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).

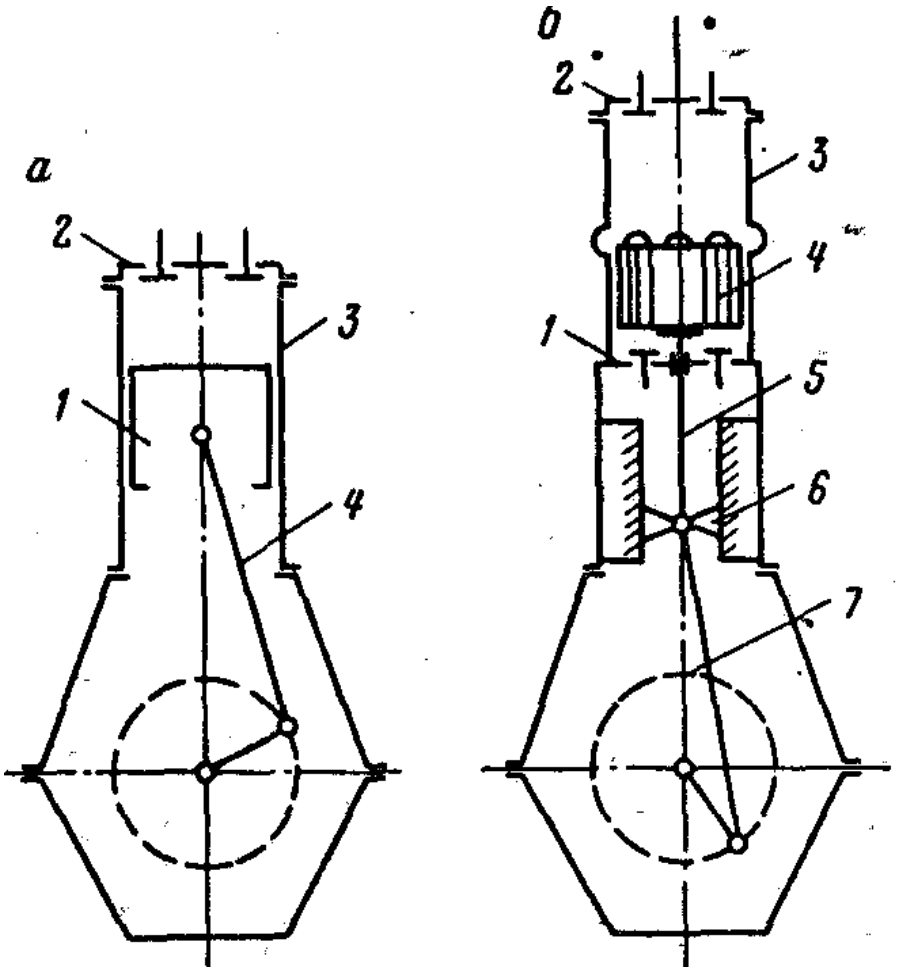
У двигателей с внутренним смесеобразованием приготовление топливно-воздушной смеси производится в цилиндре. Сюда относятся дизели, бензиновые и азовые двигатели с подачей топлива непосредственно в цилиндр.

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.



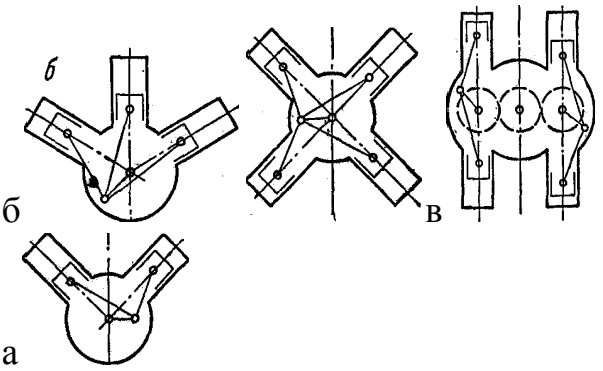
5. *По способу наполнения рабочего цилиндра* различают двигатели без наддува и с наддувом.

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 —четырехрядные (Х-образные и Н-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:*
   - Однорядными
   - Двухрядными (v-образное расположение цилиндров);
   - трехрядными(W-образное),
   - четырех рядными (Х- и Н- образное расположение) и
   - 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 – в переди 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 поршня13см.

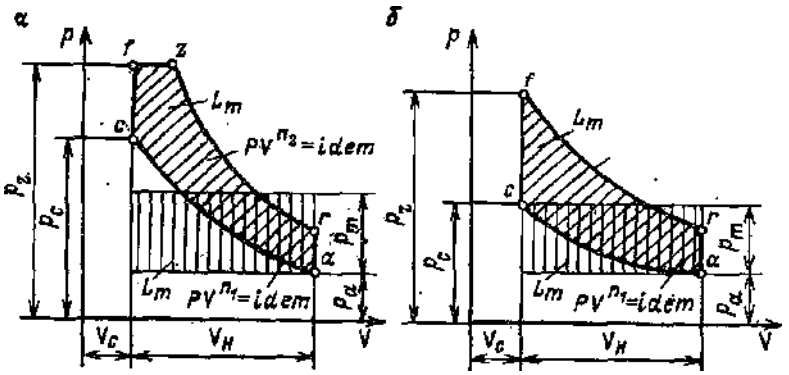
3. Тепловой расчёт.

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_1) -такое условное постоянное давление, которое, действуя на поршень, в течение хода расширения совершает работу, равную индикаторной работе двигателя Li*:*

$$Li= p_i V_н (11.1.)$$

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; 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=idemy 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 :

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

Действительные индикаторные диаграммы отличаются от теоретических тем, что процесс сгорания отклоняется от линий V=idemир=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 =idem;процессы сжатия и расширения отклоняются от политропы со средними показателями n_1 и $n_в$.Перечисленные отклонения действительных диаграмм от теоретических приводят к тому, что площадь действительной диаграммы получается меньше и соответственно несколько меньше будет среднее индикаторное давление p. В термодинамическом расчете рабочего процесса указанные отклонения не могут быть определены, поэтому они учитываются на основе опытных данных путем введения коэффициента полноты индикаторной диаграммы ϕ .

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 ϕ-коэффициент полноты индикаторной диаграммы ϕ=0,92:0,98;

ψ-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	0,6-1,0МПа
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:

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

Индикаторная работа за цикл в одном цилиндре определяется по уравнению:

$$L_i=p_iV_н \quad (11.6.)$$

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

$$N_e=N_i-N_м \quad (11.7.)$$

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 ($N_{пр}$):

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

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:

$$p_e = p_i - p_м; (11.9.)$$

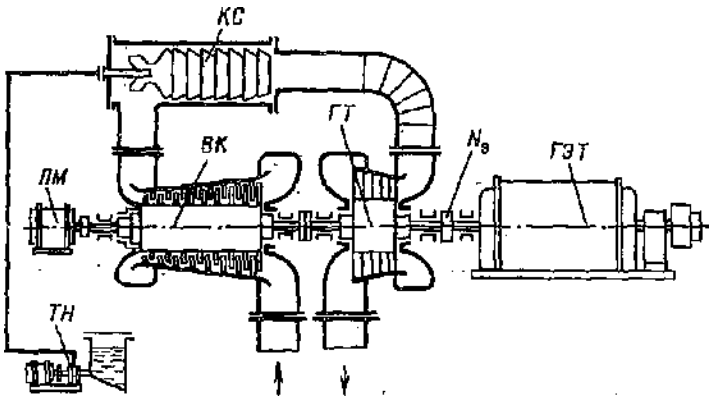
где p_e- среднее эффективное давление, $p_м$- среднее давление механических потерь.

Установлено, что $p_м$ 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 р определять по эмпирическим зависимостям вида:

$$p_м = a + bC_м (11.10.)$$

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 обусловливает 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?