых погрешностях применяют стандартное правило распространения.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

$$u_r(\eta) \approx \sqrt{[u_r(A)^2+u_r(B)^2]}$$

Панель энергетических KPI

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для управления используют несколько показателей, а не единственный КПД.

Типовой набор включает расход, удельный расход, потери и стоимость.

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

УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

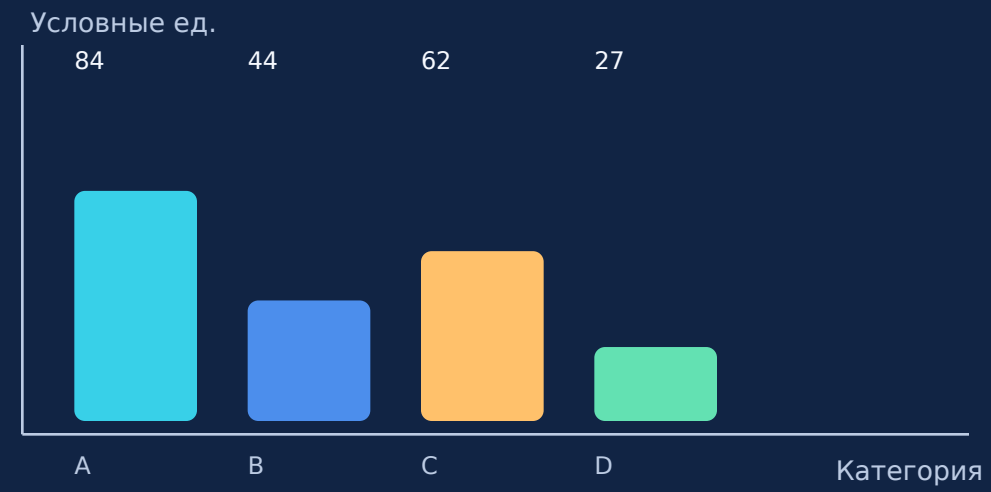
KPI = {E, e, η, ΔE}

Пример удельного энергопотребления

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цех потребил 48 000 кВт·ч и выпустил 1200 изделий.

Удельный расход составил 40 кВт·ч на одно изделие.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

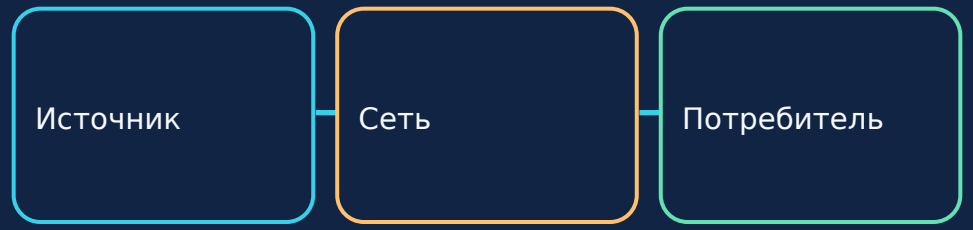
e = 48 000/1200 = 40 кВт·ч/шт

Кейс: насосная установка

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для насосов сравнивают электрическую энергию и полезную гидравлическую работу.

Регулирование частоты вращения может снизить расход при переменном дебите.



УЧЕБНАЯ СХЕМА / ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ ДАННЫЕ

ОСНОВНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ИЛИ ВЫВОД

η_общ = P_гидр/P_эл

Ключевые выводы и ограничения

КЛЮЧЕВЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Показатели определяют внутри согласованной границы системы.

Удельный расход полезен при изменении объёма производства. Снижение тока уменьшает потери по квадратичному закону.

- Данные
- Метод
- Результат

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. Как вычислить удельное энергопотребление? 2. Почему cosφ влияет на потери? 3. Когда показатели двух предприятий нельзя сравнивать напрямую?

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.