

Глава 3. ПРИВОДЫ И СИЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН.

3.1. Общие понятия и определения.

Приводом называют энергосиловое устройство, приводящее в движение машину. Привод состоит из источника энергии (силовой установки), передаточного устройства (трансмиссии) и системы управления для приведения в действие механизмов машины, а также для их отключения.

Силовой установкой называют комплект, состоящий из двигателя и обслуживающих его устройств. Например, в случае двигателя внутреннего сгорания-топливного бака, устройств для охлаждения, отвода выхлопных газов и т. п.

Трансмиссии могут быть механическими, электрическими, гидравлическими, пневматическими и смешанными. Только в механических и смешанных трансмиссиях на их механических участках механическое движение передается без его преобразования в другие формы энергии. Во всех других случаях вращательное движение выходного вала двигателя силовой установки с помощью электрогенераторов, гидравлических или пневматических насосов преобразуется соответственно в электрическую энергию, энергию движения рабочей жидкости или энергию сжатого воздуха, которая поступает к электрогидро или пневмодвигателям, повторно преобразуя ее в механическое движение. Все указанные двигатели входят в состав трансмиссий. Соответственно различают электрические, гидравлические и пневматические трансмиссии.

Обычно свое наименование привод получает по типу двигателя силовой установки (*от карбюраторного двигателя, дизельный*), виду используемой энергии внешнего источника (*электрический, пневматический*) или типу трансмиссии (*гидравлический, дизель-электрический* и т.п.).

Если на машине установлено нескольких рабочих органов или исполнительных механизмов и все они приводятся в движение от одного двигателя, то привод называют *одномоторным* или *групповым*. Если же часть или все рабочие органы, или исполнительные механизмы приводятся от собственных двигателей, то привод называют *многомоторным*. При индивидуальном приводе исполнительных механизмов трансмиссионные двигатели могут питаться энергией

от одного генератора (насоса), индивидуально каждый двигатель от своего генератора (*индивидуальный привод*) или по смешанной схеме. В случае использования индивидуального электрического привода каждый электродвигатель, приводящий в движение соответствующий рабочий орган или исполнительный механизм, может питаться непосредственно от электросети. В последнее время на машинах с несколькими рабочими органами или исполнительными механизмами используют преимущественно индивидуальный привод, обладающий более высоким коэффициентом полезного действия (КПД) по сравнению с групповым приводом, простотой и агрегатностью конструкции, лучшей приспособленностью к автоматизации управления, лучшими условиями эксплуатации и ремонта.

При оценке эффективности приводов строительных машин предпочтение следует отдавать тем приводам, которые имеют меньшие габаритные размеры и массу, обладают высокой надежностью и готовностью к работе, высоким КПД, просты в управлении, более приспособлены к автоматизации управления, обеспечивают независимость рабочих движений и возможность их совмещения.

Рассмотрим более подробно сущность понятия передачи движения рабочему органу машины в условиях преодоления им внешних сопротивлений. Основная составляющая этих сопротивлений определяется, прежде всего, свойствами преобразуемого материала и характером процесса преобразования. Например, при работе водоотливной насосной установки внешними сопротивлениями будут: сила тяжести поднимаемой воды и силы трения при ее передвижении по трубопроводам. В этом случае сопротивления практически неизменны во времени. При разработке грунта ковшем экскаватора, отвалом бульдозера и другими машинами сопротивления копания нарастают от минимального до максимального значения, многократно повторяясь в процессе каждой операции копания.

В условиях постоянных или слабо изменяющихся во времени внешних сопротивлений привод работает в спокойном режиме практически с постоянной скоростью на его выходном звене. При изменяемых во времени внешних сопротивлениях, кроме внутренних сопротивлений, к ним добавляются динамические составляющие, обусловленные *внешней (механической) характеристикой* привода.

3.2. Двигатели внутреннего сгорания.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) относятся к группе тепловых двигателей. В ДВС химическая энергия топлива, сгорающего в рабочих полостях цилиндров, преобразуется в механическую энергию.

История создания ДВС восходит к середине XIX в., когда в 1860 г. Французским механиком Э. Ленуаром был сконструирован первый практически пригодный газовый ДВС. В 1876 г. Немецкий изобретатель Н.Отто построил более совершенный четырехтактный газовый двигатель. Первый бензиновый карбюраторный двигатель был построен в России О. С. Костовичем в 80-х гг. XIX в., а первый дизельный двигатель - немецким инженером Р.Дизелем в 1897 г., впоследствии (1898-1899 гг.) усовершенствованный на заводе в Петербурге. С этого времени дизельный двигатель становится наиболее экономичным ДВС. В 1901 г. в США был разработан первый трактор с ДВС. В то же время братьями О. и У. Райт был построен первый самолет с ДВС, начавший свои полеты в 1903 г. В том же году русские инженеры установили ДВС на судне «Вандал», создав первый теплоход. Первый поездной тепловоз был создан в 1924 г. в Ленинграде по проекту Я.М. Гаккеля.

В ДВС все процессы сгорания топлива, выделения теплоты и превращения ее в механическую энергию происходят в рабочих цилиндрах 5 (рис. 3.1 и 3.2) при перемещениях в них поршней 4, приводящих во вращение коленчатый вал 1 через шатуны 2 во время рабочего хода и приводимых в движение коленчатым валом на всех других этапах рабочего цикла. В приводах строительных машин применяют многоцилиндровые *карбюраторные* и *дизельные (дизели)* двигатели с четырьмя, шестью, восемью или двенадцатью цилиндрами, работающими на жидком топливе - бензине (*карбюраторные двигатели*) или дизельном топливе (*дизели*).

ДВС является сложным механическим устройством, состоящим из корпуса, кривошипно-шатунного механизма, механизма газораспределения, систем смазки, охлаждения, питания, зажигания (для карбюраторных двигателей), пуска, впуска и выпуска.

Рабочим циклом или *рабочим процессом* ДВС называют последовательность периодически повторяющихся процессов (впуск, сжатие и сгорание топлива).

Часть рабочего цикла, совершаемого за ход поршня в одном направлении, называют *тактом*. В приводах строительных машин, кроме

малых машин, применяют обычно четырехтактные двигатели, у которых рабочий цикл совершается за четыре такта или за два оборота коленчатого вала.

Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя представлен схемой (см. рис. 3.1). В течение *первого такта* (см. рис. 3.1 *а*) приводимый коленчатым валом 1 через шатун 2 поршень 4 перемещается вниз, всасывая в рабочую полость цилиндра 5 через открытый впускной клапан 6 топливо-воздушную смесь из паров бензина и воздуха, поступающую из *карбюратора* - специального устройства для ее приготовления. На *втором такте* (см. рис. 3.1, *б*) поршень, также приводимый коленчатым валом, перемещается снизу вверх, сжимая находящуюся в цилиндре рабочую смесь при закрытых впускном 6 и выпускном 8 клапанах. Вследствие сжатия рабочей смеси ее давление и температура повышаются, чем создаются хорошие условия для ее сгорания. В конце такта смесь воспламеняется электрической искрой от свечи 7. Образовавшиеся в результате сгорания рабочей смеси газы, увеличиваясь в объеме, создают повышенное давление в рабочей камере, воздействуя на поршень, который вследствие этого совершает рабочий ход - движение вниз (*третий такт*, см. рис. 3.1, *в*), передавая усилие через палец 3 и шатун 2 коленчатому валу, заставляя его вращаться и через соединенную с ним трансмиссию, приводить в движение рабочий орган или исполнительные механизмы. На *четвертом*, *заклучительном такте* (см. рис 3.1, *г*) поршень перемещается коленчатым валом вверх, выталкивая отработавшие газы из рабочей полости цилиндра через открытый выпускной клапан 8 в атмосферу.

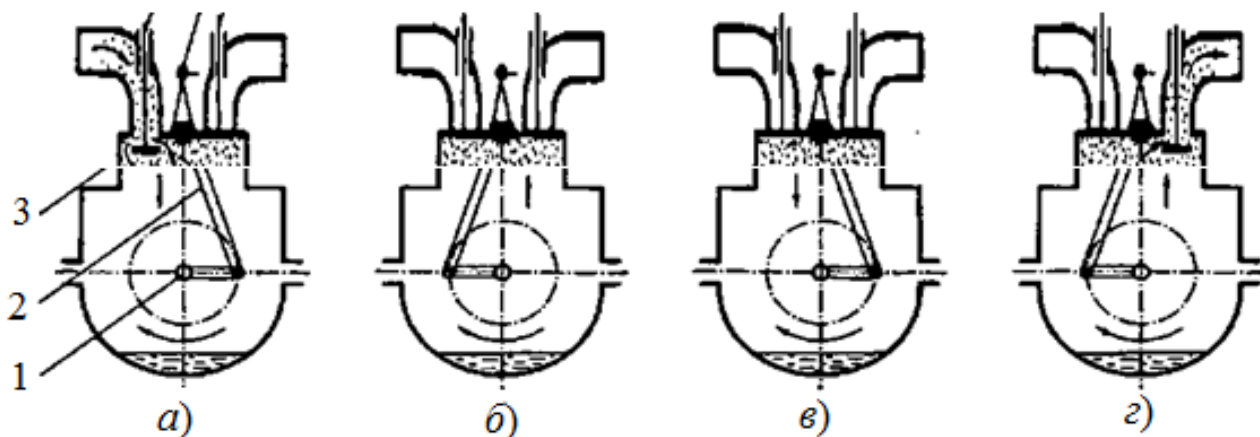


Рис. 3.1. Схема работы четырехтактного карбюраторного двигателя.

У дизеля топливо-воздушная смесь образуется непосредственно в рабочей полости цилиндра из впрыскиваемого через форсунку 7 (см.

рис. 3.2) распыленного дизельного топлива и всасываемого из атмосферы через клапан 6 воздуха. Порядок движений поршня и клапанов на всех четырех тактах рабочего цикла такой же, как и у карбюраторного двигателя. Воздух поступает в рабочую полость через открытый клапан 6 в течение первого такта. Топливо впрыскивается топливным насосом через форсунку 7 в конце второго такта - сжатия при закрытых клапанах 6 и 8. Смешиваясь с воздухом, при дальнейшем сжатии топливо прогревается, частично испаряется и самовоспламеняется.

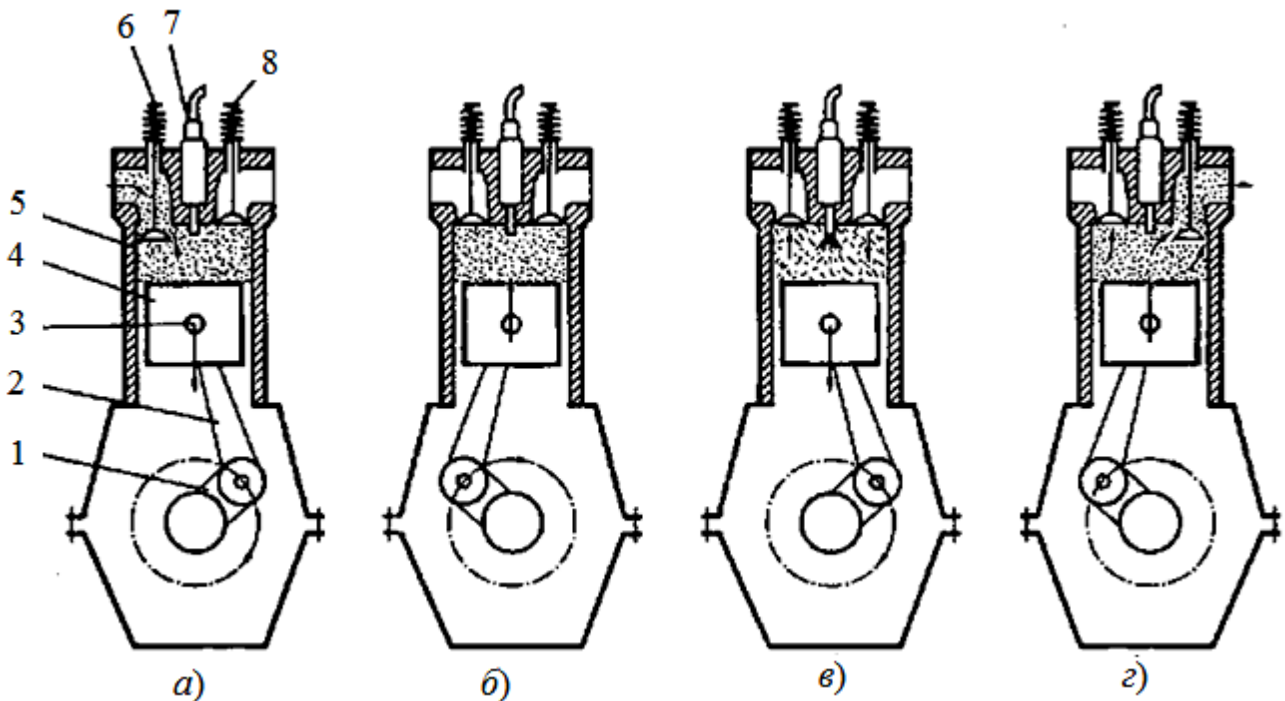


Рис. 3.2. Схема работы четырехтактного дизеля.

В дальнейшем работа дизеля аналогична работе карбюраторного двигателя.

При установке на коленчатом валу нескольких цилиндров в один и тот же момент времени все они находятся на разных стадиях (тактах) рабочего цикла. Так, например, если в первом цилиндре четырехцилиндрового двигателя происходит рабочий ход, то в четвертом цилиндре при таком же положении поршня - впуск рабочей смеси (для карбюраторных двигателей) или всасывание воздуха (для дизелей), второй цилиндр работает на сжатие рабочей смеси, а третий - на выпуск отработавших газов. Таким образом, рабочий ход осуществляется последовательно цилиндрами 1,3,2 и 4. При этом за счет энергии рабочего хода одного цилиндра преодолеваются как внешние сопротивления, так и сопротивления перемещениям поршней других цилиндров, находящихся в других стадиях рабочего цикла двигателя.

Чем больше цилиндров установлено на двигателе, тем более равномерно вращение коленчатого вала.

Как следует из описанных рабочих процессов ДВС, теплота сгорающего в рабочей полости топлива преобразуется в механическое движение только на третьем такте, которому должны предшествовать такты впуска и сжатия. Это означает, что для начала работы ДВС его коленчатый вал следует привести во вращение внешней силой.

Запустить карбюраторный двигатель небольшой мощности можно от руки вращением коленчатого вала рукояткой, палец которой сцепляется с храповиком на переднем конце вала. Более мощные ДВС запускают установленным на машине электродвигателем постоянного тока, называемым *стартером* и питаемым от аккумуляторной батареи. Дизели средней и большой мощности запускают с помощью вспомогательного карбюраторного двигателя, обычно одноцилиндрового двухтактного, установленного на основном дизеле и запускаемого в свою очередь стартером. Рабочий процесс двухтактного двигателя отличается от работы четырехтактного тем, что у него горючая смесь поступает в рабочую камеру в начале хода сжатия, а отработавшие газы удаляются в конце рабочего хода продувкой потоком горючей смеси.

Пуск ДВС при низкой температуре окружающего воздуха затруднен из-за повышенной вязкости смазочного масла, повышенного сопротивления при проворачивании коленчатого вала, а также из-за низкой температуры горючей смеси или воздуха в конце сжатия. Для облегчения и ускорения пуска применяют пусковые подогреватели с целью нагрева охлаждающей жидкости и смазочного масла, устройства для облегчения воспламенения топлива или горючей смеси (электрофакельные подогреватели воздуха и электрические свечи накаливания) и устройства для облегчения проворачивания вала (декомпрессионные механизмы для открывания впускных, иногда выпускных клапанов и снижения тем самым давления воздуха в цилиндрах при вращении коленчатого вала).

Основными показателями работы ДВС являются: мощность и крутящий момент на коленчатом валу, часовой и удельный расход топлива, характеризующие экономичность двигателя, эффективный КПД, характеризующий совершенство конструкции ДВС.

Удельным расходом топлива называют отношение его часового расхода к мощности на коленчатом валу.

Под *эффективным КПД* понимают отношение указанной выше мощности к затраченной теплоте использованного топлива. Дизели обладают более высоким эффективным КПД (0,35...0,45) по сравнению с карбюраторными двигателями (0,26...0,32), а также более низким удельным расходом топлива 190...240 г/(кВт-ч) при 280...320 г/(кВт-ч) у карбюраторных двигателей. В выхлопных газах дизелей содержится меньше токсичных веществ. К недостаткам дизелей относятся: затруднения в запуске при низких температурах, высокая чувствительность к перегрузкам, а также большая масса.

3.3. Электрические двигатели.

В приводах строительных машин применяют электродвигатели переменного и постоянного тока.

Асинхронные электродвигатели переменного тока, короткозамкнутые и с фазным ротором, называют также *двигателями с контактными кольцами*. Они обычно питаются от электросети напряжением 220 и 380В с нормальной частотой 50 Гц. Эти двигатели конструктивно просты, дешевы, надежны и удобны в эксплуатации. Их недостатком является высокая чувствительность к колебаниям напряжения в питающей сети.

Перегрузочная способность асинхронных двигателей общего назначения определяется отношением максимального момента T_k к номинальному T_n на естественной характеристике: $P_{\text{ср}} = T_k/T_n$ составляет 1,7...2,0 (для короткозамкнутых двигателей до 2,4), а для двигателей кранового типа - 2,3... 3,0. Частота вращения вала двигателя n на рабочем участке механической характеристики изменяется незначительно, в связи с чем естественную механическую характеристику асинхронного двигателя можно считать жесткой.

Его отношение к номинальному моменту для короткозамкнутых двигателей общего назначения составляет 1,0...1,9, а для двигателей кранового типа 2,3...3,0. Для двигателей с фазным ротором это отношение составляет 0,5... 1,5, тогда как пусковой ток превышает номинальный в 5...7 раз. Для уменьшения пускового тока этих двигателей в цепь обмотки ротора с помощью реостата включают дополнительные сопротивления. Каждому сопротивлению в цепи ротора соответствует своя искусственная механическая характеристика, называемая также *реостатной*.

Искусственные характеристики, обладающие меньшими жесткостями по сравнению с естественной характеристикой, могут быть также использованы в качестве рабочих характеристик, когда необходимо плавно изменять скорости рабочих движений. Короткозамкнутые двигатели запускаются и работают только на естественной характеристике.

В приводах грузоподъемных машин для плавной посадки грузов, например, на монтаже конструкций, а также для ускоренного опускания грузозахватных устройств, применяют двухскоростные асинхронные двигатели с соотношением скоростей 2:1; 8:3; 3:1; 10:3.

Ручные машины с электрическим приводом подключают к электросети через преобразователи частоты с 50 на 400 Гц, что позволяет уменьшить их массу в 3,5 раза. Часто в приводах ручных машин используют *однофазные коллекторные* электродвигатели с высокой удельной мощностью на единицу массы и мягкой механической характеристикой. Коллекторные двигатели мало чувствительны к колебаниям напряжения в питающей сети, устойчиво работают в режиме частых пусков, могут включаться в сеть без преобразователей. К их недостаткам можно отнести: высокую стоимость и необходимость их обслуживания специалистами высокой квалификации.

Электродвигатели постоянного тока обеспечивают большую плавность пуска и торможения механизмов по сравнению с двигателями переменного тока. Они применяются, в частности, на экскаваторах средней мощности. Форма характеристики может быть изменена соответствующим подбором ампер-витков трех обмоток генератора: независимой, шунтовой и серийной.

Контрольные вопросы.

1. Что такое привод машины? Из чего он состоит?
2. Что такое силовая установка машины? Из чего она состоит? Приведите пример.
3. Перечислите виды механических трансмиссий.
4. Какие трансмиссии передают движение с преобразованием энергии в другие формы, отличные от механической? Какие устройства обеспечивают эти преобразования?
5. Какими основными показателями оценивают эффективность привода строительных машин?
6. Что такое жесткость механической характеристики привода?

7. Какими показателями пользуются для характеристики режимов работы машин и их механизмов? Приведите классификацию режимов.
8. Какую энергию преобразуют двигатели внутреннего сгорания в механическое движение?
9. Какие типы двигателей внутреннего сгорания применяют в приводах строительных машин? На каких видах топлива они работают?
10. Что такое рабочий цикл или рабочий процесс двигателя внутреннего сгорания? Что такое такт? Опишите рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя. Чем отличается от него рабочий цикл дизеля?
11. Для чего в конструкциях двигателей внутреннего сгорания применяют несколько рабочих цилиндров? Каков порядок их работы?
12. Какими основными показателями характеризуют работу двигателей внутреннего сгорания? Что такое удельный расход топлива, эффективный КПД? Каковы их значения для дизелей и карбюраторных двигателей?
13. Какие типы электрических двигателей применяют в приводах строительных машин?
14. Какими преимуществами и недостатками обладают асинхронные двигатели?