**Лекция №1**

Основы термодинамики

Термодинамика – наука, изучающая превращения энергии в различных процессах, сопровождающихся тепловыми эффектами.

Методы термодинамики основаны на универсальном законе природы– законе сохранении энергии.

I. Рабочее тело и параметры его состояния. Основные законы идеального газа.

Способность газа заполнять весь объем , в который его помещают, подтверждает, что молекулы газа находятся в постоянном движении. Установлено, что движение молекул газа беспорядочно и хаотично.

Простой моделью реального газа является так называемый идеальный газ, у которого объем, занимаемый его молекулами, мал по сравнению с объемом всего рассматриваемого газа; молекулы газа рассматриваются как беспорядочно движущиеся материальные точки, распределенные равномерно во всем объеме газа. Силами сцепления между молекулами идеального газа пренебрегают. Следует помнить, что идеального газа в действительности нет; это модель , которая отражает свойства реальных газов приближенно. Тем не менее, изучение законов идеального газа помогает определять поведение реального газа в различных условиях. Чем ниже давление и выше температура, тем ближе свойства реального газа к свойствам идеального. В дальнейшем все выводы и зависимости будут относиться к идеальному газу.

Рабочее тело и его параметры

Часто тепловой процесс включает в себя теплообмен, когда есть источник тепла с температурой Т1– нагреватель и охладитель с температурой Т2<T1– холодильник.

Хорошо известно ,что превратить механическую работу в тепло очень просто – для этого необходимо создать поверхность трения; в частности древние люди добывали так огонь. Значительно труднее преобразовать тепло в механическую работу (энергию).

Если нагреватель и холодильник привести в непосредственное соприкосновение, то тепло от первого перейдет ко второму и при этом никакой работы совершено не будет. Произойдет простой теплообмен.

Пример. *Если привести в соприкосновение два куска железа – нагретый и холодный, то от горячего куска тепло будет переходить к холодному до тех пор ,пока их температура не сравняется.*

Для получения механической работы (энергии) в любом тепловом двигателе необходимо привлечь еще одно тело, которое называется рабочим телом.

Пример. *В двигателе внутреннего сгорания рабочим телом является газ, образующийся в процессе сгорания рабочей смеси, в паровых турбинах – водяной пар. Нагревателем являются продукты сгорания топлива, а холодильником – атмосфера, куда выбрасывается отработавший газ или конденсатор, принимающий отработавший водяной пар.*

В зависимости от рассматриваемой задачи при термодинамическом исследовании выделяется определенная группа тел, которая называется термодинамической системой.

Тела, взаимодействующие с системой и оказывающие влияние на ее свойства, называются внешней средой. Например, цилиндр, поршень, окружающий воздух и т.д.

Термодинамическим процессом называют изменение состояния термодинамической системы в результате обмена энергией (тепловой или механической) с окружающей средой.

Физические величины, характеризующие термодинамическое состояние системы, называются параметрами состояния. Важнейшими из них являются удельный объем υ, давление p и температура T.

Следует иметь в виду, что в любой термодинамической системе никогда не изменяется один параметр - обязательно изменяются минимум два их них одновременно.

Давление. В термодинамике всегда пользуются абсолютным давлением, т.е. атмосферное плюс избыточное. Свойство газа оказывать давление на стенки сосуда, в котором он находится, есть одно из его основных свойств. Именно оно позволяет использовать газ в качестве рабочего тела в процессах преобразования энергии. Жидкости или твердые тела почти не используются в качестве рабочих тел.

Температура. Величину, характеризующую степень нагретости тела, называют температурой.

Температуру газа рассматривают как меру средней кинетической энергии молекул газа. С этой точки зрения температура должна измеряться в единицах энергии, но в технике это неудобно. По этой причине температуру измеряют в градусах (коэффициентом перевода является постоянная Больцмана k, Дж/град ). В термодинамических расчетах пользуются шкалой, предложенной в 1848г. английским ученым Кельвином. Нулем шкалы Кельвина является температура, при которой прекращаются хаотические движения молекул идеального газа; эту температуру называют абсолютным нулем. Абсолютный нуль соответствует температуре -273,15о по шкале Цельсия. Температура, отсчитывается по шкале Кельвина всегда положительно. Ее называют абсолютной температурой и обозначают ToK.

В технике очень часто пользуются шкалой Цельсия; температуру по этой шкале отсчитывают от точки замерзания воды, принимая температуру в этой точке равной нулю. Температуру по этой шкале обозначают toC. Связь между температурой по абсолютной шкале и температурой по Цельсию определяется по формуле

ToK= 273,15+toC

Теплоемкость

Чтобы два разных вещества с одинаковой массой нагреть до одинаковой температуры , необходимо затратить различное количество теплоты.

Например, на нагревание воды необходимо затратить тепла примерно в девять раз больше , чем на нагревание до той же температуры такой же массы железа. Таким образом, каждое вещество обладает своей теплоемкостью.

Теплоемкостью тела называют количество теплоты ,необходимое для изменения температуры тела на один градус.

Средней в интервале температур T1– T2теплоемкостью тела Сm называют количество теплоты q, необходимое для повышения температуры тела на 1o

При уменьшении разности температур Т2– Т1средняя теплоемкость приближается к истинной.

Если к телу подведено бесконечно малое количество теплоты dq и температура тела Т повысилась на величину dT, то отношение называется истинной теплоемкостью тела при температуре Т.

Удельная теплоемкость

Для определения теплоемкости разных веществ, для возможности сравнения их между собой введено понятие удельной теплоемкости.

Удельной теплоемкостью называют количество теплоты, необходимо для изменения температуры единицы количества вещества на один градус.

  Состояние системы. Неравновесное состояние системы характеризуется различными значениями ее параметров в каждой точке системы.

Равновесным считают такое состояние системы, при котором во всех ее точках параметры системы имеют одинаковые неизменные во времени значения.

Если все точки системы имеют одинаковую температуру, то считается, что система находится в состоянии термического равновесия. Если давление одинаково во всех точках системы ,то она находится в состоянии механического равновесия.

Опыт показывает , что система, выведенная из равновесия и не подвергающаяся больше внешним воздействиям, самостоятельно вернется в равновесное состояние. Из равновесного состояния в неравновесное система не может перейти без внешнего воздействия.

Если рабочее тело под воздействием внешних или внутренних факторов выведено из равновесия, то все параметры ,характеризующие его состояние, изменяются, т.е. начнется термодинамический процесс изменения состояния рабочего тела.

Термодинамический процесс может быть наглядно представлен в виде графика на pV – диаграмме :

Допустим, что в рабочем пространстве цилиндра 1 , снабженного поршнем 2 заключена масса газа m с начальными параметрами p1и υ1(точка 1). Примем, что на поршень с внешней стороны действует постоянная сила P и газ находится в состоянии равновесия.

Для осуществления процесса необходимо нарушить равновесие системы.

Процесс, переводящий тело из одного состояния в другое, из точки 1 в точку 2 , выразится некоторой кривой 1 -2 средних значений параметров. Точки1 и 2 точно характеризуют равновесное состояние газа в начале и в конце процесса. Вид кривой зависит от характера процесса . Такую кривую называют кривой термодинамического процесса.

Внутренняя энергия системы. Кинетическую энергию микроскопических тепловых движений молекул и потенциальную энергию их взаимодействия называют внутренней энергией тела.

В любом состоянии система, изолированная от внешней среды или находящаяся во взаимодействии с ней, имеет определенное количество внутренней энергии U.

Если состояние системы изменилось в результате любого термодинамического процесса, то изменение ее внутренней энергии не зависит от того, как протекал этот процесс, а зависит только от конечного и начального состояния рабочего тела. Поэтому такое изменение внутренней энергии тела в процессе определяется разностью значений энергии в начале и конце взаимодействия тела с внешней средой

Работа и количество теплоты. Механическая работа, рас­сматриваемая в термодинамике, является мерой механической энергии. Она производится при перемещении тела в пространстве под действием механической силы.

Если газ, находящийся в цилиндре под поршнем, расширяется, то его объем увеличивается . При этом газ передвигает поршень,

совершая механическую работу. Такую работу считают положи­тельной. При сжатии газа работа производится над газом со стороны внешней сре­ды. Эту работу считают отри­цательной.

Для того чтобы вычислить механическую работу, совер­шаемую термодинамической си­стемой, рассмотрим систему, представляющую собой т кг газа, находящегося в цилиндре, под поршнем (при р = const). Его состояние определяется па­раметрами р1, V1, Т1, что на диаграмме (рис.1) соответ­ствует точке 1. Давление, газа p1уравновешено внешней силой Р, приложенной к штоку поршня . Таким образом, система находится в равновесии.

Подведем к системе теплоту Q, которая нарушит равновесное сос­тояние газа. Газ под действием теплоты, расширяясь, будет давить на поршень с силой R, преодолевая силу Р, и передвинет его вправо на расстояние х, совершив при этом работу. Состояние газа в точке определится параметрами р2, V2 и *T*2.

Совершенную газом работу можно вычислить по общим правилам механики, а можно также определить графически, изобразив ее на pV-диаграмме.

Как известно из механики, работа равна произведению силы на путь. В нашем случае работа L, совершенная газом под действием сил R, равна произведению этой силы на путь х:

Количество теплоты в термодинамическом процессе является мерой тепловой энергии, подведенной к системе или отведенной от системы.

Не следует говорить о количестве теплоты, содержащейся в теле, а можно говорить лишь о том, сколько тело отдаст или получит теп­лоты в том или ином процессе. В отличие от внутренней энергии работа и количество теплоты зависят не только от начального и конечного состояния газа, но и от пути, по которому происходило изменение его состояния.

Количество теплоты, полученное телом, принято считать положи­тельным, а отданное телом — отрицательным.

Количества теплоты и работы измеряются в одних и тех же едини­цах— в джоулях (дж).

Закон сохранения энергии устанавливает, что энергия не создается, не уничтожается и что одна форма энергии может переходить в другую; при этом превращение совершается таким образом, что определенное количество одной формы энергии переходит в равное количество дру­гой формы энергии. Первый закон термодинамики по существу явля­ется законом сохранения энергии. Он устанавливает количественную зависимость между подводимой к системе теплотой, ее внутренней энергией и совершаемой системой работой (механической энергией).

Первый закон (начало) термодинамики формулируют так: вся теп­лота, подведенная к системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы и на совершение внешней работы:

Первый закон термодинамики, устанавливая количественную зави­симость между видами энергии, не указывает условий, при которых протекают преобразования одного вида энергии в другой.

Энтропия так же, как и удельная теплоемкость, измеряется в  Отсутствие приборов для измерения энтропии долгое время задерживало ее применение в решении технических задач. Простота и удобство применения энтропия в качестве параметра привели к широкому использованию ее в теплотехнических расчетах.

 Одним из важных вопросов теплотехники является подсчет теплоты, подведенной к двигателю и отведенной от него. По степени использования теплоты судят о работе двигателя и о его экономичности. Этот вопрос легко разрешается графическим изображением термодинамического процесса в системе координат, где по оси абсцисс откладывают значения энтропии, а по оси ординат - значения температуры. Так же, как и на pυ-диаграмме, состояния тела в каждый момент времени на Ts-диаграмме изображается точкой, процесс — линией. Теплота процесса на Ts-диаграмме определяется площадью под линией процесса.

Конвективный теплообмен. Конвективный теплообмен пред­ставляет собой теплообмен между твердым телом и жидкостью (или газом), сопровождающийся одновременно теплопроводностью и конвекцией.

Явление теплопроводности в жидкости, как и в твердом теле, полностью определяется свойствами самой жидкости, в частности коэффициентом теплопроводности и градиентом температуры.

При конвекции перенос теплоты неразрывно связан с перено­сом жидкости. Это усложняет процесс, так как перенос жидкости зависит от характера и природы возникновения ее движения, физических свойств жидкости, формы и размеров поверхностей твердого тела и т. д.

Рассмотрим случай протекания около твердой стенки жидко­сти, температура которой ниже (или выше) температуры стенки. Между жидкостью и стенкой происходит теплообмен. Переход теплоты от стенки к жидкости (или обратно) назовем теплоотдачей. Ньютон показал, что количество теплоты Q, которым обмениваются между собой в единицу времени стенка, имеющая температуру Тст, и жидкость, имеющая температуру Тж, прямо пропорционально разности температур Тст — Тж и площади поверхности сопри­косновения S:

Q = αS (Тст — Тж) (60)

где α — коэффициент теплоотдачи, который показывает, каким количеством теплоты в течение одной секунды обмениваются жидкость и стенка, если разность температур между ними 1 К, а площадь поверхности, омываемой жидкостью, равна 1 м2. В СИ единицей коэффициента теплоотдачи является Вт/(м2  К). Коэф­фициент теплоотдачи α зависит от многих факторов, и в первую очередь от характера движения жидкости.

Турбулентному и ламинарному движению жидкости соответ­ствует различный характер передачи теплоты. При ламинарном движении теплота распространяется в направлении, перпендику­лярном перемещению частиц жидкости, так же как и в твердом теле, т. е. теплопроводностью. Так как коэффициент теплопровод­ности жидкости невелик, то распространяется теплота при лами­нарном течении в направлении, перпендикулярном потоку, очень слабо. При турбулентном движении слои жидкости (более и менее нагретые) перемешиваются, и теплообмен между жидкостью и стенкой в данных условиях идет более интенсивно, чем при ла­минарном течении. В пограничном слое жидкости (у стенок трубы) теплота передается только теплопроводностью. Поэтому погра­ничный слой представляет собой большое сопротивление потоку теплоты, и в нем происходит наибольшая потеря температурного напора.

Помимо характера движения, коэффициент теплоотдачи за­висит от свойств жидкости и твердого тела, температуры жидкости и т. д. Таким образом, теоретически определить коэффициент теплоотдачи довольно сложно. На основании большого экспери­ментального материала найдены следующие значения коэффи­циентов теплоотдачи [в Вт/(м2 К)], для различных случаев кон­вективного теплообмена:

|  |  |
| --- | --- |
| *Естественная конвекция газов* | *5,8—34,7* |
| *Движение газов в трубах или между ними* | *11,6—116* |
| *Движение водяного пара в трубах* | *116—2 320* |
| *Естественная конвекция воды* | *116—1 160* |
| *Движение воды по трубам* | *575—11600* |
| *Кипение воды* | *2320—11600* |
| *Конденсация пара* | *4650—17500* |

В основном конвективный теплообмен происходит при продоль­ном вынужденном течении жидкости, например теплообмен между стенками трубы и жидкостью, текущей по ней; поперечном вынуж­денном обтекании, например теплообмен при омывании жидкостью поперечного пучка труб; свободном движении, например тепло­обмен между жидкостью и вертикальной поверхностью, которую она омывает; изменении агрегатного состояния, например тепло­обмен между поверхностью и жидкостью, в результате которого жидкость закипает или происходит конденсация ее паров.

Лучистый теплообмен. Лучистым теплообменом называют процесс передачи теплоты от одного тела к другому в форме лу­чистой энергии. В теплотехнике в условиях высоких температур теплообмен излучением имеет первостепенное значение. Поэтому современные теплотехнические агрегаты, рассчитанные на высо­кие температуры, максимально используют этот вид теплообмена.

 Любое тело, температура которого отлична от абсолютного нуля, излучает электромагнитные волны. Их энергию способно поглотить, отразить, а также пропустить через себя какое-либо другое тело. В свою очередь, это тело также излучает энергию, которая вместе с отраженной и пропущенной энергией попадает на окружающие тела (в том числе и на первое тело) и вновь поглощается, отражается ими и т. д. Из всех электромаг­нитных лучей наибольшим тепловым действием об­ладают инфракрасные и видимые лучи с длиной вол­ны 0,4—40 мкм. Эти лучи называют тепловыми.

В результате поглощения и излучения телами лучистой энергии происходит теплообмен между ними.

Количество теплоты, поглощаемое телом в результате лучи­стого теплообмена, равно разности между энергией, падающей на него, и излучаемой им. Такая разность отлична от нуля, если температура тел, участвующих во взаимном обмене лучистой энергией, различна. Если температура тел одинакова, то вся сис­тема находится в подвижном тепловом равновесии. Но и в этом слу­чае тела по-прежнему излучают и поглощают лучистую энергию.

Энергию, излучаемую единицей поверхности тела в единицу времени, называют его излучательной способностью.

Поглощательная способность различных тел различна; более того, одно и то же тело по-разному поглощает энергию различных длин волн. Однако есть тела, для которых в определенном интер­вале длин волн поглощательная способность мало зависит от длины волны. Такие тела принято называть серыми для данного интер­вала длин волн. Практика показывает, что применительно к интер­валу длин волн, используемых в теплотехнике, очень многие тела можно считать серыми.

Энергия, излучаемая единицей поверхности абсолютно чер­ного тела в единицу времени, пропорциональна четвертой сте­пени абсолютной температуры (закон Стефана—Больцмана):

Е0 =σ'0ТА, где σ'0 — константа излучения абсолютно черного тела:

σ'0= 5,67-10-8 Вт/(м2- К4).

Часто этот закон записывают в виде

Многие законы излучения, установлен­ные для абсолютно черного тела, имеют огромное значение для теплотехники. Так, полость топки ко­тельной установки можно рассматривать как модель абсолютно черного тела (рис. 9). Применительно к такой модели законы излучения абсолютно черного тела выполняются с большой точностью. Однако пользоваться этими законами применительно к тепловым установкам следует осторожно.

|  |
| --- |
|  |

Теплотехника – наука, объектом исследования которой является

теоретические и практические методы и конструктивное оформление

получения, преобразования, передачи и использования теплоты.

Человек использует теплоту во всех областях своей деятельности.

Установление рациональных способов его использования, анализа

экономичности рабочих процессов тепловых установок и создания новых,

наиболее совершенных типов тепловых агрегатов невозможно без знания

теоретических основ теплотехники. Теплота используется человечеством по

двум принципиально различным направлениям: энергетическом и

технологическом. При энергетическом использовании, теплота

преобразуется в механическую работу, с помощью которой в генераторах

создается электрическая энергия, удобная для передачи на расстояние.

Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или

непосредственно в двигателях внутреннего сгорания. При технологическом -

теплота используется для направленного изменения свойств различных тел

(расплавления, затвердевания, изменения структуры, механических,

физических, химических свойств).

Теплотехника является общетехнической дисциплиной при подготовке

специалистов технической специальности и состоит из трех взаимосвязанных

предметов: технической термодинамики, основ теплопередачи и

теплоиспользующих установок.

Теплотехника – это область науки и техники, занимающаяся вопросами получения, преобразования и использования энергии. Слово «Термодинамика» происходит от греческого «therme» – тепло и «dynamis» – сила, движение, вместе – «движущая сила тепла». В зависимости от круга рассматриваемых вопросов различают техническую, химическую, лучистого тепла и физическую термодинамику. Техническая термодинамика – наука, изучающая законы преобразования и эффективность взаимного преобразования теплоты и работы, она непосредственно связана с процессами, протекающими в тепловых двигателях и установках, позволяет оценить их эффективность, а также найти рациональные основы для их построения. Техническая термодинамика является теоретической основой расчета, проектирования и совершенствования тепловых двигателей, компрессорных, сушильных и холодильных установок, воздухо- и паропроводов. 1.2. Основные понятия и определения технической термодинамики. Энергия – это количественная мера движения различных форм материи. Рабочее тело – это вещество, посредством которого происходит взаимное превращение одного вида энергии в другой. Идеальным газом называется газ, состоящий из упругих молекул, между которыми не действуют силы взаимного притяжения, причем объем, занимаемый молекулами, незначителен по сравнению с объемом межмолекулярного пространства, т.е. молекулы можно рассматривать как материальные точки. Примером идеального газа могут служить газы, это продукты сгорания в ДВС, воздух в компрессоре, водяной пар, находящийся в воздухе. Реальным газом называется газ, между молекулами которого действуют силы взаимного притяжения и их размерами нельзя пренебречь. Примером реального газа служат пары жидкостей, это водяной пар в паровых машинах, пары рабочего тела в холодильных установках и т.д.