Эксергетический баланс

Термодинамические методы анализа энергобалансов

- Для оценки эффективности технологических систем и процессов используют материальные балансы и энергетические балансы, базирующиеся на законах сохранения массы и энергии.
- Энергетический баланс учитывает только количественные соотношения преобразования энергии, на основе которых определяется энергетический коэффициент полезного действия, но при этом не дается оценка количественного различия энергоресурсов различной физической природы и разного потенциала.
- В связи с этим энергетические балансы дополняют эксергетическим балансом, основанном на одновременном учете первого и второго законов термодинамики.

Первый закон термодинамики

- Для составления и анализа энергетических балансов может быть использован первый закон термодинамики–частный случай закона сохранения энергии в применении к термическим процессам. Тепловая энергия *Q*, полученная системой, расходуется на увеличение внутренней энергии *U* системы и на совершение работы *A*.

$$Q=\Delta U+A$$

- При изобарном процессе полученная системой теплота расходуется на приращение энтальпии *H*

$$H=U+pV,$$

где *p*-давление, *V*-объем

Второй закон термодинамики

- Второй закон термодинамики позволяет предсказывать принципиальную возможность и направление протекания различных процессов и конечные состояния, которых они достигают. Для изолированной системы направление процесса определяется изменением энтропии ***S***.
- Дифференциал энтропии **dS** в обратимом процессе равен отношению приращения теплоты, полученного системой, к абсолютной температуре системы

$$dS=\delta Q/T$$

Для изолированной системы энтропия может только возрастать **dS>0** и максимальна в состоянии равновесия **dS=0**

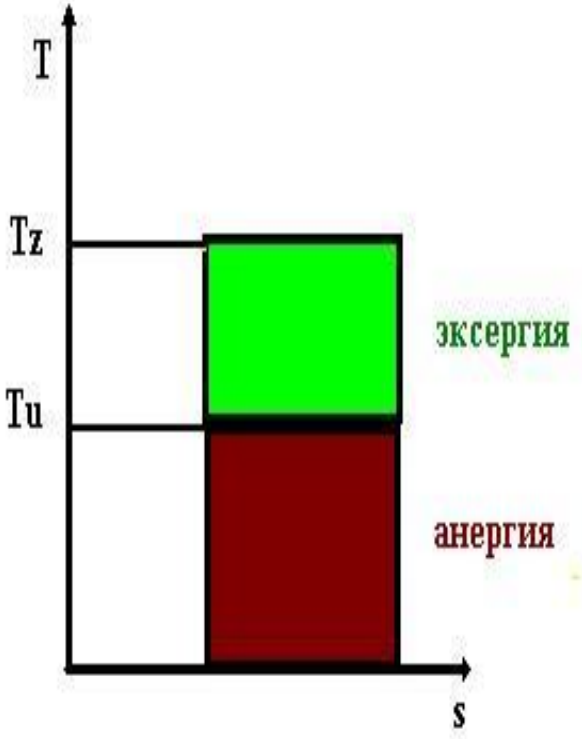
Максимальная полезная работа - эксергия теплоты *Q* - представляет собой работу равновесного цикла Карно

$$L=Q(1-Tu/Tz)$$

- где ***Tu***- температура окружающей среды, ***Tz***- температура производства теплоты.

Эксергия

- Энергия может быть представлена на *T,s* диаграмме как площадь фигуры, лежащей ниже температуры производства теплоты *Tz*. Часть тепловой энергии над линией температуры окружающей среды *Tu* -эксергия- имеет термодинамическую ценность и может быть преобразована в другие виды энергии, часть тепловой энергии ниже линии температуры окружающей среды, анергия - термодинамически бесполезна.



Эксергетический баланс

- Потеря работоспособности системы обусловлена рассеиванием энергии вследствие неравновесности процессов. Для эксергии неприменим закон сохранения, сумма эксергий всех элементов системы в ходе процесса уменьшается. Уравнение Гюи-Стодолы позволяет определить эксергетические потери *D*

$$D = T_u \Delta S,$$

где ΔS-изменение энтропии

Чем больше неравновесность процессов, тем меньше производимая системой работа.

- Уравнение эксергетического баланса имеет вид

$$\Sigma E' = \Sigma E'' + D,$$

где $\Sigma E'$ и $\Sigma E''$ -входящие и выходящие потоки эксергии, *D* -потери эксергии.

Эксергетический коэффициент полезного действия

$$\eta э = \Sigma E'' / \Sigma E' < 1$$

- Эксергетический коэффициент полезного действия показывает степень приближения системы к идеальной, **ηэ** всегда меньше единицы.
- Все реальные процессы необратимы, чем больше приращение энтропии в результате их протекания, тем больше эксергетические потери и меньше производимая работа.

На основании эксергетического коэффициента полезного действия можно:

- объективно сравнивать процессы, предназначенные **для одной цели**, и выбирать наиболее эффективный с эксергетической точки зрения процесс,
- определить целесообразность усовершенствования процесса,
- оценить влияние на эффективность процесса различных статей расхода энергии, определить целесообразность применения различных способов улучшения показателей процесса.