

## Лекция №11.

**Классификация поршневых двигателей. Поршневые двигатели в нефтяной и газовой промышленности. Основные элементы топлива для ДВС. Термодинамический цикл ДВС со смешанным подводом теплоты. Тепловой расчёт. Газовые двигатели. Применение в нефтяной и газовой промышленности Термодинамический цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты. Использование ГТУ при бурении нефтяных и газовых скважин.**

### 1. Классификация поршневых двигателей.

Поршневые двигатели внутреннего сгорания могут быть классифицированы по различным признакам.

1. *По термодинамическому признаку* поршневые двигатели внутреннего сгорания делятся на три группы: карбюраторные и газовые двигатели; двигатели, компрессорные дизели с пневматическим распыливанием топлива; двигатели, дизели с механическим распыливанием топлива.

2. *По виду применяемого топлива различают:*

- поршневые двигатели жидкого топлива - карбюраторные, дизели; газовые двигатели;
- двигатели бинарного топлива – газодизели, т. е. такие двигатели, которые работают на газообразном топливе и в качестве запального топлива (для самовоспламенения) используется жидкое (7-25% от цикловой подачи);
- многотопливные двигатели, которые могут работать на любом жидком топливе.

3. *По способу смесеобразования различают* двигатели с внешним и внутренним смесеобразованием.

Двигатели с внешним смесеобразованием - это такие, у которых приготовление топливно-воздушной смеси осуществляется вне цилиндра в специальном приборе- карбюраторе (карбюраторные двигатели) или смесителе (газовые двигатели).

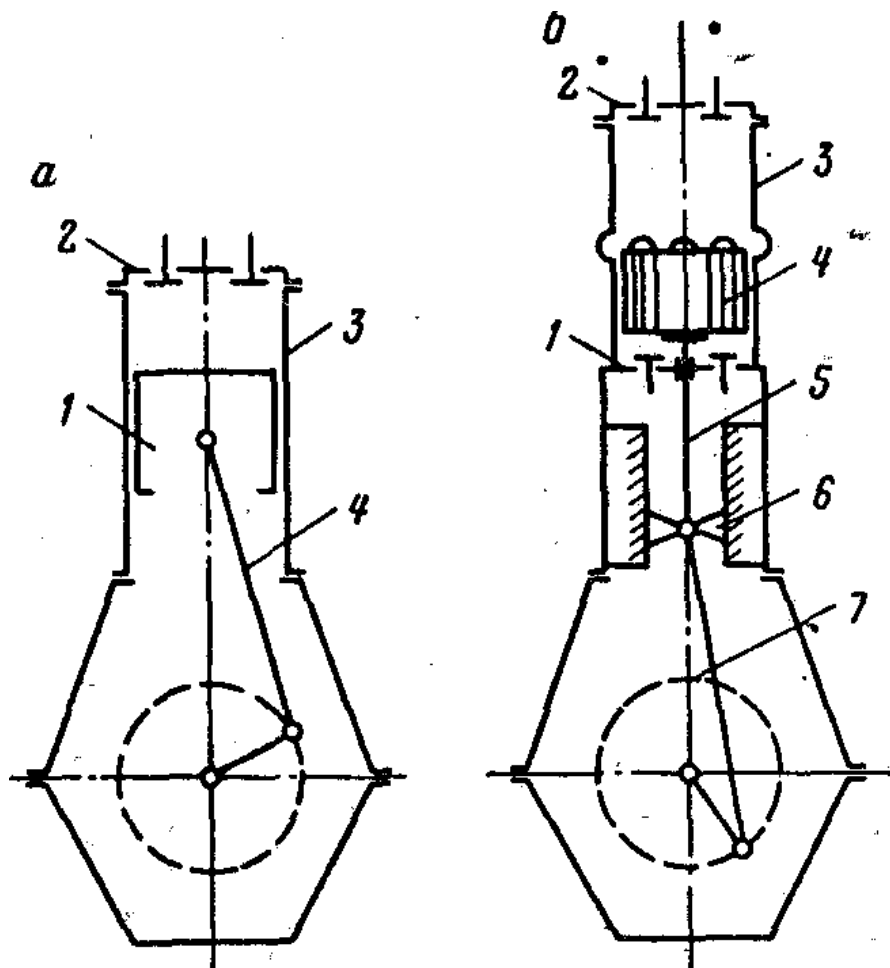
У двигателей с внутренним смесеобразованием приготовление топливно-воздушной смеси производится в цилиндре. Сюда относятся дизели, бензиновые и азовые двигатели с подачей топлива непосредственно в цилиндр.

Дизели по смесеобразованию делятся: на двигатели с объемным (с непосредственным впрыском, предкамерные, вихрекамерные и воздушно-камерные) и пленочным смесеобразованием.

4. *По способу газообмена поршневые двигатели внутреннего сгорания* подразделяются на четырехтактные и двухтактные. Очистка цилиндра от

отработавших газов и заполнение его свежим зарядом называются газообменом. У четырехтактных двигателей рабочий процесс осуществляется за четыре хода поршня (за два оборота коленчатого вала), у двухтактных - за два хода поршня (за один оборот коленчатого вала). Кроме того поршневые двигатели могут быть: простого (рабочий процесс осуществляется по одну сторону поршня (рис. 13.1, а) и двойного действия (рабочий процесс осуществляется по обе стороны поршня, рис. 13.1, б).

Рис. 11.1. Схемы поршневых двигателей внутреннего сгорания.



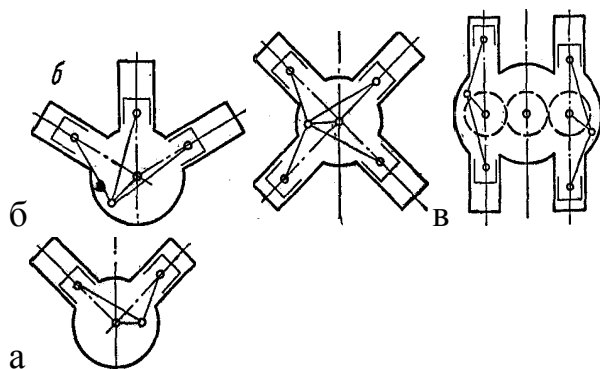
5. По способу наполнения рабочего цилиндра различают двигатели без наддува и с наддувом.

Наддув применяется для повышения мощности поршневых двигателей внутреннего сгорания.

6. По способу воспламенения горючей смеси поршневые двигатели внутреннего сгорания делятся на двигатели с воспламенением от постороннего источника энергии (от электрической искры - карбюраторные, газовые; от раскаленной поверхности ) и с самовоспламенением (дизели, газовые дизели).

7. По конструкции кривошипно-шатунного механизма: тронковые (с цилиндровой мощностью до 450 кВт) и крейцкопфные (тихоходные двигатели большой мощности рис. 11.1).

Рис. 11.2. Схемы многорядных двигателей внутреннего сгорания: а—двухрядные (V-образные); б — трехрядные(W-образные); в —четырёхрядные (X-образные и H-образные)



1. По числу цилиндров и их расположению: одноцилиндровые и многоцилиндровые (рис.11.2), с вертикальным, горизонтальным и наклонным расположением цилиндров причем, двигатели могут быть:

- о Однорядными
- о Двухрядными (v-образное расположение цилиндров);
- о трехрядными(W-образное),
- о четырех рядными (X- и H- образное расположение) и
- о звездообразными (одной многорядные).

9. По степени быстроходности:

- тихоходные (двигатели со средней скоростью поршня до 10 м/с) и
- быстроходные (со средней скоростью поршня больше 10 м/с);

10. По направлению вращения коленчатого вала -правого и левого вращения, реверсивные и нереверсивные двигатели (вращение осуществляется по часовой или против часовой стрелки).

11. По способу охлаждения-двигатели воздушного и жидкостного охлаждения.

12. По назначению двигатели делятся:

- стационарные промышленного назначения (электростанции; заводы, насосные и компрессорные станции магистральных нефтепроводов и газопроводов),
- наземно-транспортные (тепловозные, автомобильные, тракторные, передвижные, дорожные, транспортно-погрузочные),
- судовые (главные и вспомогательные).

## 2.Маркировка ДВС.

Для стационарных и судовых дизелей различных типов по ГОСТ 4393 - 74 для маркировки двигателей приняты обозначения, состоящие из букв и цифр. Буквы обозначают: Ч - четырехтактные, Д - двухтактные, ДД – двухтактные

двойного действия, Р - реверсивные, С- судовые с реверсивной муфтой, П –с редукторной передачей, К -крейцкопфные, Н – с наддувом. Цифрами – впереди буквенных обозначений указывается число цилиндров, после буквенных обозначений, в числителе диаметр цилиндра в сантиметрах, в знаменателе ход поршня в сантиметрах. Например, 6ЧН10,5/13-шестицилиндровый, четырехтактный двигатель с наддувом; диаметр цилиндра 10,5 см и ход поршня 13см.

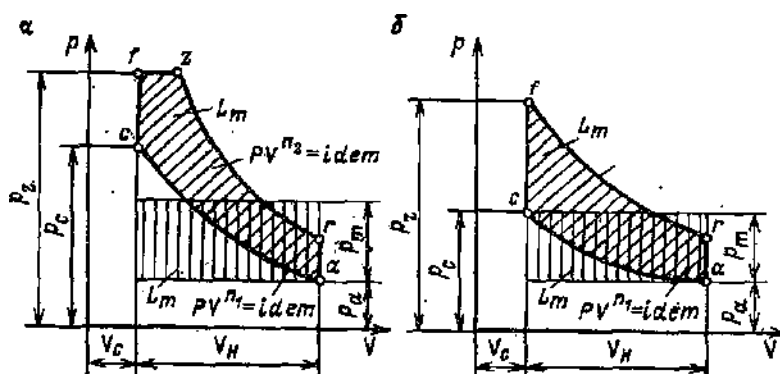
### 3. Тепловой расчёт.

Задачей теплового расчета поршневых ДВС являются определение параметров состояния рабочего тела в характерных точках цикла, нахождение среднего индикаторного давления, определение основных размеров и показателей экономичности. Среднее индикаторное давление ( $p_i$ ) – такое условное постоянное давление, которое, действуя на поршень, в течение хода расширения совершает работу, равную индикаторной работе двигателя  $L_i$ :

$$L_i = p_i V_n \quad (11.1.)$$

Для определения  $p$  при проектировании последовательно строят процессы газообмена (впуска и выпуска), сжатия, сгорания и расширения по параметрам состояния рабочего тела конечных точек и получают теоретическую диаграмму. Затем находят среднее давление  $p$ , соответствующее этому условному процессу, а после внесения поправок получают среднее индикаторное давление  $p_i$  действительного процесса поршневого двигателя. В теоретической диаграмме рабочего процесса поршневого двигателя внутреннего сгорания линия сжатия подчиняется политропному закону с постоянным средним показателем  $n_1$ , предполагается, что процесс сгорания идет при  $V = idem$  и  $p = idem$  у дизелей и  $V = idem$  у карбюраторных и газовых двигателей; Линия расширения подчиняется политропному закону с постоянным средним показателем  $n_2$ . Затраты работы на газообмен (насосные потери) относятся к механическим потерям.

Рис. 11.2. Теоретическая индикаторная диаграмма.



Среднее давление теоретической диаграммы рабочего процесса в соответствии сего определением рассчитывается по уравнению :

$$P_m = L_m / V_m \quad (11.2.)$$

Действительные индикаторные диаграммы отличаются от теоретических тем, что процесс сгорания отклоняется от линий  $V=idem$  и  $p=idem$ , начинается с некоторым опережением, и протекает во времени; выпускной клапан (в четырехтактных двигателях и двухтактных с прямоточной продувкой) или окна (в двухтактных двигателях) открываются с опережением, вследствие чего начальный процесс выпуска не соответствует линии  $p=idem$ ; процессы сжатия и расширения отклоняются от политропы со средними показателями  $n_1$  и  $n_2$ . Перечисленные отклонения действительных диаграмм от теоретических приводят к тому, что площадь действительной диаграммы получается меньше и соответственно несколько меньше будет среднее индикаторное давление  $p_i$ . В термодинамическом расчете рабочего процесса указанные отклонения не могут быть определены, поэтому они учитываются на основе опытных данных путем введения коэффициента полноты индикаторной диаграммы  $\phi$ .

Для четырехтактных двигателей:

$$P_i = \phi p_m \quad (11.3.)$$

Для двухтактных двигателей :

$$P_i = \phi p_m (1 - \psi) \quad (11.4.),$$

где  $\phi$  — коэффициент полноты индикаторной диаграммы  $\phi = 0,92:0,98$ ;  
 $\psi$  — относительная высота окон в двухтактных двигателях.

Значение среднего индикаторного давления при номинальной нагрузке для основных типов двигателей колеблется в следующих пределах:

Четырехтактные дизели без наддува	0,6-1,0 МПа
Четырехтактные дизели с наддувом	0,8-1,8 МПа
Двухтактные дизели	0,6-0,9 МПа
Четырехтактные карбюраторные двигатели	0,7-1,2 МПа
Четырехтактные газовые двигатели	0,6-0,9 МПа

Индикаторная мощность ДВС с учётом тактности:

$$N_i = (L_i n \cdot 2Z) / 10^3 \cdot 60 \cdot i \quad (11.5.)$$

Индикаторная работа за цикл в одном цилиндре определяется по уравнению:

$$L_i = p_i V_h \quad (11.6.)$$

Эффективная мощность на валу двигателя  $N_e$  будет меньше индикаторной на величину мощности механических потерь  $N_m$ . Работа газов в единицу  
 Эффективная мощность на валу двигателя :

$$N_e = N_i - N_m \quad (11.7.)$$

Мощность механических потерь состоит из мощностей, затрачиваемых на трение ( $N_{тр}$ ), на насосные потери ( $N_{нас}$ ), на привод вспомогательных механизмов ( $N_{всп}$ ), и на привод продувочного и наддувочного агрегатов ( $N_{пр}$ ):

$$N_m = N_{тр} + N_{нас} + N_{всп} + N_{пр} \quad (11.8.)$$

Наибольшими потерями из всех слагаемых являются потери на трение поршня о стенки цилиндра и в подшипниках; эти потери составляют до 75% от всех механических потерь.

Аналогично соотношению между мощностями можно написать соотношение между средними давлениями:

$$p_e = p_i - p_m; (11.9.)$$

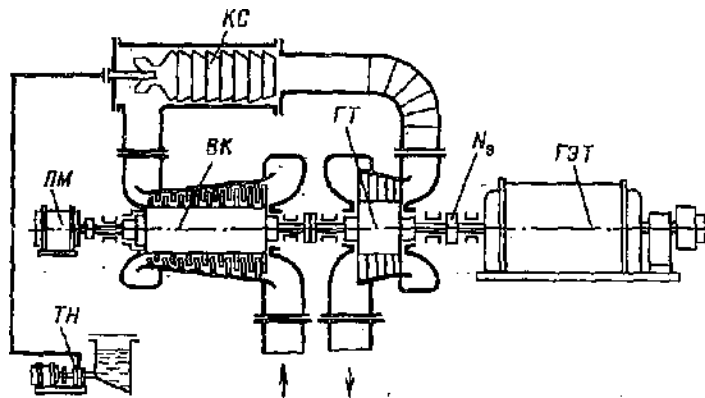
где  $p_e$ - среднее эффективное давление,  $p_m$ - среднее давление механических потерь.

Установлено, что  $p_m$  зависит от типа двигателя, средней скорости поршня, отношения хода поршня к диаметру цилиндра ( $S/D$ ), числа и размера цилиндров, нагрузки и от других факторов. Принято в практических расчетах  $p$  определять по эмпирическим зависимостям вида:

$$p_m = a + bC_m (11.10.)$$

#### 4. Газовые двигатели.

Рис. 11.3. Простейшая схема ГТУ.



Газотурбиновой установкой принято называть такой двигатель, где в качестве рабочего тела используется неконденсирующийся газ (воздух, продукты сгорания топлива), а в качестве тягового двигателя применяется газовая турбина.

Основными элементами ГТУ являются: компрессоры, регенераторы, камеры сгорания и газовые турбины.

В стационарных ГТУ для сжатия циклового воздуха применяют осевые компрессоры, в авиационных - центробежные. В этих компрессорах допускается высокая скорость потока, поэтому они приспособлены для нагнетания больших объемов воздуха. В связи с этим размеры их невелики, а частота вращения соответствует частоте вращения газовых турбин, что допускает работу их на одном валу. Важная особенность осевых компрессоров - сравнительно высокий к. п. д., достигающий 90%. Газовые турбины по конструктивному выполнению подобны паровым. В отличие от паровых турбин, срабатываемый перепад в газовых турбинах невелик, поэтому число ступеней газовых турбин меньше. Массовые и объемные расходы газа, протекающие через проточную часть, получаются большими. Это приводит к большой высоте лопаток, к повышению к.п.д. турбины и

ограничению ее агрегатной мощности по условиям пропуска газа. Характерная особенность ГТУ - отсутствие регулирующих клапанов между компрессором и газовой турбиной, следовательно, нет и потери давления.

Высокая температура газов перед турбиной затрудняет ее использование и обуславливает применение жаропрочных сталей и сплавов. Для регенерации тепла в ГТУ применяют специальные теплообменные аппараты. Поверхности нагрева теплообменных аппаратов образуют большое число труб малого, диаметра или волнообразные пластины. Между двумя волнистыми пластинами образуются каналы, по которым проходит нагреваемый воздух. С внешней стороны стенки этих каналов омываются отработавшими газами газовых турбин.

В энергетике ГТУ получили пока небольшое применение. Перестройка топливного баланса страны на использование газа и мазута устраняет одну из причин, ограничивающих применение ГТУ в энергетике.

Значительное увеличение экономичности ГТУ достигается использованием тепла отработавших газов для теплофикации. ГТУ применяют в металлургической промышленности, на железнодорожном и автомобильном транспорте, в качестве судовых двигателей. Широкое распространение ГТУ получили в нефтяной и газовой промышленности в качестве энергоприводов газоперекачивающих агрегатов на компрессорных станциях магистральных газопроводов и силовых агрегатов буровых установок.

### ***Контрольные вопросы***

- 1.Перечислите виды поршневых двигателей?
- 2.По каким признакам классифицируются ДВС?
- 3.Какие виды топлива используются для ДВС?
- 4.В чём заключаются задачи теплового расчёта?
- 5.Где применяются поршневые двигатели?
- 6.Как маркируются двигатели?