

Физика-7

Урок 13-14 Работа газа и пара при расширении. Двигатель внутреннего сгорания

Часть 1. Почему газ может совершать работу?

Мы уже знаем, что газы оказывают давление на стенки сосуда (например, давление воздуха в мяче). Если газ нагреть, его молекулы начинают двигаться быстрее и сильнее биться о стенки — давление увеличивается.

Главный вывод: Если газу (или пару) дать возможность расширяться, он будет давить на окружающие тела и двигать их, то есть совершать механическую работу.

Пример:

Представьте пробирку с водой, закрытую пробкой. Если воду нагревать, она превратится в пар. Пару становится мало места, он давит на пробку и с огромной силой выбивает её. Пробка полетела — значит, пар совершил работу по её перемещению.

Работа газа (A) = Сила давления газа (F) × Путь поршня (h) $A = F \cdot h$

Важно: Чтобы газ совершал работу, ему нужна энергия. Эту энергию газ получает при сгорании топлива. Чем сильнее нагревается газ, тем больше его давление и тем большую работу он может совершить.

2. Двигатель внутреннего сгорания (ДВС)

Самый распространённый пример использования работы газа — это автомобильный двигатель. Он называется внутреннего сгорания, потому что топливо (бензин) сгорает прямо внутри него, в цилиндре.

Основные части двигателя:

Цилиндр — металлический стакан, где всё происходит.

Поршень — подвижный "стакан", который ходит туда-сюда внутри цилиндра.

Коленчатый вал и шатун — устройство, которое превращает прямолинейное движение поршня во вращение колес.

Клапаны (впускной и выпускной) — "дверки", через которые в цилиндр заходит свежий воздух с топливом и выходят отработанные газы.

Свеча зажигания — "зажигалка", которая даёт искру, чтобы поджечь смесь.

3. Четыре такта работы двигателя (4-тактный цикл)

Работа такого двигателя делится на 4 этапа (такта):

Такт 1: Впуск.

Поршень идёт вниз.

Впускной клапан открыт.

В цилиндр засасывается горючая смесь (бензин + воздух).

Такт 2: Сжатие.

Оба клапана закрыты.

Поршень идёт вверх и сжимает эту смесь.

Сжатая смесь лучше взрывается.

Такт 3: Рабочий ход (самый главный!).

В момент, когда поршень дошёл до верха, свеча даёт искру.

Смесь взрывается и мгновенно сгорает.

Образуются горячие газы, которые с огромной силой толкают поршень вниз.

Поршень через шатун крутит вал. Совершается полезная работа.

Такт 4: Выпуск.

Поршень идёт вверх.

Выпускной клапан открыт.

Отработанные газы выталкиваются в выхлопную трубу.

Затем цикл повторяется снова.

Часть 2. Задачи

Задача 1 (Легкая)

При сгорании топлива в цилиндре двигателя образовался газ с температурой 700°C . Давление газа на поршень составило $400\,000\text{ Н}$ (ньютонов). Поршень переместился на $0,2$ метра. Какую работу совершил газ?

(Подсказка: используй формулу $A = F \cdot h$)

Решение:

$$F = 400\,000\text{ Н}$$

$$h = 0,2\text{ м}$$

$$A = 400\,000 \cdot 0,2 = 80\,000\text{ Дж (или } 80\text{ кДж)}.$$

Ответ: $80\,000\text{ Дж}$.

Задача 2 (Средняя)

В одном цилиндре двигателя автомобиля ВАЗ рабочий объем (объем, который освобождает поршень при ходе вниз) составляет $0,4$ литра. Объем камеры сгорания (место над поршнем в верхней точке) составляет $0,05$ литра.

Вопрос: Во сколько раз уменьшается объем горючей смеси при сжатии (это называется степень сжатия)?

Решение:

Находим полный объем цилиндра, когда поршень внизу: $0,4 + 0,05 = 0,45$ л.

Когда поршень вверху, объем = 0,05 л.

Степень сжатия = $0,45 / 0,05 = 9$.

Ответ: Смесь сжимается в 9 раз.

Задача 3 (Качественная - на понимание)

Почему в холодное время года автомобилисту советуют сначала прогреть двигатель, а потом начинать движение, а не наоборот?

Ответ: При холодном двигателе металлические детали (поршни, цилиндры) сжаты (они сужаются на морозе). Масло густое и плохо смазывает. Если сразу дать газу расширяться и толкать поршни, двигатель будет работать с большим трением и износом. Прогрев позволяет маслу стать жидким, а деталям расширяться до нормальных рабочих зазоров.

Часть 3. Интересные факты

Первенец моторов. Самый первый рабочий двигатель внутреннего сгорания был создан в 1860 году французом Этьеном Ленуаром. Он работал на светильном газе, у него не было сжатия (как во 2-м такте) и был очень прожорливым и тихоходным. Но он работал!

Свеча — это мини-молния. Напряжение на электродах свечи зажигания достигает 20 000 – 30 000 вольт! Искра проскакивает в строго определённый момент, чтобы взрыв произошёл вовремя.

Скорость поршня. Представьте себе скорость движения поршня в двигателе гоночного болида. В среднем поршень в обычной легковушке движется со средней скоростью 10–15 м/с (это как спринтер-олимпиец), а на высоких оборотах мгновенная скорость в начале рабочего хода может достигать звуковых скоростей в газовой среде.

Коэффициент полезного действия (КПД). Обычный бензиновый двигатель очень неэффективен в плане использования энергии топлива. Примерно только 20–25% энергии сгоревшего бензина идёт на то, чтобы крутить колеса. Куда уходит остальное? 30% улетает в трубу с выхлопными газами, 30% уходит на нагрев самого двигателя (поэтому нужен радиатор), и остальное тратится на трение.

Рекордсмены. Самый большой в мире ДВС стоит не на машине, а на корабле (контейнеровоз). Его размер с двухэтажный дом, а мощность может превышать 100 000 лошадиных сил.

Резюме:

Газ, нагреваясь, расширяется и давит на поршень — это и есть работа газа.

Самый популярный тепловой двигатель — ДВС.

Он работает в 4 такта: впуск, сжатие, рабочий ход (взрыв), выпуск.

Главный минус ДВС — малый КПД и загрязнение окружающей среды.