

Тепловые двигатели

Начиная с 17-го века широко используется свойство газа совершать работу при расширении. Устройства, которые преобразуют внутреннюю энергию газа в механическую работу, называются тепловыми машинами. Труд таких известных инженеров и учёных, как Ползунов, Ньюкомен, Джеймс Уатт, Шарль, Мариотт, Авогадро, Бойль, Дальтон, Карно, Клапейрон и, другие, позволил изобрести различные виды тепловых машин. Благодаря экскаваторам, подъёмным кранам, станкам и другим механическим устройствам, снабжённым тепловыми машинами, за короткое время мы можем выполнить большие объёмы работы.

Расширение и работа газа

Газ, расширяясь, может совершать работу. От кастрюльки с кипящей водой, накрытой крышкой, слышен звук постукивающей крышки. Звук возникает благодаря тому, что **кипящая** вода бурно испаряется. Пар поднимается над водой, занимая пространство между поверхностью воды и крышкой. Расширяясь, пар приподнимает крышку (рис. 1).

*Пар, расширяясь,
совершает работу*

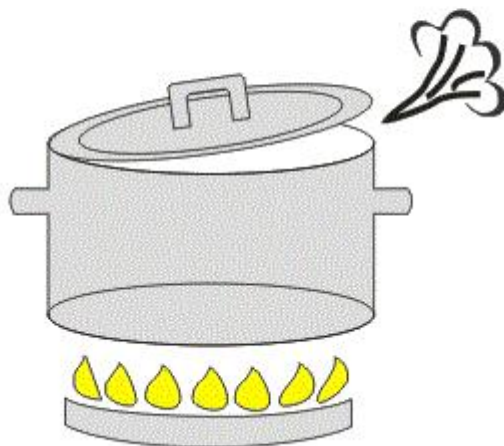


Рис. 1. Расширяясь, горячий пар поднимает крышку, совершая работу

Часть пара покидает кастрюльку через образовавшуюся под крышкой щель. И крышка опускается. Этот процесс будет повторяться до тех пор, пока мы не прекратим подогревать кастрюльку.

Главным здесь является то, что нагретый пар (газ), расширяясь, может совершать работу, сдвигая крышку.

Джеймс Уатт в конце 17-го века придумал способ увеличить эффективность использования этого свойства нагретого пара. Он изобрёл конденсатор пара, благодаря ему усовершенствовал паровую машину Ньюкомена. Это позволило увеличить ее эффективность в 3 раза.

Четыре вида тепловых двигателей

На сегодня известны такие типы тепловых двигателей (рис. 2):

- ✓ двигатель внутреннего сгорания,
- ✓ паровая турбина и газовая турбина,
- ✓ паровая машина,
- ✓ реактивный двигатель.

Виды тепловых двигателей



Рис. 2. Виды тепловых двигателей – ДВС, турбина, реактивный и паровой двигатели

Преобразование энергии в тепловом двигателе

В любом тепловом двигателе по цепочке происходят такие превращения энергии (рис. 3):

- ✓ тепловая энергия топлива преобразуется во **внутреннюю энергию** газа;
- ✓ нагретый газ расширяется, и совершает работу, охлаждаясь при этом;
- ✓ часть внутренней энергии газа переходит в **механическую энергию**.

Превращение энергии в тепловом двигателе



Рис. 3. В тепловом двигателе энергия топлива превращается в механическую энергию

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС)

Чтобы представить простой тепловой двигатель, кастрюльку заменим цилиндром, а крышку – металлическим поршнем. Поршень должен плотно прилегать к стенкам отполированного цилиндра, так, чтобы двигаться по нему с минимальным **трением**. Если в пространство под поршнем поместить газ, то нагреваясь и расширяясь, он сможет сдвинуть поршень. Полученное устройство называется тепловым двигателем.

Поступательное движение поршня с помощью дополнительных механических частей можно преобразовать во вращательное движение рабочего вала.

На сегодняшний день ДВС – это самый распространённый вид тепловых двигателей. В таких двигателях используется жидкое или газообразное топливо – бензин, керосин, спирт, нефть, горючий газ. Топливо в таком двигателе сгорает внутри цилиндра, поэтому его назвали двигателем внутреннего сгорания (ДВС).

Примечание: Паровая машина и, к примеру, двигатель Стирлинга, относятся к двигателям внешнего сгорания. Топливо в таких машинах сгорает за пределами рабочего цилиндра.

Существуют одноцилиндровые и многоцилиндровые двигатели внутреннего сгорания.

По количеству тактов работы двигателя, уместяющихся в рабочий цикл, выделяют

- ✓ двухтактные и
- ✓ четырёхтактные двигатели.

Как устроен одноцилиндровый ДВС

Рассмотрим, какие части включает в себя одноцилиндровый двигатель (рис. 4).

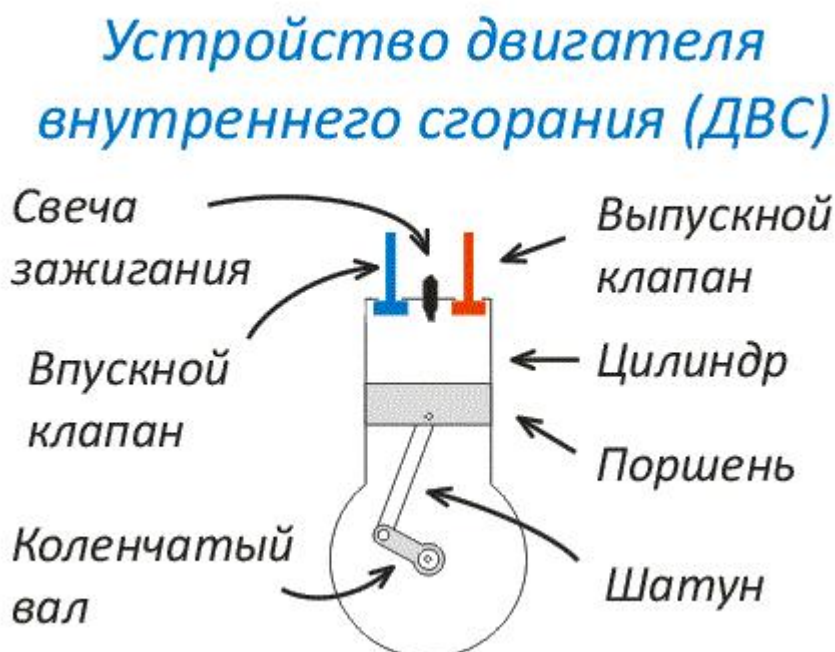


Рис. 4. Основные части двигателя внутреннего сгорания

Основными частями являются цилиндр и поршень, который может двигаться внутри цилиндра поступательно. Над рабочей поверхностью поршня располагается свеча. В пространство между поршнем и свечой помещаются смесь паров топлива и воздуха. Такой газ называют рабочим телом. Электрическая свеча зажигания вызывает процесс **горения** топливовоздушной смеси.

Впуск воздуха и паров топлива и выпуск сгоревших газов осуществляется двумя клапанами, которые так и называют – впускным и выпускным.

А шатун соединяет поршень и коленчатый вал. С помощью такого соединения возвратно-поступательное движение поршня преобразовывается во **вращательное движение** коленчатого вала.

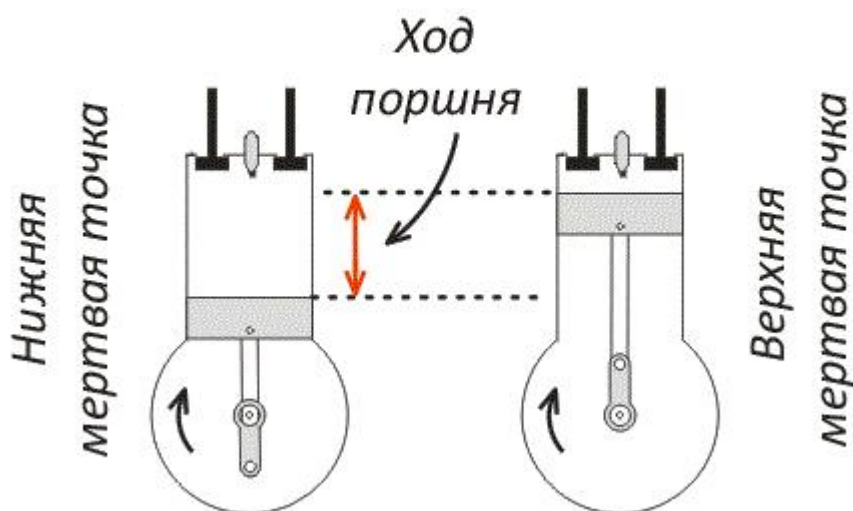
Для эффективной работы двигателя необходимо открывать и закрывать каждый клапан и подавать электричество к свече в нужные моменты времени. Поэтому, клапаны, поршень и свеча работают согласованно. Согласованность их работы реализована с помощью кулачкового механизма и различных датчиков, которые на рисунке не показаны.

Что такое мёртвая точка и ход поршня

Вначале познакомимся с понятиями мёртвых точек и рабочего хода. Это поможет разобраться, из каких частей состоит рабочий цикл двигателя.

Две мёртвые точки — это крайние положения поршня. В этих положениях поршень меняет направление движения на противоположное. Выделяют две мёртвые точки – верхнюю и нижнюю (рис. 5). Расстояние между ними называют ходом поршня.

Мертвые точки и ход поршня



Расстояние между мёртвыми точками образует ход поршня

Что происходит внутри цилиндра при работе ДВС

При работе двигателя в цилиндре периодически происходит сгорание смеси топлива и воздуха, а, так же, производится выброс отработанных газов.

Сжатые поршнем газы загораются от электрической искры. Температура горения поднимается до 1800 градусов Цельсия. Поэтому, каждый двигатель внутреннего сгорания дополнительно содержит систему охлаждения.

Раскалённые газы расширяются, давление на поршень и стенки цилиндра резко возрастает. Это давление с силой толкает поршень, приводя его в движение. Усилие передаётся с поршня на шатун и далее на коленчатый вал, вращая его.

Примечание: Раскалённые газы обладают большим запасом внутренней энергии. Расширяясь, газы охлаждаются, при этом часть их внутренней энергии переходит в механическую работу.

Таким образом, энергия топлива преобразуется во вращение коленчатого вала.

Этапы работы четырёхтактного ДВС

Теперь перейдём к рассмотрению рабочего цикла двигателя. Весь рабочий цикл состоит из четырёх тактов — движений поршня. Двух движений вверх и двух — вниз. Поэтому двигатель называют четырёхтактным. Каждому движению поршня вверх, или вниз соответствует половина оборота коленчатого вала (рис. 6).

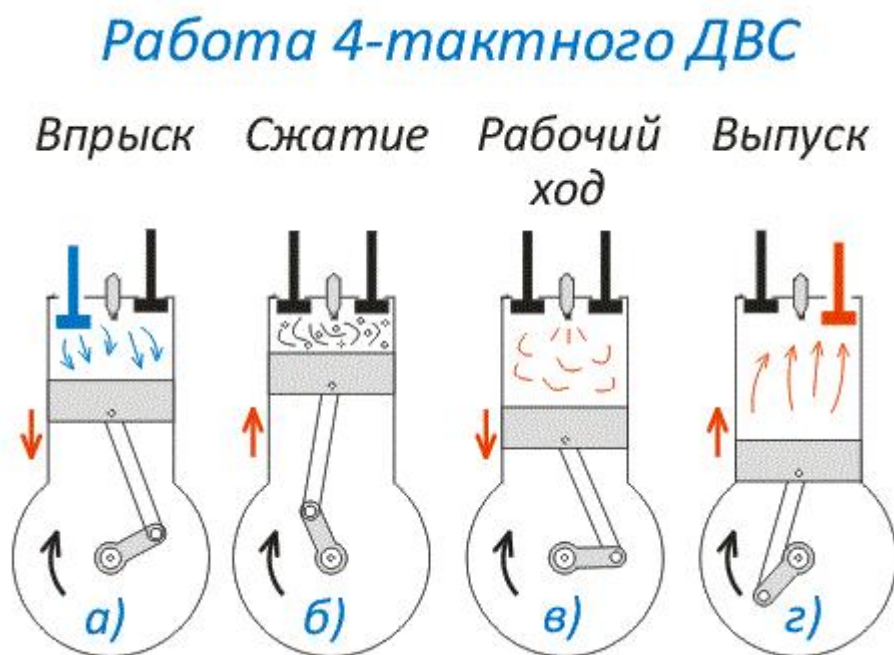


Рис. 8. Четыре такта работы двигателя внутреннего сгорания

Первый такт – впрыск топлива

Сначала поршень движется вниз (рис. 6а). При этом между поршнем и клапанами создаётся область пониженного давления. Поэтому, когда открывается впускной клапан, пары топлива и воздух засасываются внутрь цилиндра. Сдвигаясь, поршень через шатун приводит во вращение коленчатый вал, снабжённый утяжеляющим его маховиком. Первый такт заканчивается в момент достижения поршнем нижней мёртвой точки.

Второй такт – сжатие топливовоздушной смеси

Коленчатый вал продолжает вращение по инерции и увлекает поршень с помощью шатуна. Теперь поршень движется вверх (рис. 6б). Он сжимает смесь топлива и воздуха, находящуюся в объёме над ним. Давление над поршнем повышается и газ разогревается. Процесс сжатия заканчивается в верхней мёртвой точке.

Третий такт – рабочий ход

В момент, когда поршень проходит верхнюю мёртвую точку и начинает движение вниз (рис. 6в), на свечу зажигания подаётся высокое электрическое напряжение. Между рабочими электродами свечи проскакивает искра. Эта искра поджигает смесь паров топлива и воздуха. Температура

газов поднимается почти до двух тысяч градусов. Давление раскалённого газа на стенки цилиндра и поршень возрастает в тысячи раз. Сила давления толкает поршень, он движется к нижней мёртвой точке. Раскалённые газы расширяются и охлаждаются. При этом, они двигают поршень вниз, то есть, совершают механическую работу. Отсюда и название такта – рабочий ход.

Четвёртый такт – выброс отработавших газов в окружающую среду

В момент, когда поршень минует нижнюю мёртвую точку и, вращение коленчатого вала с помощью шатуна увлекает его вверх (рис. 6г), открывается выпускной клапан. Отработанные газы покидают цилиндр. Это продолжается до момента, когда поршень достигнет верхней мёртвой точки. В этот момент полный цикл работы завершается. Двигатель готов к началу нового четырёхтактного процесса.

Во время второго и третьего тактов впускной и выпускной клапаны закрыты. Впускной клапан открыт во время первого такта, выпускной – во время четвёртого.

Двухтактные ДВС и их особенности

Двигатель называют двухтактным, когда полный цикл его работы совершается за два хода поршня – такта. Пока поршень совершает два хода, коленчатый вал совершает один оборот.

Сжатие и рабочий ход происходят аналогично четырёхтактному двигателю. Отличие заключается в процессах впрыска и выпуска отработанных газов. Эти процессы происходят совместно и в течение короткого времени, пока поршень проходит нижнюю мёртвую точку.

Впрыск топливовоздушной смеси и выпуск отработанных газов называется продувкой цилиндра.

Изобрёл двухтактный двигатель инженер из Шотландии Д. Клерк в 1881 году. Джозеф Дей и Ф. Кок спустя десять лет в Англии усовершенствовали конструкцию. Два года ранее — в 1879 году, свой двухтактный двигатель независимо от них построил Карл Бенц.

Количество нерабочих ходов поршня в два раза меньше, по сравнению с четырёхтактным двигателем. Поэтому потери на трение сократились в два раза.

Но главное преимущество двухтактного двигателя в том, что он обладает в полтора раза большей **мощностью** при одинаковых с четырёхтактным двигателем объёмом цилиндра и оборотах двигателя.

Благодаря этому двухтактные двигатели используются на средних и тяжёлых морских судах и в авиации. Вал двигателя с валом гребного винта, или воздушным винтом, соединяется без редуктора. В судостроении используют тяжёлые малооборотные двигатели. А в конструкциях самолётов, в основном двухтактные роторные двигатели.

Некоторые модели мотоциклов, малолитражных автомобилей, грузовиков и автобусов, так же, оснащаются двухтактными двигателями внутреннего сгорания.

Основной недостаток таких двигателей заключается в том, что их детали работают при более высоких температурах. Это вызывает сокращение срока службы. А в мощных двигателях требует дополнительного охлаждения поршней.

Еще один недостаток заключается в одновременном впрыске топлива и выпуска отработанных газов. При этом пары топлива смешиваются с отработанными газами, полностью исключить такое смешивание не получается. Из-за этого снижается эффективность сжигания топлива в цилиндрах таких двигателей.

Преимущества многоцилиндровых двигателей и их устройство

В многоцилиндровых двигателях топливо воспламеняется в различные моменты времени последовательно в нескольких цилиндрах. При этом рабочий вал двигателя вращается более равномерно, ему передаётся больше энергии. Это позволяет повысить мощность двигателя.

В мопедах и скутерах чаще всего используют одноцилиндровые двигатели (рис. 7).

**Двигатель может иметь
несколько цилиндров**



1 цилиндр



2 цилиндра



4 цилиндра



12 цилиндров

Рис. 7. Двигатели внутреннего сгорания могут иметь не один цилиндр, а несколько

В мотоциклах – двухцилиндровые. В легковых автомобилях — четырёхцилиндровые двигатели. А грузовые автомобили, большие тракторы и спецтехника могут оснащаться восьмицилиндровыми двигателями. Более мощная и грузоподъёмная техника, а, так же, речные и морские суда, оснащаются двигателями, имеющими, двенадцать, шестнадцать и, более цилиндров.

Рабочий вал многоцилиндрового двигателя вращается более равномерно и получает энергию от нескольких поршней. Поэтому многоцилиндровые двигатели имеют повышенную мощность.

В сложных двигателях цилиндры располагают, поворачивая один относительно другого на различные углы (рис. 8).

Расположение цилиндров в многоцилиндровых ДВС

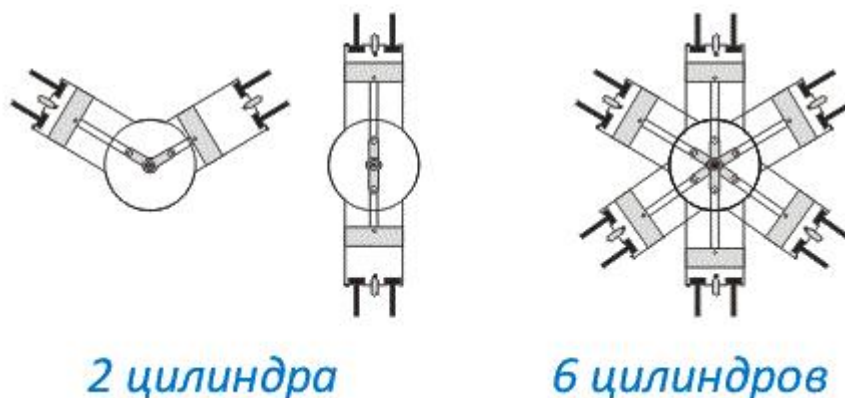


Рис. 8. Несколько цилиндров в двигателе располагают, поворачивая их на различные углы один относительно другого

Имеются такие конструкции двигателей:

- ✓ V-образные, в которых цилиндры располагаются в виде латинской буквы V;
- ✓ рядные, когда несколько цилиндров располагают в ряд один за другим;
- ✓ оппозитные, в которых одни цилиндры развёрнуты на 180 градусов по отношению к другим цилиндрам и поршни одновременно проходят либо верхнюю, либо нижнюю мёртвую точку, двигаясь в противоположные стороны;
- ✓ роторные, несколько цилиндров в них располагаются в виде многолучевой звезды, такие двигатели применяются в авиации.

Примечания:

- ✓ Существуют V-образные двигатели, в которых цилиндры развёрнуты на 180 градусов. При этом, когда один поршень проходит свою верхнюю мёртвую точку, соседний поршень проходит свою нижнюю точку.
- ✓ В оппозитных двигателях оба поршня двигаются в противоположные стороны — либо расходятся максимально далеко, либо максимально сближаются. Двигаясь, поршни одновременно проходят либо верхнюю, либо нижнюю мёртвую точку. Поэтому двигатель называется оппозитным.

Паровая турбина

Турбина от двигателя внутреннего сгорания отличается более простым устройством. Основная сложность при изготовлении турбин заключается в создании лёгких, прочных и эффективных лопаток, приводящих в движение диски и рабочий вал.

Тепловой двигатель, в котором вал двигателя вращается без помощи поршня, шатуна и коленчатого вала, называется паровой турбиной.

Устройство турбины отличается простой конструкцией (рис. 9).

Устройство паровой турбины

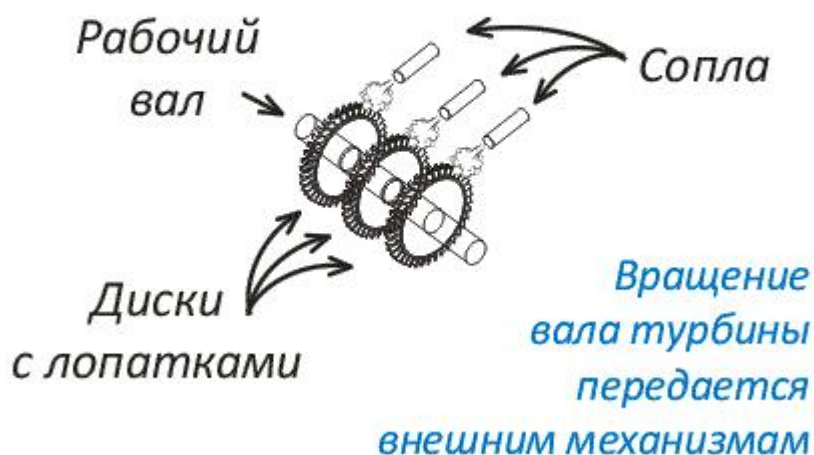


Рис. 9. Турбина состоит из диска с лопатками, рабочего вала и сопел

На вал насажен диск, содержащий на ободе лопатки. На эти лопатки направлены сопла, из них под большим давлением в сторону лопаток подаётся горячий газ или пар, который вращает лопасти и приводит в движение диск турбины и вал двигателя.

Современные турбины содержат несколько дисков с лопастями, находящихся на общем валу. Пар последовательно проходит лопатки нескольких дисков и каждому передаёт часть своей энергии. Это повышает эффективность турбины.

В качестве двигателей турбины применяются на больших судах.

Частота вращения турбин может достигать нескольких тысяч оборотов в минуту. На электростанциях вал турбины соединяется с генератором тока, благодаря чему механическая энергия вращения турбины преобразуется в электрическую энергию.

В России изготавливают турбины мощностью до 1,2 миллиардов Ватт.

Выводы

- ✓ Расширяясь, газ может совершать работу.
- ✓ Тепловой двигатель — это устройство, которое преобразует внутреннюю энергию газа в механическую энергию.
- ✓ Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) — самый распространённый вид двигателя, жидкое или газообразное топливо в таком двигателе сгорает внутри цилиндра.
- ✓ Существуют одноцилиндровые или многоцилиндровые ДВС.
- ✓ Простейший одноцилиндровый ДВС состоит из цилиндра и поршня, свечи зажигания, впускного и выпускного клапанов, шатуна, коленчатого вала с маховиком. Клапаны, поршень и свеча работают согласованно.
- ✓ Крайние положения поршня называют мёртвыми точками — верхней и нижней. Поршень в этих точках меняет направление движения на противоположное.
- ✓ Ход поршня — это расстояние между мёртвыми точками.
- ✓ С помощью шатуна возвратно-поступательное движение поршня преобразовывается во вращательное движение коленчатого вала.
- ✓ Через впускной клапан в цилиндр подаётся смесь топлива и воздуха.
- ✓ Электрическая свеча зажигает сжатые пары топлива и воздуха.
- ✓ Выпускной клапан выводит сгоревшие газы из цилиндра.
- ✓ Два движения поршня вверх и два движения вниз образуют четыре такта работы двигателя: впуск, сжатие, рабочий ход и выпуск.
- ✓ За время каждого движения поршня вверх, или вниз коленчатый вал совершает половину оборота.
- ✓ Многоцилиндровые двигатели имеют повышенную мощность, так как рабочий вал двигателя получает энергию от нескольких поршней.
- ✓ Двухтактные ДВС при одинаковых с четырёхтактными двигателями объёме цилиндра и количеству оборотов коленвала, обладают повышенной в 1,5 раза мощностью, но меньшим сроком службы из-за перегрева.
- ✓ Турбины проще ДВС, они содержат несколько дисков с лопастями, насаженных на общий вал. Пар из сопел проходит лопатки нескольких дисков и заставляет вал вращаться. Мощность таких турбин может достигать 1,2 миллиардов Ватт.