

Кенжаев И.Г., Турсунбаев Ж.Ж.

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ (ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОЙ) ЭФФЕКТИВНОСТИ

I.G. Kenzhaev, Zh.Zh. Tursunbaev

METHODS OF ESTIMATION OF THERMODYNAMIC (EKSERGETIKAL) EFFICIENCY

УДК: 662. 997. 517.

Эксергетический подход позволяет оценить степень совершенства той или иной установки, выявить наиболее слабое с точки зрения эффективности и наметить пути усовершенствования процесса. Помимо этого, эксергетический метод позволяет легко связать технические и экономические стороны вопроса и решать оптимизационные задачи одновременно с точки зрения энергетики и экономики (эксергоэкономический анализ).

Eksergetikal approach allows to evaluate the degree of perfection of one or another share, to identify the most weak from the point of view of efficiency and identify ways to improve the process. In addition, eksergetikal method allows you to easily associate technical and economic sides of the issue and solve optimization problems at the same time from the point of view of energy and economics (eksergetikal and economic analysis).

В настоящее время для оценки технико-экономической эффективности различных энергетических систем существуют различные подходы. Обычно для этой цели используются традиционные методы, основанные на законе сохранения энергии (первый закон термодинамики).

В этом случае энергетическая эффективность систем преобразования энергии оценивается величиной к.п.д., который определяется как отношение «полезно использованной» энергии к энергии затраченной. Поскольку первый закон не учитывает ограничений, налагаемых на возможность превращения одного вида энергии в другой, то определение к.п.д. различными авторами субъективно. На это обращал внимание В.М. Бродянский в работах [1-3], где, в частности, подробно анализируется работа тепловых двигателей (электрохимических генераторов) с к.п.д. более 100% и некоторые другие казусы, связанные с неявно предполагаемой аддитивностью различных форм энергии. Характерным примером этого недостатка является выражение для к.п.д. η_{Σ} , предлагаемое в [4] для энергетических установок с комбинированным производством тепла $Q_{\text{тп}}$ и электрической энергии N без учета потерь тепла в теплообменниках:

$$\eta_{\Sigma} = \frac{N}{(Q - Q_{\text{тп}})} \quad (1)$$

т.е., при определении к.п.д. все преимущества комбинированной выработки относят только к выработке электроэнергии. Такой расчет является условным, так как к.п.д. зависит не только от параметров рабочего тела и технического совершенства станции, но и

от соотношения между выработанной электрической и тепловой энергией.

Во всех энергетических превращениях, определяющих работу технической системы, может участвовать энергия самых различных форм. Однако все эти формы энергии могут быть сведены к двум видам.

Первый из них это полностью превращаемые в другие виды энергии, а ко второму виду относятся, которые не могут полностью превратиться в другие виды энергии. Энергия этого вида качественно различаются друг от друга и не в полной мере обладают свойствами превратимости, поскольку степень их «неорганизованности», характеризуемая энтропией могут быть различна. Превратимость и пригодность определенного количества энергии любого вида характеризуемой энтропией, служит количество энергии не связанной с энтропией, которое может быть получена при взаимодействии с окружающей средой. Такая мера пригодности любого вида энергии и называется эксергией.

Наибольший вклад в последующее развитие методов, использующих понятие эксергия была сделана В.М. Бродянским. В частности были предложены понятия эксергия тепла

$$E_Q = Q \left(1 - \frac{T_0}{T} \right) = \tau_e Q \quad (2)$$

и эксергетической температуры

$$\tau_e = 1 - \frac{T_0}{T} \quad (3)$$

где Q -теплота;
 T -температура, $^{\circ}\text{C}$;
 T_0 -температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$;
 τ_e - эксергетическая температура, $^{\circ}\text{C}$.

и разработаны методы эксергетического анализа для целого ряда процессов и установок.

Эксергетические методы позволяют учесть не только количественные но и качественные характеристики энергоресурсов используемых в различных элементах энергетических и технологических установок а также оценить тепловые потери в этих элементах и в установках в целом и определить эффективность использования энергии.

Эксергетический анализ основан на уравнении эксергетического баланса, которое для произвольного числа потоков на входе и выходе рассматриваемого элемента установки (рис.1) имеет вид:

$$\Sigma E' - (\Sigma E'' + \Delta E) = \Delta E^* \quad (4)$$

где $\Sigma E'_M, \Sigma E''_M, \Sigma E'_Q, \Sigma E''_Q$ - сумма эксергий потоков вещества и тепла на входе и выходе установки; $\Sigma L', \Sigma L''$ - суммарная работа, совершаемая

окружающими телами; ΔE^* - эксергетические потери; ΔE - полное изменение эксергии.

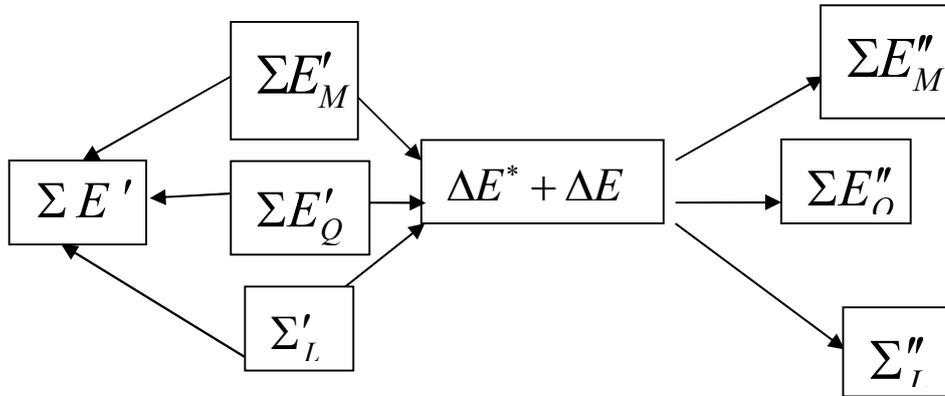


Рис. 1. Потоки эксергии вещества.

Уравнение эксергетического баланса (4) замыкается эксергетическими потерями ΔE^* , характеризующими диссипацию энергии, а эффективность установки оценивается величиной эксергетического к.п.д.

$$\eta_e = \Sigma E'' / \Sigma E' \quad (5)$$

где $\Sigma E''$ - потоки эксергии, определяющий полезный эффект, $\Sigma E'$ - потоки эксергии, определяющий затраты.

Эксергетические (энтропийные) могут быть найдены независимо по формуле Гюи-Стодолы

$$\Delta E^* = T_0 \Delta_i S \quad (6)$$

где $\Delta_i S$ - производство энтропии, вызванное необратимости процессов (диссипативный эффектами). Величина $\Delta_i S$ определяется из уравнения баланса энтропии, играющую основную роль в термодинамике необратимых процессов.

Недостатком такого решения является то обстоятельство, что процессы, происходящие внутри системы не конкретизируются и поэтому детальные механизмы процессов диссипации не учитываются - метод определяет только интегральный эффект, хотя может быть применен и отдельному процессу, если его удастся выделить из всей совокупности процессов, происходящих в системе.

Дальнейшее развитие методов исследования эксергетического анализа базируется на локальном уравнении эксергетического баланса [5], которое получается из интегрального (5) стандартным способом при помощи теоремы Гаусса-Остроградского. Для вывода локального уравнения вводятся плотности эксергии и его потоков. Локальные эксергетические потери оказываются связанными с производством энтропии в соответствии с формулой Гюи-Стодолы (6), что дает возможность использовать в расчетах аппарат неравновесной термодинамики. Поскольку производство энтропии определяется суммой произведений потоков и сил, возникает возможность дифференцировать эксергетические потери по физическим причинам, их вызывающим и областям локализации, что делает анализ более содержательным. Однако предлагаемый метод усложняет, вычислительную задачу (по сравнению с составлением интегральных балансов), так как в общем случае требуется привлечение аппарата математической физики и вычисление довольно сложных интегралов. В результате каждая задача требует своего оригинального решения.

Список использованной литература:

1. Бродянский В.М., Фратшер В., Михалец К. Эксертетический метод и его приложение. М.: Энерго атомиздат. -1988.-288с.
2. Эксертетические расчеты технических систем (справочное пособие) / Ред. А.А.Долинский, В.М. Бродянский, Киев: Наукова Думка. -1991.-360с.

3. Бродянский В.М., Сорин М.В. Принципы определения КПД технических систем преобразования энергии и вещества // Изв. Вузов. Энергетика.-1985.-№1.-60-65.

4. Белоусов В.С., Ясников Г.П., Островская А.В., Евланов А.И., Павлюк Е.Ю. Термодинамика, энергетиче-

ская эффективность и экология. Екатеринбург: Полиграфист.-1999.-204с.

5. Маргулова Т.К. Атомные электрические станции. М.: ИздАТ. -1994. - 296 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Исманжанов А.И.