

Принцип действия и диаграмма рабочего цикла двухтактного дизеля

Схема рабочего цилиндра и круговая диаграмма газораспределения современного двухтактного дизеля приведены на рисунке 1.2. Работа двигателя осуществляется следующим образом.

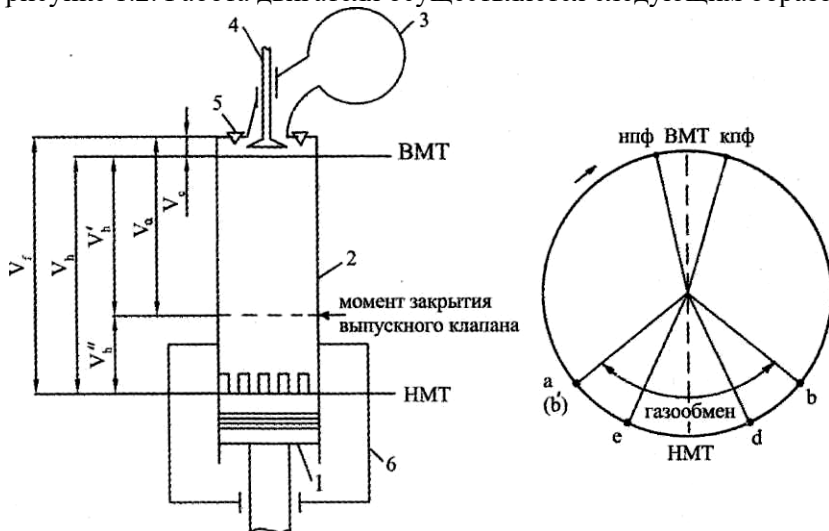


Рис. 1.2. Схема рабочего цилиндра и круговая диаграмма двухтактного дизеля:

- 1 - поршень; 2 - втулка рабочего цилиндра; 3 - выпускной коллектор;
4 - выпускной клапан; 5 - форсунка; 6 - продувочный ресивер

Поршень при положении в НМТ полностью открывает продувочные окна, расположенные равномерно по окружности цилиндрической втулки 2. При открытых продувочных окнах цилиндр сообщается с продувочным ресивером 6, в котором при работе двигателя поддерживается давление p_s , в два-три раза больше атмосферного. В цилиндре и в выпускном коллекторе 3 давление меньше p_s , поэтому при открытых продувочных окнах и выпускном клапане 4 воздух поступает через окна в цилиндр, затем через клапан и выпускной патрубок поступает в выпускной коллектор. Этот процесс называют **продувкой цилиндра**. В этом случае цилиндр имеет **максимальный объем** $V_f = V_c + V_b$, где V_c – объем камеры сжатия (минимальный объем цилиндра при положении поршня в ВМТ).

При движении поршня вверх он начинает закрывать продувочные окна и в точке *e* (см. круговую диаграмму на рис. 1.2) полностью их перекрывает, поступление воздуха в цилиндр прекращается. Выпускной клапан при этом остается еще открытым, поэтому при

перемещении поршня вверх воздух из цилиндра вытесняется в выпускной коллектор, этот процесс называют **потерей заряда воздуха**. В точке $b'(a)$ выпускной клапан закроется, к этому моменту объем цилиндра уменьшится на величину V''_h . Этот объем называют **потерянным рабочим объемом цилиндра**. Разность $V_h - V''_h$ называют **полезным рабочим объемом цилиндра** и обозначают V'_h . (конец слайда 3)

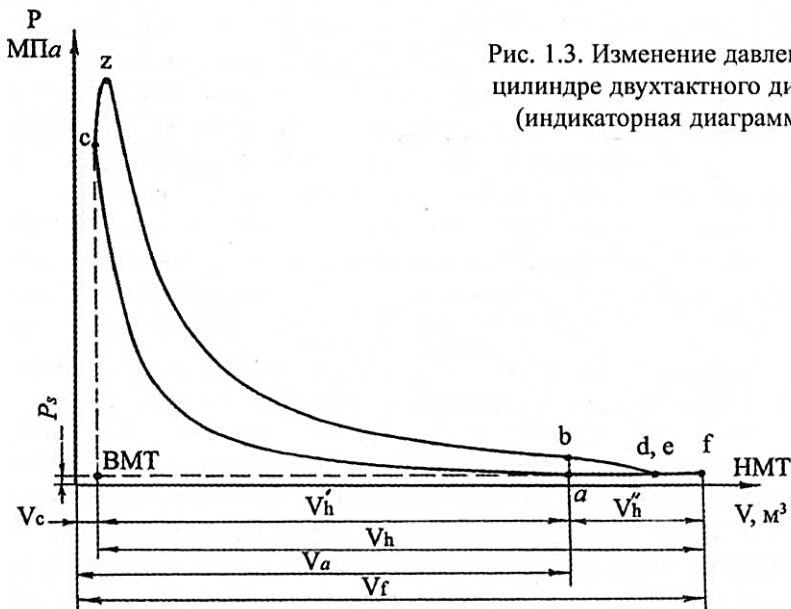


Рис. 1.3. Изменение давления в цилиндре двухтактного дизеля (индикаторная диаграмма)

С данного момента начинается процесс сжатия. Давление и температура воздуха в цилиндре по мере перемещения поршня к ВМТ повышаются. В момент, обозначенный на круговой диаграмме точкой npf , форсунки 5 (2 или 3 на цилиндр) начинают впрыскивать топливо. Давление и температура воздуха к этому моменту достаточны для самовоспламенения топлива. Сгорание топлива начинается в ВМТ (с некоторой задержкой) и продолжается в начальной фазе расширения. Впрыск топлива завершается после ВМТ в момент, обозначенный точкой knf . Изменение давления в цилиндре показано на рис. 1.3.

Давление в цилиндре при положении поршня в ВМТ называют давлением конца сжатия и обозначают p_c . При сгорании топлива давление в цилиндре повышается, достигая максимума в точке z . Его называют максимальным давлением цикла и обозначают p_z .

При движении поршня от ВМТ вниз до момента открытия выпускного клапана в точке b осуществляется рабочий ход, в течение

которого поршень производит полезную работу. Давление в цилиндре падает от максимального до p_b , которое значительно больше давления в выпускном коллекторе p_r , поэтому после открытия выпускного клапана газы из цилиндра удаляются за счет разности давлений, этот процесс принято называть **свободным выпуском газов**.

В момент, соответствующий точке d на круговой диаграмме, поршень начинает открывать продувочные окна. К этому моменту в системе ресивер - цилиндр - выпускной коллектор складывается соотношение давлений $p_s > p_u > p_r$ (p_u - давление в цилиндре). Вследствие этого воздух из ресивера поступает в цилиндр и вытесняет оставшиеся газы. Этот процесс (он завершается при достижении поршня НМТ) называют **принудительным выпуском газов**. Далее происходит продувка цилиндра воздухом и все повторяется, как было описано выше./конец слайда 4/

Значения давлений p_c и p_z зависят от *степени сжатия* — **отношения максимального объема цилиндра к объему камеры сжатия**. В двухтактных двигателях *геометрической* (или *номинальной*) степенью сжатия называют отношение $\varepsilon_0 = V_d/V_c$. Из изложенного выше ясно, что в двухтактном двигателе реальное сжатие начинается в момент закрытия выпускного клапана (точка a), объем цилиндра к этому моменту равен $V_a = V_c + V'_h$. **Отношение $\varepsilon_d = V_d/V_c$ называют действительной степенью сжатия**. Действительная степень сжатия всегда меньше геометрической степени сжатия, разница между ними тем больше, чем больше потерянный рабочий объем цилиндра./слайд 7/

С учетом приведенных выше геометрических характеристик двухтактного дизеля выведем формулы, определяющие взаимосвязь между ними:

$$V'_h = V_a - V_c = V_c(V_d/V_c - 1) = V_c(\varepsilon_d - 1)$$

$$V''_h = V_h - V'_h = V_h(1 - V'_h/V_h) = V_h(1 - \psi)$$

Отношение объемов $\psi = V''_h / V_h$ называют **относительной долей потерянного рабочего объема**.

Взаимосвязь между действительной и геометрической степенями сжатия:

$$\varepsilon_0 = \frac{\varepsilon_d - 1}{1 - \psi} + 1$$

$$\varepsilon_d = (\varepsilon_0 - 1)(1 - \psi) + 1$$

Следует отметить, что на морском флоте все еще эксплуатируются двухтактные малооборотные дизели, произведенные во второй половине XX века, у которых выпуск отработавших газов осуществляется через выпускные окна в нижней части цилиндровой втулки. Схемы газообмена таких дизелей будут рассмотрены во втором томе учебника в теме «процессы газообмена двухтактных дизелей».

Фазы топливоподачи и газообмена для современных судовых двухтактных дизелей составляют:

начало подачи топлива (НПФ) - $5-10^\circ$ до ВМТ;

конец подачи топлива (КПФ) - $5-15^\circ$ после ВМТ (при полной нагрузке).

Выпускной клапан:

открытие (точка *b*) $60-90^\circ$ до НМТ;

закрытие (точка *a(b')*) $30-70^\circ$ после ВМТ.

Продувочные окна:

открытие (точка *d*) $30-50^\circ$ до ВМТ;

закрытие (точка *e*) $30-50^\circ$ после НМТ.

Таким образом, в двухтактном двигателе на процессы сжатия, расширения (рабочий ход) и газообмена отводится примерно по $1/3$ (120°) оборота коленчатого вала.

Литература

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 260 с. Стр.11-17.