

## Рабочие циклы ДВС

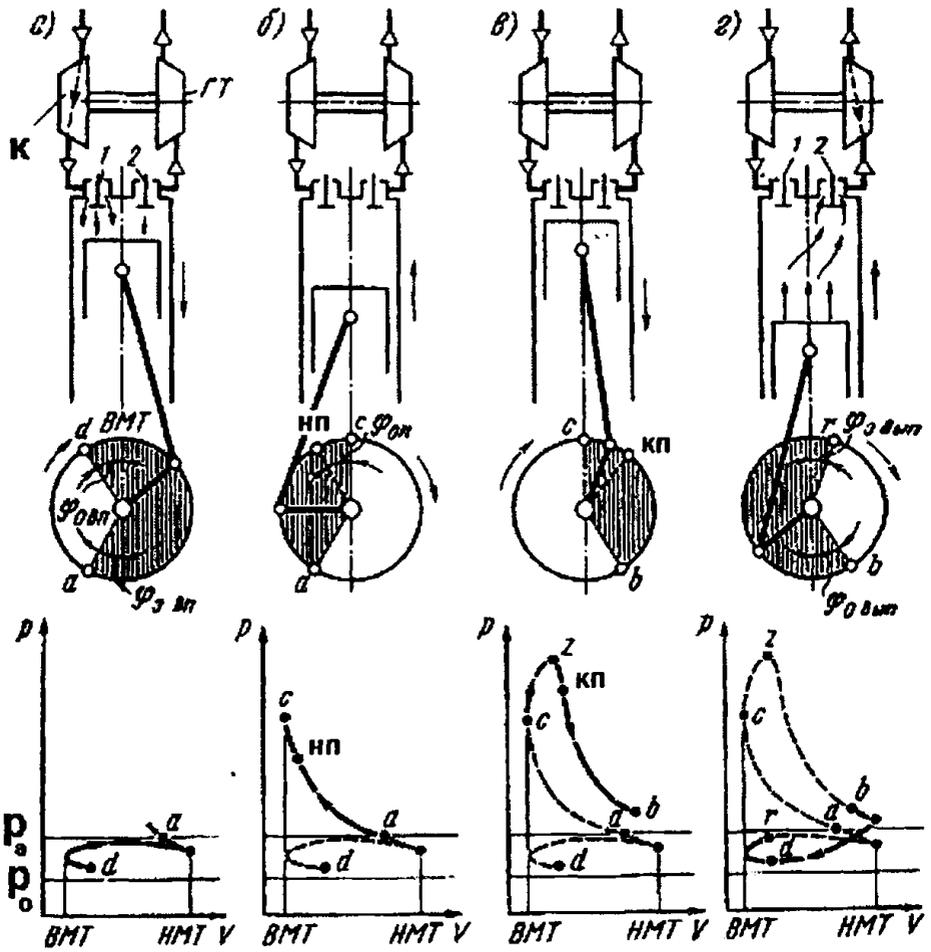
### 1.3.1 Рабочий цикл четырехтактного двигателя.

Рабочий цикл 4-х тактного двигателя состоит из четырех тактов и осуществляется на протяжении 4-х ходов поршня, т.е. за два оборота коленчатого вала.

**Первый такт** (рис 1.1,а) - наполнение цилиндра воздухом. Поршень движется от ВМТ к НМТ. Через впускной клапан 1 компрессор К, приводимый газовой турбиной ГТ, подает воздух в цилиндр под давлением  $p_k = 0,14 - 0,30$  МПа. На графике (линия  $da$ ). В двигателе без наддува воздух поступает из атмосферы за счет всасывающего действия поршня. Для улучшения наполнения цилиндра воздухом впускной клапан открывается с опережением до прихода поршня в ВМТ (точка  $d$ ), а закрывается - после НМТ (точка  $a$ ).

**Угол опережения открытия клапана**  $\varphi_{оп.вп} = 50-80^\circ$  п.к.в. (поворота коленчатого вала) до ВМТ обеспечивает достаточное проходное сечение под клапаном к моменту начала движения поршня вниз и последующую продувку камеры сжатия по окончании выхлопа.

**Угол запаздывания закрытия клапана**  $\varphi_{з.вп} = 30-60^\circ$  п.к.в. за НМТ обеспечивает дозарядку цилиндра воздухом за счет инерции его потока, движущегося во впускном трубопроводе с большой скоростью (до 70 м/с). Параметры воздуха в цилиндре в конце наполнения (в точке  $a$ ):  $p_a = 0,13 - 0,29$  МПа ( $p_a < p_k$  - сказывается дросселирование воздуха во впускной системе) и  $T_a = 38 - 52$  °С ( $T_a < T_k$  - охлаждение наддувочного воздуха после ГТК).



наполнение	сжатие	сгорание и расширение	выпуск и продувка
------------	--------	--------------------------	----------------------

Рис 1.1 Схемы работы и рабочего цикла 4-х тактного двигателя с наддувом.

**Второй такт** (рис 1.1 б) - сжатие воздуха, подача и самовоспламенение топлива. Поршень движется от НМТ к ВМТ. Процесс сжатия (линия *ac*) начинается с момента закрытия впускного клапана и заканчивается в ВМТ. Параметры сжатия (в точке *c*):  $p_c = 4 - 12$  МПа;  $T_c = 530 - 900^\circ$  С. В конце процесса сжатия (в точке *np*) в цилиндр через форсунку под давлением  $P_T = 20 - 200$  МПа начинает подаваться топливо.

**Угол опережения подачи топлива**  $\varphi_{np} = 2-30^\circ$  пкв (в зависимости от частоты вращения двигателя) необходим для осуществления физико-химических процессов подготовки топлива к самовоспламенению в среде сжатого, нагретого воздуха и начала его сгорания при положении поршня в районе ВМТ

**Третий такт** (рис 1.1 в) - продолжение сгорания топлива и расширение продуктов сгорания (рабочий ход). В начале такта происходит интенсивное сгорание топлива с выделением большого количества тепла, давление и температура смеси продуктов сгорания и воздуха, несмотря на увеличение объема цилиндра в связи с начавшимся движением поршня вниз резко растут. В точке *z* давление достигает максимума и составляет  $p_z = 9 - 18$  МПа,  $t_z = 1600 - 2000^\circ$  С.

Подача топлива заканчивается по прошествии  $15 - 20^\circ$  за ВМТ (точка *kp*), но сгорание еще продолжается и в зависимости от скорости процесса сгорания, зависящего от качества распыливания топлива, смесеобразования и наличия избытка воздуха, завершается через  $40$  и более градусов п.к.в. В некоторых случаях не исключено догорание в самом конце расширения газов вплоть до открытия выпускного клапана в точке *b*. Параметры в конце расширения (точка *b*):  $p_b = 0,3 - 0,9$  МПа и  $T_b = 630 - 950^\circ$ С.

**Четвертый такт** (рис 1.1 г) - выпуск газов начинается до НМТ

**Угол опережения открытия выпускного клапана**  $\varphi_{o\text{ вып}} = 40 - 60^\circ$  п.к.в. до НМТ обеспечивает увеличение энергии газов, отбираемых на привод газотурбонагнетателя и совершенствование очистки цилиндра от продуктов сгорания. Но, в тоже время, раннее открытие выпускного клапана уменьшает полезную работу газов в цилиндре. Процесс выпуска газов (линия *bdr*) продолжается в течение всего хода поршня вверх и заканчивается после перехода им ВМТ через  $40 - 60^\circ$  пкв (поворота коленчатого вала). Угол поворота вала  $\varphi_{п}$ , в течение которого открыты одновременно впускной и выпускной клапаны (линия *dr*), называется *углом перекрытия клапанов*. Перекрытие

обеспечивает хорошую продувку камеры сжатия и охлаждение ее стенок свежим воздухом.

### Литература

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В.Возницкий, А.С.Пунда – М.:МОРКНИГА, 2010.- 260 с. Стр.14-17.

2. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. / И.В.Возницкий, – М.:МОРКНИГА, 2007.- 282 с. Стр 12-14

3. Возницкий И. В. Судовые дизели и их эксплуатация / И.В.Возницкий, Е.Г.Михеев – М.:Транспорт, 1990. - 360 с Стр.5-7