



ЛЕКЦИЯ 2
МЕТОДЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Термины и определения:

Критерий – это некоторая, достаточно общая характеристика процесса, которую можно выразить в численной форме. Критерий должен обладать универсальностью;

Показатель энергоэффективности – абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов любого назначения, установленная государственными стандартами.

Цель показателей эффективности использования энергии – установка ориентиров, к которым нужно стремиться, выявление слабых мест в расходовании энергии, определение резервов.

Физический смысл числа Рейнольдса

$$Re = \frac{V \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

Число (критерий) Рейнольдса)
 Re - мера отношения силы инерции к силе трения

μ - динамический коэффициент вязкости

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

- кинематический коэффициент вязкости



При увеличении скорости растут силы инерции. Силы трения при этом больше сил инерции и до некоторых пор выпрямляют траектории струек

При некоторой скорости $v_{кр}$:

Сила инерции $F_{и} >$ силы трения $F_{тр}$, поток становится турбулентным

При $Re < 2320$ - ламинарное, 3800...4200 - переходная обл., 4200... - турбулентное течение

Основные типы используемых критериев и показателей :

Название	Тип	Математическое выражение
Коэффициент полезного использования тепла	Термодинамический	Отношение
Энергетический КПД	Термодинамический	Отношение полезно использованной энергии к общему ее расходу
Эксергетический КПД	Термодинамический	
Удельный расход топлива (тепловой, электрической энергии) на единицу выпускаемой продукции	Удельный натуральный	
Удельный расход Топлива (тепловой, электрической энергии) на единицу переработанного сырья	Удельный натуральный	
Удельный расход топлива (тепловой, электрической энергии) на единицу стоимости выпускаемой продукции	Удельный натуральный	
Годовой (месячный, суточный и т.д.) расход энергоресурсов на предприятии, регионе в т.у.т. или в тоннах первичного условного топлива	Удельный абсолютный	
Срок окупаемости	Экономический	
Чистая современная стоимость	Экономический	
Коэффициент чистой приведенной стоимости	Экономический	
Доля затрат на энергетические ресурсы в себестоимости продукции	Экономический	

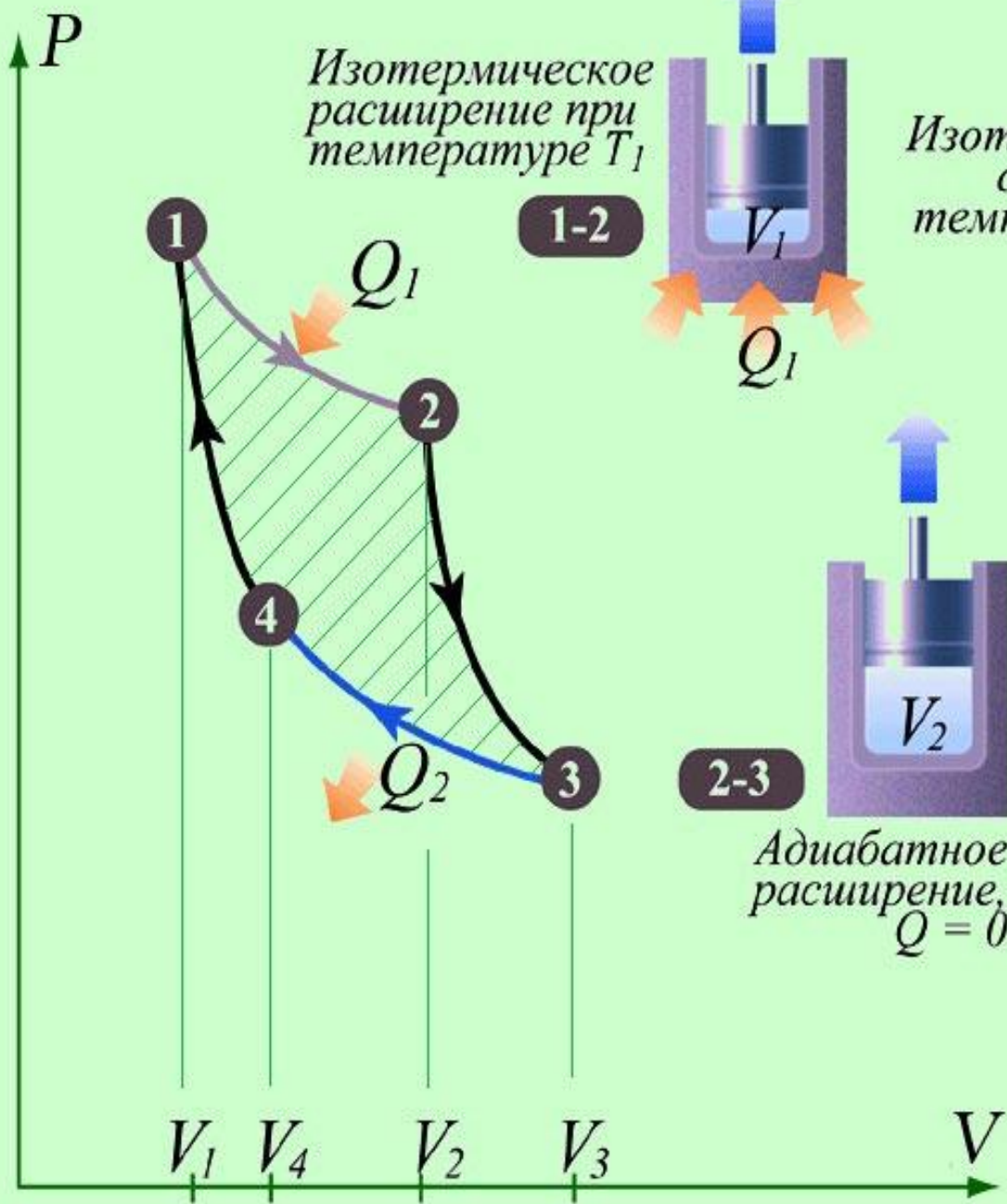
Эксергия

Эксергия — предельное (наибольшее или наименьшее) значение энергии, которое может быть полезным образом использовано (получено или затрачено) в термодинамическом процессе с учётом ограничений, накладываемых законами термодинамики

Основополагающая идея **эксергетического анализа** заключается в использовании при анализе технических систем помимо энергии дополнительного показателя — эксергии: сравнение фактически совершённой работы с эксергией процесса позволяет судить об эффективности использования энергии в тепловой машине. Чем ближе энергетические показатели реального неравновесного процесса к эксергии процесса, тем совершеннее процесс и тем сложнее увеличить его эффективность.

Эксергетический КПД

Эксергетический КПД — отношение фактически совершённой работы к её максимально возможному значению, т. е. к эксергии рассматриваемого процесса. Если обычный энергетический КПД показывает степень полезного использования энергии и позволяет сравнивать по этому показателю тепловые машины, то эксергетический КПД характеризует эффективность использования энергии (термодинамическое совершенство процесса) и отвечает на вопросы о теоретической возможности и практической целесообразности повышения эффективности тепловой машины: сравнительно небольшому значению энергетического КПД может соответствовать близкое к 100 % значение эксергетического КПД, когда дальнейшее повышение энергетического КПД невозможно из-за ограничений, накладываемых законами термодинамики.



Изотермическое расширение при температуре T_1

1-2



Изотермическое сжатие при температуре T_2

3-4



2-3

Адиабатное расширение, $Q = 0$



4-1

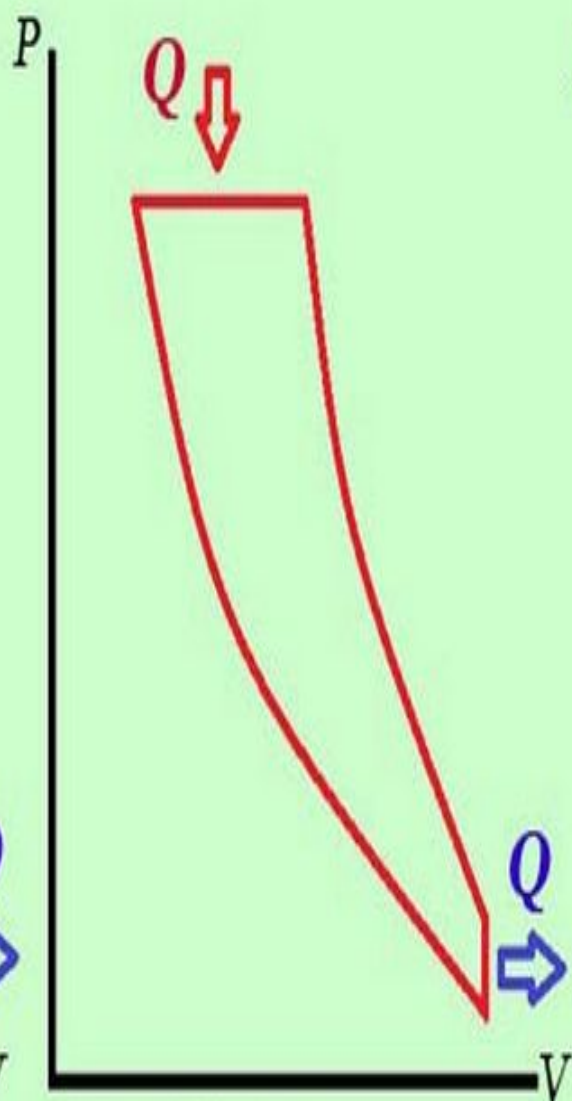
Адиабатное сжатие, $Q = 0$



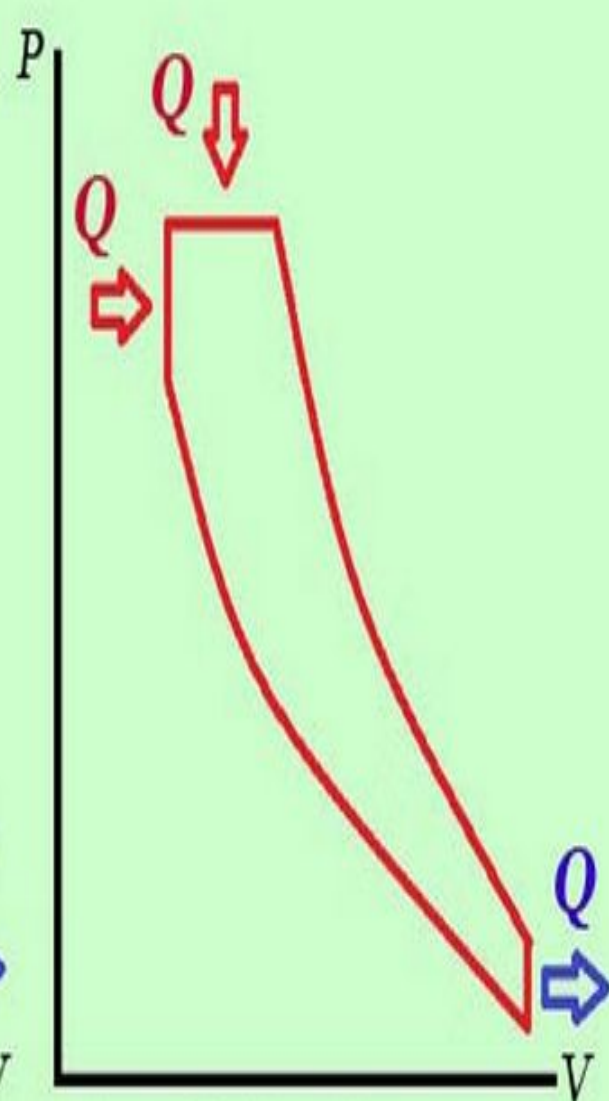
$$\eta_t = 1 - T_2/T_1$$



Цикл Отто



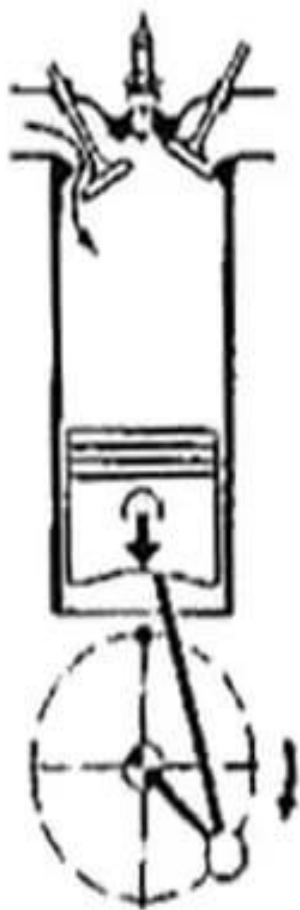
Цикл Дизеля



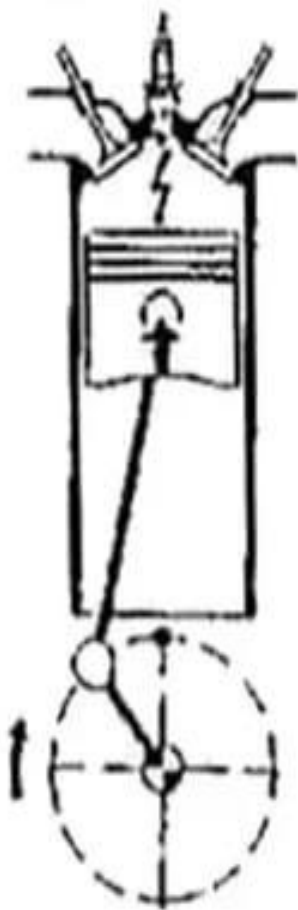
Цикл Сабатэ-Тринклера

Цикл Отто

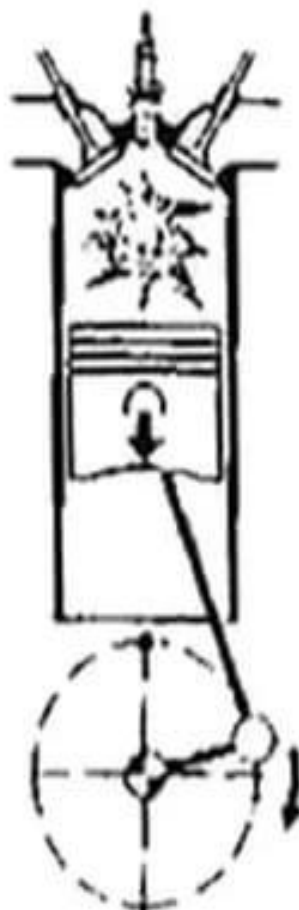
1-й такт: Впуск



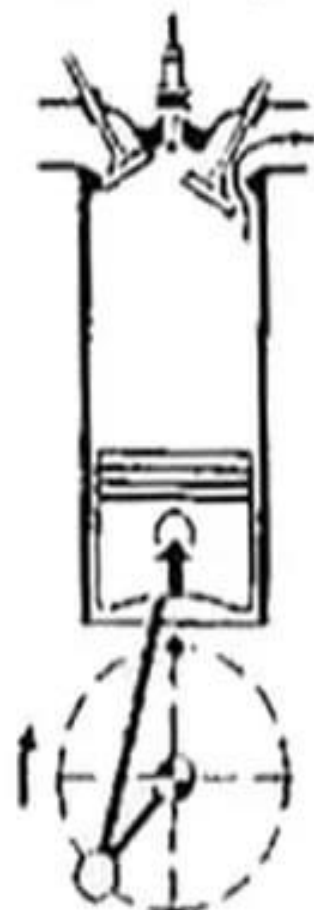
2-й такт: Сжатие



3-й такт: Воспламенение



4-й такт: Выпуск



По состоянию на начало 2000-х годов по циклу Ренкина в разных его вариациях, с использованием паровых турбин, вырабатывалось около 90% всей электроэнергии, потребляемой в мире[1], включая паросиловые установки солнечных, атомных а также тепловых электростанций, использующих в качестве топлива мазут, газ, уголь или торф.

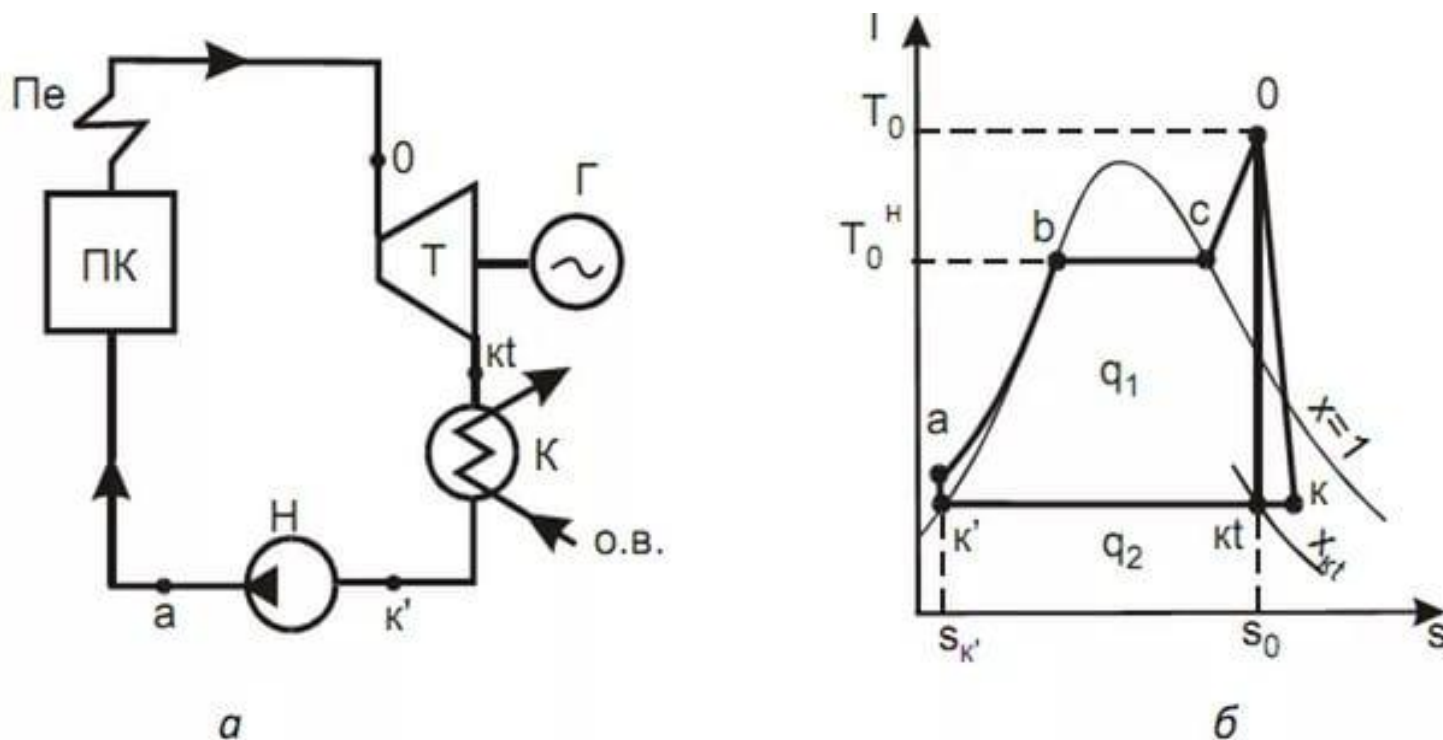


Рис.2.2. Схема паротурбинной установки, работающей по циклу Ренкина (а), и цикл в T - s -диаграмме (б).

Экономические критерии:

Срок окупаемости энергосберегающего мероприятия.

В расчете срока окупаемости учитываются капитальные затраты – стоимость используемых материалов и оборудования, проектных работ, монтажа, пуска в эксплуатацию и эксплуатационные затраты.

Современная приведенная стоимость. Представляет собой разность полученной экономии и суммарных затрат на проведение того или иного энергосберегающего мероприятия на рассматриваемый момент времени.

Энергетический баланс промышленного предприятия (установки, подразделения, региона, страны)

Энергетический баланс предприятия, подразделения, является основой для определения удельных показателей эффективности энергосбережения

Расходная часть энергетического баланса рассматривается как основа для определения показателей эффективности использования энергии на предприятии, в качестве которых рассматриваются удельное потребление топлива, тепла и электроэнергии на единицу переработанного сырья или на единицу выпускаемой продукции, а также доля энергозатрат в стоимости продукции..

Сведения о показателях энергетической эффективности

Основные группы показателей (индикаторов) реализации энергосбережения:

- ◆ нормируемые показатели энергетической эффективности продукции, которые вносятся в государственные стандарты, технические паспорта продукции, техническую и конструкторскую документацию и используются при сертификации продукции, энергетической экспертизе и энергетических обследованиях;
- ◆ показатели энергетической эффективности производственных процессов, которые вносятся в стандарты и энергопаспорта предприятий и используются в ходе осуществления государственного надзора за эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов и проведении энергообследований;
- ◆ показатели (индикаторы) реализации энергосбережения (отражаются в статотчетности, нормативных правовых и программно-методических документах, контролируются структурами государственного управления и надзора).

Обозначение класса энергетической эффективности	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня, %
A++	Высочайший	-60 включительно и менее
A+	Высочайший	от -50 включительно до -60
A	Очень высокий	от -40 включительно до -50
B	Высокий	от -30 включительно до -40
C	Повышенный	от -15 включительно до -30
D	Нормальный	от 0 включительно до -15
E	Пониженный	от +25 включительно до 0
F	Низкий	от +50 включительно до +25
G	Очень низкий	+50 и более

улица
Малиновского

8А

КЛАСС ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ

В

ВЫСОКИЙ

Экономические критерии:

Срок окупаемости энергосберегающего мероприятия. В расчете срока окупаемости учитываются капитальные затраты – стоимость используемых материалов и оборудования, проектных работ, монтажа, пуска в эксплуатацию и эксплуатационные затраты.

Современная приведенная стоимость. Представляет собой разность полученной экономии и суммарных затрат на проведение того или иного энергосберегающего мероприятия на рассматриваемый момент времени.

Показатель энергоэкономического уровня

производства (ЭЭУП)

позволяет оценить уровень реализации энергосберегающих технологий, энергетических тепловых схем, энергосберегающего оборудования и т.д.

$$\text{ЭЭУП} = D / W,$$

где D – результат хозяйственной деятельности рассматриваемого производства, тыс. руб.;

W - суммарное потребление энергоресурсов на технологические цели, т.у.т.

Как известно, к.п.д. равен отношению полезной работы к затраченной энергии

$$\eta = \frac{A}{W_1} = 1 - \frac{W_2}{W_1}$$

где W_1 - подводимая энергия, Дж;

W_2 - отводимая (теряемая) энергия, включая энергию и на производство неполезной работы, Дж.

Если часть отводимой энергии используется вторично, то к.п.д. определяется следующим образом

$$\eta = \frac{A}{W_1 - \nu W_2} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - \nu W_2}$$

где ν – доля возвращенной (вторично используемой).

Кроме к.п.д. энергетических установок, характеризующий их эффективность, используется коэффициент использования энергии ω , о. е.

$$\omega = \frac{W_{\text{исп}}}{W_1}$$

где $W_{\text{исп}}$ – использованная энергия, то есть, энергия превращенная в работу, Дж.

Учитывая численное равенство энергии и работы, а также то, что часть энергии может использоваться вторично, можно записать

$$\omega = \frac{A + \nu W_2}{W_1}$$

В качестве W_2 рассматривается любая отведенная энергия, в том числе и от других энергоустановок. В последнем случае коэффициент использования энергии может быть выше единицы. Например, тепловые насосы поставляют больше тепловой энергии, чем потребляют на свою работу.

Коэффициент эффективности теплообмена представляет собой отношение фактической тепловой мощности теплообменника к максимально возможной тепловой мощности на данном теплоносителе. Максимально возможная тепловая мощность может быть получена при коэффициенте теплопередачи $\lambda \rightarrow \infty$ или площадью теплообмена $S \rightarrow \infty$.

Для оценки эффективности использования греющего или нагреваемого теплоносителя применяют коэффициент использования соответствующего теплоносителя

$$\eta_{\Gamma} = \frac{\Delta T_{\Gamma}}{\Delta T_{\text{MAX}}}$$

$$\eta_{\text{H}} = \frac{\Delta T_{\text{H}}}{\Delta T_{\text{MAX}}}$$

где ΔT_{Γ} , ΔT_{H} - изменение температуры греющего или нагреваемого теплоносителя соответственно, К;

ΔT_{MAX} - максимальный температурный напор в теплообменнике, К

Критерием оценки эффективности использования топливно-энергетических ресурсов служит энергоёмкость выпускаемой продукции, которая определяется по формуле

$$W_{\text{ПР}} = \frac{\sum W_j}{G_{\text{ПР}}}$$

где W_j - потребление топливно-энергетических ресурсов j -того вида, приведенных к условному топливу т.у.т. / руб.;

$G_{\text{ПР}}$ - количество выпущенной продукции, руб.

Снижение энергоёмкость продукции может служить в качестве критерия эффективности энергосберегающих мероприятий

$$Z_{\text{ЭС}} = \frac{W_{\text{ПРБ}} - W_{\text{ПРН}}}{W_{\text{ПРБ}}}$$

где $W_{\text{ПРБ}}$ – энергоёмкость продукции базовая (до внедрения энергосберегающих мероприятий), т.у.т. / руб.;

$W_{\text{ПРН}}$ – энергоёмкость продукции новая (после внедрения энергосберегающих мероприятий). т.у.т./руб.



Основные показатели энергетической эффективности экономики

Основными макроэкономическими показателями, характеризующими энергетическую эффективность экономики государства и позволяющими оценить тенденции и темпы в ее изменении, являются энергопотребление на душу населения и энергоемкость экономики.

Энергопотребление на душу населения – отношение суммарного потребления энергии к численности населения может быть рассчитано по следующей формуле

$$E_n = \Sigma \mathcal{E} / n,$$

где $\Sigma \mathcal{E}$ – суммарное потребление соответствующего вида энергии за год;
 n – численность населения.

Энергоемкость экономики – отношение суммарного потребления энергии к объему валового внутреннего продукта

$$E_3 = \Sigma \mathcal{E} / \text{ВВП}.$$