

ANIQ VA TABIIY FANLAR

ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГИЯ И ПУТИ ЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕПЛОВЫХ МАШИНАХ

М.Р. Назаров, Ш.К. Умедов, Б.Х. Ражабов

Аннотация. Тепловая энергия играет важную роль в жизни человека. Эффективным использованием тепловой энергии в теплоэнергетических устройствах является одной из актуальных проблемой теплоэнергетики.

Для решения данной проблемы, необходимо изучить виды энергии и тепловые процессы, происходящие в тепловых устройствах и их энергетические эффективности.

Данная работа посвящена к раскрытию суть и содержания понятий энергии и эксергии энергоресурсов. Также в работе анализируется основные законы термодинамики и некоторые теплотехнические величины.

Введение. Тепловая энергия является одним из основных видов энергии, необходимых для обеспечения жизнедеятельности человека. Тепловую энергию в основном используют для получения электрической энергии, для технологических нужд предприятий различного назначения [3].

Тепловая энергия — термин, используемый в теплоэнергетике при отдельном рассмотрении производства энергии и её использования, и означающий энергию, передаваемую от производителя потребителю посредством теплоносителя (воды, водяного пара, жидкого

металла и др.) за счёт охлаждения последнего [1,2].

В физике под тепловой энергией понимают обычно энергию теплового движения частиц среды, то есть часть внутренней энергии системы.

В процессе увеличения скорости движения атомов и молекул выделяется тепловая энергия. Эта энергия требуется для обогрева жилищ в холодное время года. Тепловая энергия нужна для приготовления пищи. С помощью этой энергии производится многое из того, в чём нуждаются люди: выплавляют из руды металлы, обжигают посуду из глины, режут

и сваривают металлы и пластмассы [3].

Тепловая энергия бывает природной естественной и вторичной. Природными естественными источниками тепловой энергии для людей является солнце и нагретые недра Земли. Солнце передаёт энергию своим видимым и невидимым излучением. Разогретые недра Земли выбрасывают на поверхность очень горячую магму, раскалённые газы, кипящие струи воды.

Чаще всего тепловую энергию люди получают в результате сжигания различных видов топлива: древесины, торфа, угля, газа, нефти, нефтепродуктов. Полученную таким образом тепловую энергию используют для отопления, выпаривания, расплавления, нагревания и других технологических процессов.

Тепловую энергию, получаемую от сжигания всех этих энергетических ресурсов, называют первичной тепловой энергией и она является основной в энергетике всех стран мира.

По своему агрегатному состоянию все виды органического топлива разделяют на твердое, жидкое и газообразное. Основным видом газообразного топлива –

природный газ, доля потребления которого в общей структуре потребления топлива котельными установками достигает в настоящее время 55 % и имеет тенденцию к сохранению этого значения на достаточно длительную перспективу. Поэтому эффективное использование этого важнейшего источника теплоты в теплогенерирующих установках является важной составной частью крупнейшей народнохозяйственной задачи по экономии топливно-энергетических ресурсов [3].

Основная часть работы

На проведение любого технологического процесса требуется затраты энергии. Эта энергия может подводиться в различных формах: в виде механической работы, электрической энергии, теплового потока, электромагнитного излучения и т.д. От того, насколько полно используется подведенная энергия, зависит интенсивность и экономичность протекания процесса.

Все виды энергии можно разделить на две группы. К первой относятся такие виды энергии, которые способны полностью переходить в любой другие виды энергии. Как правило, эти виды энергии

связаны с направленным движением всего тела или отдельных его частиц, например кинетическая энергия тела, движущегося в гравитационном поле, движение электронов, текущих по проводнику, энергия заряженных частиц движущихся в электромагнитном поле и т.д. Ко второй группе относится внутренняя энергия вещества, связанная с хаотическим тепловым движением молекул, энергия химических связей, а также энергия, передаваемая в виде теплового потока. Эти виды энергии не могут полностью перейти в другие виды[5].

Первый закон термодинамики, являющийся одним из выражений закона сохранения энергии, позволяет составить энергетический баланс в процессах, связанных подводом или отводом энергии в форме теплового потока или в виде работы. Однако он ничего не говорит о направлении протекания этих процессов. Это направление, как известно, устанавливается вторым законом термодинамики, одно из формулировок которого гласит: «теплота само собой переходит лишь от тела с более высокой температурой, к телу с более низкой температурой, но никогда наоборот или, в соответствии

с молекулярно-кинетической теорией, «самопроизвольно могут протекать только те процессы, в которых система из менее вероятного состояния переходит в более вероятное» (формулировка второго закона термодинамики, данная Л. Больцманом).

Если система находится в равновесии, то ее энтропия постоянной и изменение энтропии равно нулю. Всякое изменение состояния системы связано с изменением ее энтропии. При этом все естественные процессы идут с увеличением энтропии. Любой процесс идет до тех пор, пока не наступит термодинамического равновесия. При этом может быть совершена определенная работа. После достижения состояния равновесия обмен энергией между талами, а следовательно и совершение работы прекращается.

Очевидно, что максимальная работа от системы, может быть получена при переходе всех частей системы из первоначального состояния в состояние равновесия с окружающей средой. Это максимальная работа и получила название эксергии [5].

Необходимо четко различать понятия энергия и эксергия. В то время как энергия является одним из фундаментальных

философских понятий, отражающих объективные свойства материи, эксергия является термодинамическим понятием, введенным для удобства анализа термодинамических систем, Это не значит, однако, что эксергия является чистой абстракцией. Наоборот, она может иметь вполне реальное материальное и стоимостное выражение в виде массы топлива, которое необходимо сжечь для получения единицы эксергии или стоимости этого топлива в рублях. Между тем, энергия часто не имеет никакой реальной стоимости (как, например, оценить стоимость энергии солнечного излучения, поступающего на землю, или внутреннюю энергию воздуха?) [5].

Известно, что в тепловых машинах, что работа будет максимальной когда процессы изменение состояния рабочего тела будет обратимыми, и в конце процесса рабочее тело придет в равновесие с окружающей средой, т.е. его параметры примут значение равные параметрам этой среды P_0 и T_0 . Естественно рабочее тело должно быть удалено из тепловой машины, так как дальнейшие получения энергии будет уже невозможно.

Это максимальная полезная

работа, совершаемая единицей рабочего тела при обратимом переходе из состояния характеризуемого параметрами p_1, T_1, s_1, i_1 . В состоянии равновесие окружающей средой, характеризуемое параметрами p_0, T_0, s_0, i_0 называется эксергией или технической работоспособностью единицы рабочего тела и обозначается буквой e . Математическое выражение для эксергии может быть написано из уравнения первого закона термодинамики для газового потока.

$$Q = \int_1^0 dQ = i_0 - i_1 + A_0 \quad (1)$$

Для изменения энтропии в обратимом процессе имеем:

$$\int_1^0 \frac{dQ}{T} = s_0 - s_1 \quad (2)$$

Умножая уравнение (2) на T_0 и вычитая полученные результаты из уравнения (1) получим:

$$\int_1^0 dQ - \int_1^0 dQ \frac{T_0}{T} = i_0 - i_1 + A_0 - T_0(s_0 - s_1) \quad (3)$$

или

$$\int_1^0 \frac{T - T_0}{T} = i_0 - i_1 + A_0 - T_0(s_0 - s_1)$$

В этом уравнении A_0 представляет собой работу, совершаемую единицей рабочего тела при прохождении его через систему. Как указывалось, эта работа получает максимальное

значение e в том случае, если процесс в системе протекает термодинамически обратимо и доходит до равновесного состояния с окружающей средой. Для случая, когда имеется лишь один внешний источник тепла и им является сама окружающая среда, обратимое протекание процесса может быть следующим. Сначала рабочее тело расширяется обратимо по адиабате и его температура понижается до температуры окружающей среды с поглощением T_0 . После этого процесса обратимого расширения продолжается по изотерме при температуре T_0 с поглощением из окружающей среды тепла и падением давления P_0 . При таком протекании процесса левая часть уравнения (3) должна быть равно нулю, так как в адиабатном участке dQ , а на изотермическом участке $T=T_0$. Поэтому максимальные значения A_0 примут вид:

$$A_{0\max} = i_9 - i_1 + A_0 - T_0(s_0 - s_1) \quad (4)$$

Понятие эксергии весьма удобно использовать для анализа степени термодинамического совершенства того или иного теплового агрегата. Рассмотрим для примера турбину, в которую входит поток рабочего тела с параметрами p_1 и T_1 а выходит с

параметрами p_2 и T_2 ; внутри турбины этот поток совершил полезную работу $A_{\text{полез}}$. Если процесс внутри агрегата необратим, то в нем теряется работоспособность ΔA потока которая будет равна:

$$\Delta A = e_1 - e_2 - A_{\text{полез}} \quad (5)$$

где e_1 и e_2 – эксергия потока на входе в агрегат и выходе из агрегата; ΔA – потери работоспособности, обусловленная трением и теплообменом с окружающей средой[6].

При отсутствии потери работоспособности ($\Delta A=0$) поток совершил бы максимальную полезную работу, т.е.

$$A_{\text{полез.макс}} = e_1 - e_2 \quad \text{которая в соответствии с уравнением (4) равна: } e_1 - e_2 = (i_1 - i_2) + T_0(s_2 - s_1)$$

Но для обратимого адиабатного течения потока в соответствии с уравнением

$$A_0 = (i_1 - i_2) \quad \text{имеем}$$

$$A_{\text{полез.макс}} = e_1 - e_2 = i_1 - i_2 \quad \text{тогда}$$

потери работоспособности необратимого процесса, будет равна;

$$\Delta A = T_0(s_2 - s_1) \quad (6)$$

В этом и состоит основная идея эксергетического метода расчета: рабочее тело входит в агрегат с эксергией e_1 и, совершив

полезную работу $A_{\text{полез.}}$ выходит из агрегата с эксергией e_2 ; при этом потерю работоспособности из-за необратимости процессов внутри агрегата определяется по уравнению (5) таким образом, этот метод позволяет судить о степени обратимости процессов внутри агрегата по внешней характеристике – разности эксергий на входе в агрегат и на выходе из него.

По аналогии с эксергией потока рабочего тела вводится понятие об эксергии потока теплоты e_q . Из формулы для термического КПД при обратимом цикле Карно имеем;

$$\frac{T_0 - T}{T} = \frac{A_{\text{полез.мак}}}{q} \quad \text{или}$$

$$A_{\text{полез.мак}} = e_q = q \left(\frac{T_0 - T}{T} \right) \quad (7)$$

где T_1 , T_0 – температура тела и окружающей среды. Уравнение (7) показывает, что работоспособность теплоты, называемая эксергией теплоты e_q , тем больше, чем больше T_1 и меньше T_0 [6].

Согласно закону сохранения энергии, энергия не возникает и не исчезает, она только переходит из одной формы в другую (переходы материи в энергию и обратно, изучаемые квантовой физикой, здесь не рассматриваются). Эксергия же,

наоборот, полностью исчезает при достижении состояния равновесия с окружающей средой. Поэтому закона сохранения эксергии быт не может.

Ранее эксергия была определена как работа, которую можно получить от системы при переходе ее от данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой. Более полную и точную формулировку эксергии дал Я. Шаргут [7].

Эксергия материи или системы является максимальной работой, которая эта система совершает в обратимом процессе с окружающей средой в качестве источника даровых тепла и вещества, если в конце этого процесса все участвующие в нем материи приходят в состояние термодинамического равновесия со всеми компонентами окружающей среды.

В этой формулировке необходимо обратить внимание на два момента. Первое, максимальная работа может быть получена только в обратимом процессе. Такой процесс теоретически можно осуществить при бесконечно малом перепаде температур между источником тепла и его приемником. Все реальные процессы происходят при конечной разности

температур и, следовательно, являются необратимыми. По этому полученная в них работа будет меньше максимально возможной. Однако для оценки полученной работы ее надо сравнивать с максимально возможной в данном процессе, т. е. с эксергией. Второе, на что необходимо обратить внимание, это то, что процесс совершается с использованием окружающей среды в качестве источника даровых тепла вещества. Это значит, что максимальная работа может быть получена только при взаимодействии материи с окружающей средой. Так, для того, чтобы получить эксергию топлива, необходимо использовать определенного кислорода из окружающей среды. Если же для горения использовать чистый кислород, то хотя полученное количество тепла будет больше, суммарная эксергия будет меньше, так как для получения чистого кислорода из воздуха необходимо затратить определенную работу, а следовательно эксергию. Аналогично и с теплом. При нагреве какого-нибудь тела тепло необходимо подводить только для повышения его температуры выше температуры окружающей среды, а до температуры окружающей среды нагрев происходит за счет тепла,

отбираемого от этой среды. Помимо приведенного выше определения эксергии существуют и другие. Так, З. Рант определил эксергию как часть энергии, которую можно превратить в любой другой вид энергии.

Таким образом, по Ранту, всякая энергия E состоит из двух частей: одной части, которая может быть превращена в любой другой вид энергии, т.е. эксергии e , и другой части, которая ни в какой другой вид энергии, в том числе механическую работу, превращена не может. Это часть Рант назвал анергией A (от греческого *erg* – работа и отрицательная частица «а».) Таким образом, $E = e + A$. Это деление на эксергию e и анергию A является весьма наглядным и вполне допустимым для тех случаев, когда первоначальная температура тела выше температуры окружающей среды.

Поскольку величина эксергии отсчитывается от состояния термодинамического равновесия с окружающей средой, необходимо, прежде всего, определить, что понимать под термином (окружающая среда).

Для промышленных установок в качестве окружающей среды принимают окружающий

их атмосферный воздух. Как явствует из самого понятия, эксергия окружающей среды равна нулю. Температура окружающей среды принимается постоянной и не зависящей от работы рассматриваемого оборудования. На практике это условие не всегда соблюдается.

Очень часто тепловые потоки через ограждение теплотехнической установки (топки, сушилки и т. д.) вызывают значительное повышение температуры воздуха в помещении, где она установлена. Тем не менее температуру окружающей среды необходимо принимать такой, какой она была бы без нагрева от работающей установки, а нагрев воздуха помещения рассматривать как дополнительную потерю эксергии. Для установок, работающих на открытом воздухе, температура которого

зависит от времени суток и времени года, необходимо либо рассчитывать потери эксергии для различных периодов, либо брать какую-то усредненную температуру окружающей среды[5].

Заключение

На основе проведенных литературного обзора по раскрытию сути и содержания понятий тепловой энергии и эксергии можно сделать следующие выводы:

1. Была анализирована понятий теплового энергии, эксергии и энергетической эффективности тепловых машин которой играет большую роль в теплоэнергетике

2. Раскрыта сущность и содержание понятий эксергии и рассмотрена эксергетические методы анализа тепловых машин которые применяются в тепло-энергетике.

Использованной литературы

1. Алексеев Г. Н. Общая теплотехника. — М.: Высшая школа, 1980. — 552 с.
2. Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия. — М.: Знание, 1978. — 192 с. — (Жизнь замечательных идей).
3. <https://works.doklad.ru/view/QtaKMjBK3a8/all.html>
4. <https://resh.edu.ru/subject/lesson/7101/>
5. Б.С. Сажин. Основы техники сушки. М. : Издательство: «Химия». 1984. с.320
6. Лариков Н. Н. Теплотехника: Учеб. для вузов. — 3-е изд. / перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1985. — 432 с, ил
7. Шаргут Я., Петела Р. Эксергия. Пер. с польск. Под ред. В.М. Бродянского. М. Энергия. 1968. С.279.