

Преподаватель Семенова Ольга Леонидовна

Физика

Группа ТЭК 1/2

08.12.2022

Принцип действия тепловых двигателей.

1. **Образовательная:** сформировать понятие тепловых двигателей, принципа действия тепловых двигателей; вывести формулу для расчета коэффициента полезного действия теплового двигателя; рассмотреть виды тепловых двигателей.

2. **Воспитательная:** воспитать логическое мышление, внимание.

3. **Развивающая:** развитие коммуникативных качеств, критического мышления, познавательной активности студентов.

Формируемые общие и профессиональные компетенции: Материал лекции на тему: «Принцип действия тепловых двигателей» формирует такие общие компетенции:

- ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.
- ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
- ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.
- ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
- ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.
- ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
- ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.
- ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.
- ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

Интеграционные связи: тема взаимосвязана с предыдущими темами дисциплины «Физика»

Список литературы по теме:

1. Лабковский В.Б. 220 задач по физике с решениями: книга для учащихся 10-11 кл. общеобразовательных учреждений. М., 2006.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. – 17 изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 2008. – 366 с.
3. Рымкевич А.П. Задачник: сборник для учащихся общеобразовательных учреждений. – М., «Дрофа» 2008.

Вопросы лекции:

- 1) **Понятие теплового двигателя.**
- 2) **Коэффициент полезного действия теплового двигателя.**
- 3) **Виды тепловых двигателей.**

Превратить механическую энергию во внутреннюю (в тепло) достаточно легко. Если кусок пластилина отпустить, то удар, который испытает пластилин будет абсолютно неупругим, при этом механическая энергия пластилинового шарика перейдет во внутреннюю энергию стола.

Но никто никогда не видел картины наоборот. Пластилин, лежащий на столе, не начнёт взлетать вверх. Возникает вопрос: можно ли сделать так, чтобы внутренняя энергия превращалась в механическую? Оказывается можно.

Существуют различные типы машин, которые реализуют в своей работе превращение одного вида энергии в другой.

Большая часть двигателей, используемых людьми, - это тепловые двигатели.

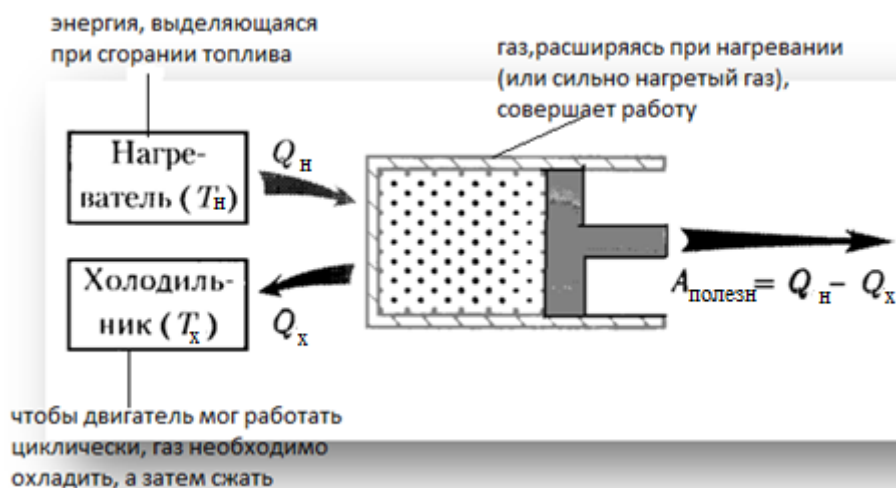
Принцип действия заключается в том, что энергия топлива переходит во внутреннюю энергию газа (пара), а газ (пар), расширяясь, совершает работу. Так внутренняя энергия газа (пара) превращается в кинетическую энергию поршня.

Устройства, превращающие энергию топлива в механическую энергию, называются тепловыми двигателями.

Однако, по мере расширения, газ охлаждается, теряя свою внутреннюю энергию.

Для нормальной работы двигателя необходима цикличность, т.е. после совершения работы, газ необходимо перевести в первоначальное состояние.

Итак, принципиальная схема любого теплового двигателя такова: тепловая машина состоит из нагревателя, рабочего тела и холодильника.



От нагревателя рабочему телу, то есть газу, передается некоторое количество теплоты. Под этим подразумевается сжигание топлива, в результате которого температура газа повышается на сотни градусов. Внутренняя энергия газа увеличивается и за счет неё он совершает работу до тех пор, пока не охладится до температуры холодильника. Роль холодильника выполняет как правило окружающая среда.

Важными характеристиками теплового двигателя являются:

- количество теплоты, полученное от нагревателя Q_n ;
- температура нагревателя, т е температура, образующегося газа T_n ;
- температура холодильника T_x ,
- количество теплоты, переданное холодильнику Q_x ;
- и полезная работа $A_{\text{полезн}}$.

Полезная работа определяется как разность между количеством теплоты, полученном от нагревателя и количеством теплоты, отданном холодильнику.

$A_{\text{полез}} = Q_n - Q_x$ - это та часть энергии, которая превратилась в механическую.

Любой тепловой двигатель характеризуется такой величиной как коэффициент полезного действия теплового двигателя. Для теплового двигателя коэффициент полезного действия равен отношению совершенной двигателем работы к количеству теплоты, полученной от нагревателя.

Коэффициентом полезного действия называют отношение полезной работы, совершенной двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя.

КПД выражают в процентах.

$$\eta = \frac{A}{Q_n} \cdot 100\%$$

Подставим выражение для полезной работы, получим $\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} \cdot 100\%$

$$\eta = 1 - \frac{Q_x}{Q_n} \cdot 100\%$$

Q_n – теплота, полученная от нагревателя, Дж

Q_x - теплота, отданная холодильнику, Дж

КПД не может быть больше 1, т.е. не может превышать 100%

Этот КПД является реальным, т.е. как раз эту формулу и используют для характеристики реальных тепловых двигателей.

КПД тепловых машин достаточно низок от 10% до 47%.

Каков возможен наибольший коэффициент полезного действия тепловой машины? Ответ дал французский ученый и инженер Сади Карно.

Он справедливо рассудил, что максимальный КПД будет у идеализированной тепловой машины, рабочим телом которой является идеальный газ. Цикл Карно описывает максимально возможную работу с минимальными потерями энергии.

Максимально возможный КПД тепловой машины будет определяться отношением разницы термодинамической температуры нагревателя и температуры холодильника к температуре нагревателя.

$$\eta = \frac{T_n - T_x}{T_n} \cdot 100\% \quad T_n - \text{термодинамическая температура нагревателя, К}$$

T_x - термодинамическая температура холодильника, К.

$$\eta = 1 - \frac{T_x}{T_n} \cdot 100\%$$

И этот коэффициент полезного действия получил название максимального

Главное значение этой формулы состоит в том, что *любая реальная тепловая машина, работающая с нагревателем, имеющим температуру T_n , и холодильником с температурой T_x , не может иметь КПД, превышающий КПД идеальной тепловой машины. Не существует теплового двигателя, у которого $\text{КПД} = 100\%$ или 1.*

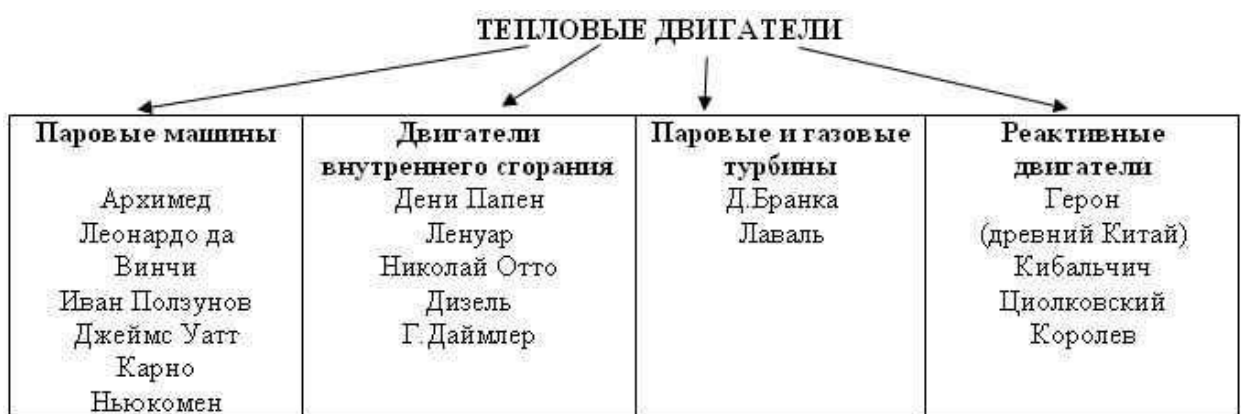
Формула дает теоретический предел для максимального значения КПД тепловых двигателей. Она показывает, что тепловой двигатель тем эффективнее, чем **выше температура нагревателя и ниже температура холодильника**. Но температура холодильника практически не может быть ниже температуры окружающего воздуха. Повышать температуру нагревателя можно. Однако любой материал (твердое тело) обладает

ограниченной теплостойкостью, или жаропрочностью. При нагревании он постепенно утрачивает свои упругие свойства, а при достаточно высокой температуре плавится.

Сейчас основные усилия инженеров направлены на повышение КПД двигателей за счет уменьшения трения их частей, потерь топлива вследствие его неполного сгорания и т. д. Реальные возможности для повышения КПД здесь все еще остаются большими.

Повышение КПД тепловых двигателей и приближение его к максимально возможному — важнейшая техническая задача.

Виды тепловых двигателей



Паровой двигатель

Большая часть двигателей, используемых людьми, - это тепловые двигатели.

История тепловых машин уходит в далекое прошлое. Говорят, еще две с лишним тысячи лет назад, в III веке до нашей эры, великий греческий механик и математик Архимед построил пушку, которая стреляла с помощью пара. Рисунок пушки Архимеда и ее описание были найдены спустя 18 столетий в рукописях великого итальянского ученого, инженера и художника Леонардо да Винчи. Как же стреляла эта пушка? Один конец ствола сильно нагревали на огне. Затем в нагретую часть ствола наливали воду. Вода мгновенно испарялась и превращалась в пар. Пар, расширяясь, с силой и грохотом выбрасывал ядро. Для нас интересно здесь то, что ствол пушки представлял собой цилиндр, по которому, как поршень, скользило ядро.

Это был первый паровой двигатель, но он не получил распространения.

Попытки построить паровые двигатели предпринимались многими изобретателями, но самой удачной была машина, построенная англичанином Т.Ньюкоменом в 1711 году.

В конце XVIII в. в России на Алтае работал гениальный русский изобретатель Иван Ползунов. Он значительно усовершенствовал паровую машину. Ему принадлежит честь создания проекта первого универсального парового двигателя – паровой машины – она приводила в действие воздухоудувные меха, нагнетающие воздух в плавильные печи. Но она проработала 43 часа и встала навсегда (котел дал течь, кожа, которой были обтянуты поршни, истерлась). Об этой машине вскоре забыли. Восстановить свое детище Иван Ползунов не мог, так как машина была пущена в работу уже после смерти изобретателя (1765г.). Он умер в возрасте 38 лет.

Создателем универсального парового двигателя, который получил большое распространение, стал английский механик Джеймс Уатт. Он построил двигатель, который годился для любой машины и их стали ставить на машины, корабли, паровозы.

Достоинства паровых двигателей:

- простота использования;
- хорошие тяговые характеристики

Недостатки:

- низкий КПД (не превышали 15-20%),
- невысокая максимальная скорость;
- большой вес;
- постоянный расход топлива и воды

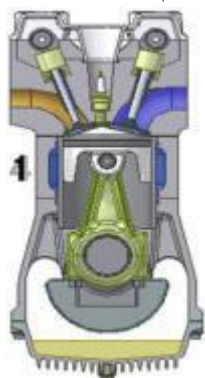
Двигатели внутреннего сгорания. В этих двигателях основные процессы — сжигание топлива и выделение теплоты с преобразованием в механическую работу — происходят непосредственно внутри двигателя.

Паровую машину из-за ее низкого к.п.д. к середине XIX века начинают вытеснять двигатели внутреннего сгорания. Протообразом первого двигателя внутреннего сгорания могут служить такие виды оружия как пушка, ружье, используемые с давних времен. В их ствол засыпали порох, клали ядро или патрон и поджигали порох. Пушка или ружье стреляли. Еще в конце XVII – начале XVIII в. Дени Папен придумал устройство, в котором под поршень цилиндра надо было насыпать порох и поджечь его. Образовавшиеся газы должны были, расширяясь поднять поршень. Затем цилиндр нужно было облить водой и поршень должен был опуститься вниз под действием собственной силы тяжести. Такова была идея, но при первом же испытании машина была разрушена взрывом. На создание новой машины у изобретателя не было денег. Это был протообраз современного двигателя внутреннего сгорания. Первый двигатель внутреннего сгорания пригодный к использованию был изобретен французским изобретателем Лёнуаром. Его двигатель был похож на паровую машину, но в цилиндр поступал не пар, а горючая смесь, поджигаемая свечой.

Но к.п.д. двигателя Ленуара был всего 3-5%. Немецкий механик – самоучка Николаус Отто в 1878 году создал первый двигатель, работавший по четырехтактному циклу и имеющий к.п.д. 22% (карбюраторный двигатель)

1876 год – изобретатель четырехтактного двигателя Николаус Отто. Основная часть ДВС - один или несколько цилиндров, внутри которых происходит сжигание топлива. Отсюда, и название двигателя. Наибольшее распространение в технике получил четырехтактный ДВС.

1-ый такт - впуск (всасывание). Поршень, двигаясь вниз, засасывает в цилиндр горючую смесь. 2-ой такт сжатие. Впускной клапан закрывается. Поршень, двигаясь вверх, сжимает горючую смесь. **3-ий такт рабочий ход.** Смесь поджигается электрической искрой свечи. Сила давления газов (раскаленных продуктов сгорания) толкает поршень вниз. Движение поршня передается коленчатому валу, вал поворачивается, и тем самым совершается полезная работа. 4-ый такт выпуск (выхлоп). Открывается выпускной клапан, отработанные продукты сгорания выбрасываются через глушитель в атмосферу. Из четырех тактов только один - третий - является рабочим. Поэтому двигатель снабжают маховиком (инерционным двигателем, запаасающим энергию).



Карбюраторные двигатели устанавливаются на автомобилях, мотоциклах, вертолетах;

Достоинства карбюраторного двигателя: малая масса, компактность, сравнительно высокий кпд около 20- 30%, все это обусловило широкое распространение таких двигателей.

Недостатки: работают на дорогом топливе высокого качества, не экономны в расходе топлива, довольно сложны по конструкции, имеют очень большую скорость вращения вала двигателя, их выхлопные газы загрязняют атмосферу.

Дизельный двигатель

Борьба за повышение к.п.д. двигателя внутреннего сгорания продолжалась. В 1892 году немецкий инженер Рудольф Дизель получил патент на новый вид двигателя внутреннего сгорания, названный в честь него дизельным. Дизельные двигатели работают иначе, чем карбюраторные.

В цилиндре сжимался воздух, причем в 2,5 раза больше, чем в двигателе Отто (карбюраторном). При таком сжатии температура воздуха повышалась настолько, что при впрыскивании топлива в цилиндр, оно сразу воспламенялось, т.е. для такого двигателя не надо было свечи, чтобы поджигать топливо. Самовоспламенение сопровождается резким нарастанием давления в цилиндре – отсюда **повышенная шумность и жесткость работы дизеля.**

Сначала в дизельном двигателе топливом служил керосин, затем **нефть, мазут**. (Кстати в самолетах до сих пор используют керосин.) К.п.д. дизельного двигателя достигает 44%.

Первый автомобиль с бензиновым двигателем внутреннего сгорания был создан в 1886 году немецким механиком Г. Даймлером.

Применение двигателей внутреннего сгорания чрезвычайно важно. Дизельные двигатели устанавливаются на теплоходах, тепловозах, тракторах, тяжелых автомобилях, самолетах.

Преимущества дизеля перед карбюраторным двигателем. Это, прежде всего, возможность работать на дешевых сортах дизельного топлива, отсутствие системы зажигания, более высокий эффективный КПД, чем у карбюраторных двигателей - достигает 40%, высокая эксплуатационная экономичность. Экологические характеристики такого двигателя тоже лучше - при работе на смесях топлива выбросы вредных веществ заметно меньше, чем у бензиновых моторов.

Недостатки: большой вес установки, повышенная шумность и вибрация, меньшая мощность, токсичные выбросы, меньший ресурс, необходимость тщательной фильтрации топлива.

Паровая турбина

В 1629 году итальянец Бранка создал проект колеса с лопатками. Оно должно было вращаться, если струя пара с силой ударяет по лопаткам колеса. Это был первый проект паровой турбины, которая впоследствии получила название активной турбины.

Демонстрация модели паровой или газовой турбины.(Объяснение устройства и принципа работы паровой и газовой турбин). Паровые турбины работают следующим образом: пар, образующийся в паровом котле, под высоким давлением направляется через специальные сопла на лопатки турбины. В соплах пар расширяется, давление его падает, но увеличивается скорость истечения пара, т.е. происходит превращение его внутренней энергии в кинетическую энергию струи. Турбина совершает обороты и вырабатывает механическую энергию.

Но турбостроение, по существу, началось только с конца XIX в., когда стала ощущаться необходимость в быстроходном двигателе. В 1883 году шведский инженер Лаваль получил патент на активную паровую турбину.

У первых паровых турбин был существенный **недостаток**: из-за огромной скорости струи пара скорость вращения турбины была излишне велика.

Уменьшить скорость вращения турбины смогли, укрепив на диске не один ряд лопаток, а больше и применив несколько ступеней давления.

Паровая турбина имеет ряд достоинств: ее к.п.д. достигает 40%, если велики давление и температура пара ($p = 24$ МПа, $t = 560^{\circ}\text{C}$); вал паровой машины вращается плавно и равномерно; турбина занимает мало места; вода, получаемая при конденсации отработанного пара, очень чиста, что весьма важно для питания паровых котлов.

В настоящее время паровые турбины являются почти единственным тепловым двигателем на мощных тепловых электростанциях, служат основным двигателем на крупных судах, турбины средних размеров и даже небольших мощностей применяют для привода насосов, воздуходувок и пр. Газовые турбины устанавливаются на мощных грузовых машинах типа БелАЗ.

Реактивный двигатель

По мере развития авиации возникла необходимость в создании нового двигателя, который мог бы поднять самолет на большую высоту, развить у него большую скорость, увеличил бы дальность полета самолета. Для больших высот и скоростей понадобились новые двигатели – реактивные двигатели, создающие необходимую для движения силу тяги посредством преобразования исходной энергии в кинетическую энергию реактивной струи рабочего тела. Рабочее тело с большой скоростью истекает из двигателя, и в соответствии с законом сохранения импульса образуется реактивная сила, толкающая двигатель в противоположном направлении.

Ракета была изобретена в Древнем Китае. С давних пор в праздничные дни люди любуются тем, как взлетая вверх, ракета рассыпается каскадом разноцветных искр. Но почему взлетает ракета? В обыкновенной ракете порох, сгорая, образует много газов. Они вытекают струей из отверстия вниз и, взаимодействуя с корпусом ракеты, толкают ее вверх. Принцип реактивного движения был использован еще во II в. до нашей эры александрийским ученым Героном в устройстве игрушки – шар Герона.

Если в корпусе ракеты есть запасы не только горючего, но и окислителя, то ракета может двигаться и в безвоздушном пространстве. Одним из первых, кто предложил использовать ракеты для полетов в космос, был русский ученый Константин Эдуардович Циолковский. Он впервые разработал теорию реактивного движения. Аналогичную теорию космических полетов предложил русский революционер Н. Кибальчич. Рукописи его работ были найдены через несколько лет после его казни в архивах Петропавловской крепости. В нашей стране 4 октября 1957 года был запущен первый в мире искусственный спутник Земли.

Полет человека в космос впервые в истории был осуществлен в Советском Союзе 12 апреля 1961 года. Корабль – спутник «Восток» пилотировал первый в мире летчик-космонавт Ю.А. Гагарин.

Развитие космонавтики и проведение исследований в космосе оказали большое влияние на развитие техники и ряда наук: астрономии, медицины, метеорологии и др.

Итак, **достоинства**: новые двигатели – реактивные двигатели предназначены для больших высот и скоростей, создают необходимую для движения мощную силу тяги .

- Простота принципа реактивного движения , что говорит о надежности.
- Непрерывное горение, отсутствие переменных ускорений в узлах двигателя.
- Высокая скорость истечения газов.
- Способность работать при низком давлении воздуха (за счет собственного компрессора плюс напор встречного воздуха при полете).

Недостатки:

- Очень много расходуется дорогостоящего ракетного топлива,
- очень сильно шумит при большой нагрузке.
- невысокий КПД 25%

В настоящее время реактивные двигатели используются не только на ракетах, но и на реактивных и турбореактивных самолетах, реактивных катерах выбрасывающих из корпуса для создания реактивной тяги мощную струю воды.

Сводная таблица КПД

	КПД
Паровой двигатель	15-20%
Карбюраторный двигатель (ДВС)	20-30%
Дизельный двигатель (ДВС)	40%
Паровая турбина	30-40%
Реактивный двигатель	25%

Домашнее задание

Ответить на вопросы:

- 1) **Что такое паровой двигатель?**
- 2) **Принцип действия парового двигателя.**
- 3) **Что такое коэффициент полезного действия парового двигателя?**
Формула.
- 4) **Укажите виды тепловых двигателей.**

Ответы присылать на электронную почту: teacher-m2022@yandex.ru