|  |  |
| --- | --- |
|  | Утверждаю |
|  | Заведующего кафедрой«Автомобили и транспортно-технологические средства» |
|  |  |
|  | к.т.н И.Н.Кирюшин |
|  | \_\_\_\_\_ . \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г. |

Лекция № 1

Общее устройство и техническая характеристика двигателей внут-реннего сгорания

**Цели:**

В результате проведенного занятия студент должен:

***знать:***

- устройство и основы теории подвижного состава автомобильного транспорта;

- классификацию, основные характеристики и технические параметры автомобильного двигателя и электрооборудования;

- базовые схемы включения элементов электрооборудования;

- методы и технологии технического обслуживания и ремонта автомобильных двигателей;

- показатели качества и критерии выбора автомобильных эксплуатационных материалов;

- основные положения действующей нормативной документации технического обслуживания и ремонта автомобильных двигателей.

***уметь:***

- осуществлять технический контроль автотранспорта;

- выбирать методы и технологии технического обслуживания и ремонта автомобильного двигателя, электрооборудования;

- разрабатывать и осуществлять технологический процесс технического обслуживания и ремонта двигателя, электрооборудования;

- выполнять работы по техническому обслуживанию, ремонту автомобильных двигателей и электрооборудования;

- осуществлять самостоятельный поиск необходимой информации для решения профессиональных задач.

***иметь практический опыт в:***

- проведении технического контроля, диагностики автомобильных двигателей и электрооборудования;

- разборке, сборке автомобильных двигателей и электрооборудования;

- осуществлении технического обслуживания и ремонта автомобильных двигателей, электрооборудования.

Познание материала учебной дисциплины включает анализ устройства ДВС, анализ и теоретическое обобщение, абстракцию и применение знаний на практике.

Время: 2 часа.

Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение………………………………………………………………………………….. |  10 мин. |
| Учебные вопросы (основная часть) |
| 1. Классификация двигателей внутреннего сгорания………………………………… |  15 мин. |
| 2. Общее устройство и основные параметры двигателей…………………………… |  25 мин. |
| 3. Рабочий цикл четырехтактного двигателя внутреннего сгорания……………….. |  25 мин. |
| 4. Техническая характеристика двигателей…………………………………………… |  10 мин. |
| Заключение………………………………………………………………....................... |  5 мин. |

**Материальное обеспечение:**

Проектор. Экран. Презентация.

**Литература**

**а) основная литература:**

1. Пузанков А. Г. Автомобили. Устройство и техническое обслуживание. Учебник для СПО. - М: Издательский центр «Академия», 2015. -640с.;

2. Пехальский А.П. Устройство автомобилей. Учебник для СПО. - М: Издательский центр «Академия», 2013. - 528с.;

3. Кузнецов А.С. Техническое обслуживание и диагностика двигателя внутреннего сгорания — М: Академия, 2012.;

4. Власов В.М. Технологическое обслуживание и ремонт автомобилей. - М: Издательский центр «Академия», 2013. - 480с.;

5. Гаврилов К.Л. Диагностика автомобилей при эксплуатации и техническом осмотре. Издательство ФГУГЦСК, 2012, -580 с.;

**б) дополнительная литература:**

1. Селифонов В.В., Бирюков М.К. Устройство, техническое обслуживание грузовых автомобилей. - М: Издательский центр «Академия», 2013. – 400 с.

2. Доронкин В.Г. Ремонт автомобильных кузовов: окраска: учеб пос. - М: Издательский центр «Академия», 2012. – 64 с.;

3. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля. Издательство: Солон-Пресс, 2015 - 273.;

4. Шишлов А.Н., Лебедев СВ. Устройство, техническое обслуживание и ремонт автомобильных двигателей. — М.: КАТ № 9, 2011.

5. Шишлов А.Н., Лебедев СВ. Устройство, техническое обслуживание и ремонт электрооборудования автомобилей. — М.: КАТ № 9, 2011.

6. Шишлов А.Н., Лебедев СВ. Устройство, техническое обслуживание и ремонт трансмиссии автомобилей. - М.: КАТ № 9, 2011.

7. Шишлов А.Н., Лебедев СВ. Устройство, техническое обслуживание и ремонт ходовой части автомобилей. — М.: КАТ № 9, 2011.

8. Шишлов А.Н., Лебедев СВ. Устройство, техническое обслуживание и ремонт органов управления автомобилей. — М.: КАТ № 9, 2011.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины «Устройство двигателей»

1) http://www.ru.wikipedia.org

2) http://www.autoezda.com/diagnostika-avto

3) http://autoustroistvo.ru

4) http://tezcar.ru

5) http://ustroistvo-avtomobilya.ru

http://kursak.net/rabochaya-programma-uchebnogo-kursa-elektrooborudovanie-avtotransportnyx-sredstv-avtoelektrik/

https://www.youtube.com/watch?v=f1ENTk8fTLo

**СЛАЙД 3** ВВЕДЕНИЕ

Двигатель – энергосиловая машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу.

На большинстве современных автомобилей установлены поршневые двигатели внутреннего сгорания, в которых часть теплоты, выделяющейся при сгорании топлива в замкнутой рабочей полости, преобразуется в механическую работу.

Эффективность работы двигателя оценивается, как правило, мощностью, экономичностью и токсичностью отработавших газов. Экономичность характеризуется расходом топлива, затрачиваемого на получение единицы мощности. Токсичность определяется количеством вредных для окружающей среды и человека веществ, выбрасываемых в атмосферу с отработавшими газами.

Теплота, выделяемая при сгорании топлива не полностью переходит в полезную работу. Частично теплота отводится системой охлаждения в атмосферу, частично выводится из двигателя с отработавшими газами и только 40…48 % преобразуется в полезную работу.

В 1807 г. французско-швейцарский изобретатель Франсуа Исаак де Риваз (François Isaac de Rivaz) построил первый поршневой двигатель. называемый часто двигателем де Риваса[en]. Двигатель работал на газообразном водороде, имея элементы конструкции, с тех пор вошедшие в последующие прототипы ДВС шатунно‐поршневую группу и искровое зажигание.

**СЛАЙД 4** В 1860 г. первый двухтактный газовый ДВС был сконструирован французским механиком Этьеном Ленуаром. Первый практически пригодный двухтактный газовый ДВС был сконструирован французским механиком Этьеном Ленуаром (1822—1900) в 1860 году. Мощность составляла 8,8 кВт (11,97 л. с.). Двигатель представлял собой одноцилиндровую горизонтальную машину двойного действия, работавшую на смеси воздуха и светильного газа с электрическим искровым зажиганием от постороннего источника. КПД двигателя не превышал 4,65 %. Несмотря на недостатки, двигатель Ленуара получил некоторое распространение. Использовался как лодочный двигатель.

В 1876 г. Николаус Аугуст Отто построил более совершенный четырёхтактный газовый двигатель внутреннего сгорания. Познакомившись с двигателем Ленуара, выдающийся немецкий конструктор Николаус Аугуст Отто (1832—1891) создал в 1863 двухтактный атмосферный двигатель внутреннего сгорания. Двигатель имел вертикальное расположение цилиндра, зажигание открытым пламенем и КПД до 15 %. Вытеснил двигатель Ленуара. В 1876 г. Николаус Аугуст Отто построил более совершенный четырёхтактный газовый двигатель внутреннего сгорания.

**СЛАЙД 5** В 1880-х годах Огнеслав Степанович Костович в России построил первый бензиновый карбюраторный двигатель.

**СЛАЙД 6** В 1885 г. немецкие инженеры Готтлиб Даймлер и Вильгельм Майбах разработали лёгкий бензиновый карбюраторный двигатель для мотоцикла. Даймлер и Майбах использовали его для создания первого мотоцикла в 1885, а в 1886 году —на первом автомобиле.

**СЛАЙД 7** Немецкий инженер Рудольф Дизель в 1897 предложил двигатель с воспламенением от сжатия. Рудольф Дизель стремился повысить эффективность двигателя внутреннего сгорания и в 1897 предложил двигатель с воспламенением от сжатия.

В настоящее время автомобильные двигатели выпускаются на заводах российской промышленности:

**Слайд 8** - АО «АВТОДИЗЕЛЬ», г. Ярославль;

- АО «КамАЗ», г. Набережные челны, Татарстан.

- АМО ЗИЛ, г. Москва;

- Филиал АМО ЗИЛ. г. Ярцево, Смоленской обл.;

- АОЗМЗ, г. Заволжье, Нижегородской области;

- АО УМЗ, г. Ульяновск;

- АО «Трансмаш», г. Барнаул;

- АО «ЧТЗ», г. Челябинск;

- АО «Тутаевские моторы», г. Тутаев, Ярославской области;

- АО УМЗ, г. УФА, Башкортостан;

- АО «ВАЗ», г. Тольятти, Самарская область.

# **СЛАЙД 9** **1 Классификация двигателей внутреннего сгорания -** 15 мин.

**Двигатель - энергосиловая машина, преобразующая какой-либо вид энергии в механическую работу. На большинстве современных автомобилей (в том числе военной автомобильной технике) установлены поршневые (тепловые) двигатели, называемые двигателями внутреннего сгорания (ДВС). В них теплота, выделяющаяся при сгорании топлива в цилиндрах, преобразуется в механическую работу.**

Двигатель как источник механической энергии необходим для движения автомобиля.

Начнем с того, что двигатели внутреннего сгорания классифицируют по ряду признаков и особенностей. Прежде всего, силовые установки отличаются по своему назначению. ДВС бывают:

- стационарного типа;

- двигатели на транспорте;

Первые широко используются в качестве приводного механизма для различных насосов, генераторов, и т.д. Второй тип можно встретить на автомобилях, мотоциклах, судах, самолетах, поездах и других видах воздушных, наземных и водных транспортных средств. Отметим, что данная классификация не затрагивает реактивные, водородные и ракетные двигатели, распространяясь на массовые агрегаты.

Также силовые установки отличаются по типу используемого топлива. Двигатели могут работать на:

- жидком и легком топливе (бензин, дизтопливо, спирт);

- жидком тяжелом топливе (мазут, соляровое масло, газойль)

- газовом топливе;

- использовать горючее комбинированного типа, когда в двигателе одновременно используется жидкое топливо и газ (например, газодизель);

- применяется сразу несколько видов топлива для многотопливного ДВС (агрегат работает как на бензине, так и на керосине и т.д.);

Также двигатели внутреннего сгорания можно разделить по тому, как реализовано преобразование тепловой энергии в результате сжигания топлива в механическую полезную работу. Двигатели бывают:

- поршневыми ДВС (сгорание и преобразование тепловой энергии в механическую работу происходит в цилиндре двигателя;

- газотурбинные двигатели (в таких двигателях топливо сгорает в особой камере сгорания, после тепловая энергия преобразуется в механическую на лопатках турбинного колеса;

- двигатели комбинированного типа, в которых топливо сгорает в цилиндрах поршневого двигателя, при этом такой двигатель является генератором газа. Это значит, что тепловая энергия только частично превращается в механическую в цилиндре, а также частично преобразование происходит на лопатках турбинного колеса (например, турбопоршневой двигатель).

Еще двигатели внутреннего сгорания отличаются по способу смесеобразования. Силовые агрегаты бывают:

- моторы с внешним смесеобразованием (рабочая смесь образуется не в цилиндре). Если просто, это карбюраторные бензиновые и газовые двигатели, а также инжекторные двигатели с впрыском топлива во впускной коллектор.

- установки с внутренним смесеобразованием (на такте впуска в цилиндр отдельно подается воздух, затем прямо в камеру сгорания впрыскивается топливо, а рабочая смесь образуется уже в самом цилиндре). Такое смесеобразование происходит в дизельных двигателях, в бензиновых установках с искровой системой зажигания и газовых двигателях, где реализована подача горючего в цилиндр перед началом сжатия.

Также двигатели классифицируют и по способу воспламенения рабочей топливно-воздушной смеси. Смесь может воспламеняться:

- от внешнего источника, которым выступает электрическая искра на свече зажигания;

- от сжатия, где смесь воспламеняется от высоких температур во время сильного сжатия воздуха и топлива в цилиндре (например, дизельный ДВС);

- агрегаты с форкамерно-факельным зажиганием. В таких форкамерных моторах имеется две камеры сгорания. В первой (малой) камере смесь воспламеняется от искры, затем дальнейшее воспламенение основного заряда в основной (большой) камере происходит благодаря распространению фронта пламени из малой камеры.

Двигатели, которые работают по принципу первичной подачи небольшого количества жидкого топлива (самовоспламеняется от сжатия), в результате чего удается поджечь и основной заряд, который состоит из газового топлива (газодизельный двигатель).

Добавим, что также поршневые двигатели делятся по способу осуществления рабочего цикла. Моторы бывают 2-х и 4-х тактными. Силовые агрегаты могут быть атмосферными (впуск воздуха происходит благодаря разрежению в цилиндрах) и с наддувом, когда воздух нагнетается принудительно под давлением.

Что касается наддува, двигатели бывают компрессорными и турбированными, а также могут сразу иметь оба решения. Моторы с турбокомпрессором получают газовую турбину, которая работает благодаря воздействию отработавших газов.

Агрегаты с механическим компрессором конструктивно оснащены устройством, которое приводится в действие от двигателя, забирая у него часть энергии. Комбинированный тип предполагает, что двигатель одновременно имеет и турбокомпрессор, и механический нагнетатель.

Еще следует упомянуть различия по способу регулирования подачи топлива в цилиндры при изменении нагрузки. Существуют двигатели с регулированием смеси по:

- качеству;

- количеству;

- смешанного типа;

В первом случае речь идет об изменении состава смеси с учетом нагрузок и режимов работы ДВС. Во втором случае состав не меняется, при этом подается только большее или меньшее количество. В двигателях со смешанным регулированием меняется как состав смеси, так и количество, что зависит от нагрузок на агрегат.

Также нужно упомянуть и различия моторов по способу охлаждения. Двигатели бывают с жидкостным охлаждением, воздушным охлаждением и комбинированным охлаждением. Еще отдельного внимания заслуживает и система смазки. Например, в двухтактных моторах смазка сгорает прямо в цилиндрах, тогда как в четырехтактных двигателях масло практически не попадает в камеру сгорания.

Напоследок отметим, что классификация автомобильных двигателей затрагивает поршневые ДВС (бензиновые, дизельные и газовые), карбюраторные и инжекторные, с внешним смесеобразованием или прямым впрыском топлива, с воспламенением от искры или с воспламенением от сжатия.

Также на некоторых авто можно встретить газотурбинные, форкамерные или роторно-поршневые двигатели, однако сегодня такие агрегаты нельзя назвать массовыми применительно к автоиндустрии.

***Слайд 10 Кривошипно-шатунный механизм воспринимает давление газов и преобразует прямолинейное возвратно-поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала.***

Он состоит из цилиндра, головки цилиндра, поршня с кольцами, шатуна, коленчатого вала, маховика, картера, уплотнений.

***Механизм газораспределения (распределительный механизм) предназначен для открытия и закрытия клапанов, что необходимо для впуска в цилиндр горючей смеси (карбюраторные и газовые двигатели) или воздуха (дизели) и выпуска отработавших газов.***

Он состоит из клапанов, пружин, седел клапанов, направляющих клапанов, тарелок пружин, сухарей, коромысел, штанг, толкателей, распределительного вала, шестерни распределительного вала.

***Слайд 11***

***Система охлаждения обеспечивает нормальный температурный режим двигателя.***

Жидкостная система охлаждения состоит из жидкостного насоса, радиатора, вентилятора, рубашек охлаждения цилиндров и головки цилиндров, термостата, патрубков и приводных ремней.

***Слайд 12***

***Смазочная система обеспечивает подачу смазочного материала к трущимся поверхностям для уменьшения трения, снижения износа и отвода теплоты от контактирующих поверхностей и предохранения деталей от коррозии.***

Смазочная система состоит из масляного поддона, масляного насоса, масляных фильтров, маслопроводов и масляного радиатора.

***Слайд 13***

***Система питания служит для подачи отдельно топлива и воздуха в цилиндры дизеля или для приготовления горючей смеси из мелкораспыленного топлива и воздуха и подвода смеси к цилиндрам карбюраторного или газового двигателей.***

Система питания состоит из топливных баков, топливопроводов, топливных фильтров, топливных насосов, воздухоочистителя, карбюратора, впускного коллектора, выпускного коллектора, выпускной трубы и глушителя.

***Слайд 14***

***Система зажигания обеспечивает воспламенение рабочей смеси в карбюраторных и газовых двигателях (в дизелях топливо воспламеняется от со-прикосновения с горячим воздухом, поэтому они не имеют специальной системы зажигания).***

***Слайд 15***

***Система пуска служит для проворачивания коленчатого вала двигателя при его пуске.***

# **СЛАЙД 11** **2 Общее устройство и основные параметры двигателей -** 25 мин.

Если говорить о главных отличиях в конструкции поршневых двигателей, различные силовые агрегаты делятся на рядные горизонтальные и вертикальны по расположению цилиндров. Также двигатели бывают V-образными, оппозитными и т.д.



а - четырехцилиндрового; б - шестицилиндрового; 1-6 - цилиндры

Рисунок 1 - Схемы кривошипно-шатунного механизма

четырехтактных рядных двигателей

Двигатели автомобилей «Москвич-2140», семейства ВАЗ и другие имеют порядок работы 1-3-4-2, а двигатели автомобилей УАЗ, ГАЗ «Волга», порядок 1-2-4-3.

К такому двигателю относится четырехтактный дизель ЯМЗ-236. Угол развала между его цилиндрами равен 90° . Колена коленчатого вала расположены в трех плоскостях под углом 120° одно к другому (рисунок 2, а). Особенностью этого двигателя является коленчатый вал, имеющий три кривошипа, к каждому из которых присоединено по два шатуна: к первому кривошипу - шатуны первого и четвертого цилиндров; ко второму - второго и пятого цилиндров и к третьему - третьего и шестого цилиндров.



а - шестицилиндровый; б – восьмицилиндровый; 1-8 - цилиндры

Рисунок 2 - Схемы кривошипно-шатунного механизма четырехтактных V- образных двигателей

В этом двигателе, имеющем порядок работы 1-4-2-5-3-6, одноименные такты в цилиндрах происходят неравномерно через 90° и 150° (таблица 3). Если в первом цилиндре осуществляется рабочий ход, то в четвертом он начинается через 90°, во втором - через 150° , в пятом - через 90°, в третьем - через 150° и в шестом через 90°. Поэтому двигатель ЯМЗ-236 имеет повышенную неравномерность хода и в нем приходится устанавливать на коленчатом валу маховик с относительно большим моментом инерции (на 60 - 70% большим, чем для однорядного двигателя).

**Восьмицилиндровый V-образный двигатель.**

Цилиндры в таком двигателе (например, двигатели изучаемых вами автомобилей ГАЗ-66-01, ЗИЛ-131Н, КамАЗ-4310 и Урал-4320) расположены под углом 90° один к другому (рисунок 8, 6). Одноименные такты в цилиндрах начинаются через угол поворота коленчатого вала, равный 720:8 = 90. Следовательно, кривошипы коленчатого вала расположены крестообразно под углом 90°. К первому кривошипу присоединены шатуны первого и пятого цилиндров, ко второму - второго и шестого цилиндров, к третьему - третьего и седьмого цилиндров, к четвертому - четвертого и восьмого цилиндров. В восьмицилиндровом четырехтактном двигателе за два оборота коленчатого вала совершается восемь рабочих ходов. Перекрытие рабочих ходов в различных цилиндрах происходит в течение поворота коленчатого вала на угол 90°, что способствует его равномерному вращению. Порядок работы восьмицилиндрового двигателя 1-5-4-2-6-3-7-8

Еще агрегаты бывают однопоршневыми двигателями, когда в одном цилиндре имеется один поршень и рабочая полость. При этом также встречаются ДВС, в которых поршни движутся противоположно в одном цилиндре, а рабочая полость находится между двумя поршнями. Также бывают моторы двойного действия, в которых по обеим сторонам от поршня имеются рабочие полости.

Отдельно стоит упомянуть и роторно-поршневые двигатели (двигатель Ванкеля), которые также имеют разную конструкцию. Наиболее распространенным вариантом является такой, где ротор, который и является поршнем, движется (планетарное движение) в корпусе. Во время такого движения между ротором и стенками корпуса двигателя образуются камеры сгорания с переменным рабочим объемом.

**Слайд 17, 18 ВИДЕО**

**Слайд 19** Проектирование двигателя является сложным процессом, при котором специалистам приходится решать комплекс проблем, связанных с удовлетворением требований, определяемых назначением двигателя и условиями его эксплуатации. Для создания высокопроизводительной, экономичной в эксплуатации и экологически чистой транспортной, дорожно-строительной и сельскохозяйственной техники автотракторные двигатели должны обеспечивать:

- высокую надежность в разнообразных эксплуатационных условиях;

- необходимую мощность при малой массе и габаритах, наибольшую топливную экономичность на всех режимах работы;

- нормативные шумность и вибрацию двигателя, а также дымность и токсичность отработавших газов;

- хорошие пусковые качества;

- легкость управления и автоматизацию работы;

- простоту технического обслуживания и ремонта;

- минимум эксплуатационных затрат труда и материалов.

**Одним из главных эксплуатационных требований является обеспечение надежности двигателя, поскольку с надежностью напрямую связаны расходы на поддержание работоспособности двигателя в эксплуатации и расходы, вызванные простоем машины из-за отказов двигателя.**

Под надежностью понимают свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в установленных пределах при заданных условиях его эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов в течение требуемого промежутка времени и (или) требуемой наработки. Заданной функцией для двигателя будет обеспечение энергией той транспортной, дорожно-строительной или сельскохозяйственной машины, для которой он предназначен.

В настоящее время на подавляющем большинстве строительно-дорожных машин и технике, силовой энергетической установкой является ДВС, который предназначен для обеспечения перемещения машины с заданными скоростями, выполнение работы рабочим оборудованием и функционирование систем и механизмов.

Общими требованиями для ДВС являются:

- конструкция кривошипно-шатунного механизма - тронковая (боковое усилие от шатуна воспринимается поршнем);

- род применяемого топлива - жидкое (бензин, дизельное);

- направление вращения коленчатого вала - правое (положение наблюдателя со стороны, противоположной валу основного отбора мощности).

На СДМ в основном устанавливаются многоцилиндровые поршневые дизельные двигатели с мощностью от 1,5 до более 2000 кВт, преимущественно с комбинированной системой охлаждения.

**Слайд 20** К двигателям автомобильной техники предъявляются следующие основные требования:

- Двигатели должны быть оборудованы всережимными регуляторами;

- Степень неравномерности центробежного регулятора должна составлять от 0,08 до 0,10.Из-за возможных перегрузок двигателя коэффициент приспособляемости должен быть не менее 1,15;

- Номинальная частота вращения коленчатого вала дизеля должна составлять от 1500 до 2500 об/мин;

- Долговечность (срок службы до капитального ремонта) автотракторных дизелей при установке на строительные и дорожные машины должна составлять от не менее 3000 до 3500 ч, что соответствует 4000 ч работы на тракторах и автомобилях;

- Запуск дизеля должен осуществляться электростартером или пусковым двигателем с электростартерным запуском последнего;

- Двигатели должны быть рассчитаны на работу при продольном наклоне до 35° и поперечном наклоне до 15°.

При подборе двигателей к СДМ необходимо принимать во внимание следующие рекомендации:

1.Двигатели должны подбираться с учетом режимов и условий эксплуатации.

2.Двигатель должен быть подобран таким образом, чтобы большую часть времени цикла он работал на регуляторной ветви характеристики. Переход на безрегуляторную ветвь допускается только при преодолении временно возросших сопротивлений и должен быть по возможности непродолжительным.

При подборе двигателя необходимо учитывать неустановившийся характер нагрузки, имея в виду, что при неустановившейся нагрузке выходные мощностные показатели и наилучшая топливная экономичность могут быть получены при загрузке двигателя меньше номинального крутящего момента. Для дизеля, работающего на переменных режимах, величина оптимальной загрузки составляет 78% номинального крутящего момента. При использовании абсолютных непрозрачных гидродинамических трансформаторов, которые обеспечивают работу двигателей на постоянном режиме, гидротрансформатор необходимо подбирать так, чтобы двигатель работал на номинальном режиме.

**Слайд 21** Для описания основных определений, принятых для двигателей, рассмотрим схему одноцилиндрового поршневого двигателя внутреннего сгорания с центральным кривошипно-шатунным механизмом (когда ось ци­линдра пересекает оси поршневого пальца и коленчатого вала).

**Верхняя мертвая точка (ВМТ)** – по­ложение поршня в цилиндре, при ко­тором расстояние от него до оси колен­чатого вала двигателя наибольшее.

**Нижняя мертвая точка (НМТ)** – положение поршня в цилиндре, при котором расстояние от него до оси ко­ленчатого вала двигателя наименьшее.

**Ход поршня S (м)** – расстояние по оси цилиндра между мертвыми точка­ми. При каждом ходе поршня коленча­тый вал поворачивается на полоборота, т. е. на угол 180°, следовательно, ход поршня равен двум радиусам г криво­шипа коленчатого вала: S = 1r.

**Рабочий объем цилиндра Vh,** (м3) – объем цилиндра, освобождаемый пор­шнем при перемещении от ВМТ до НМТ:



где D – диаметр цилиндра, м.

**Объем камеры сжатия Vc** (м3) – объем пространства над поршнем, находя­щимся в ВМТ.

**Полный объем цилиндра Vа** (м3) – сум­ма рабочего объема цилиндра и объема камеры сжатия, т. е. объем простран­ства над поршнем, находящегося в НМТ:

Va = Vh + Vc

**Слайд 22 Литраж двигателя Кл** (л) – это сум­марный рабочий объем цилиндров, вы­раженный в литрах:

где π — постоянное число, равное 3,14;

D — диаметр поршня, дм;

S — ход поршня, дм;

i — число цилиндров двигателя.



Рисунок 3 Схема двигателя внутреннего сгорания:

а — поршень в ВМТ; б — поршень в НМТ

**Степень сжатия e** — отношение полного объёма цилиндра к объёму ка­меры сжатия:

e = Va/ Vc

Следовательно, **степень сжатия** – это отвлечённое число, показывающее, во сколько раз полный объем цилиндра больше объёма камеры сжатия.

Во время работы поршневого двига­теля внутреннего сгорания в его цилин­дре происходит ряд периодически по­вторяющихся процессов, при которых изменяется состояние рабочего тела (газа).

# **СЛАЙД 17** **3 Рабочий цикл 4-х тактного двигателя внутреннего сгорания -** 25 мин.

**Рабочий цикл двигателя** — комплекс последовательных процессов (впуск, сжатие, сгорание, расширение и вы­пуск), в результате которых энергия сгораемого топлива преобразуется в ме­ханическую энергию поступательного движения поршня.

**Такт**— часть рабочего цикла за время движения поршня от одной мертвой точ­ки до другой. Условно принимаем, что такт происходит за один ход поршня.

Двигатели, в которых рабочий цикл совершается за четыре хода (такта) поршня или за два оборота коленчатого вала, называют четырехтактными. Двигатели, в которых рабочий цикл со­вершается за два хода поршня или за один оборот коленчатого вала, называ­ют двухтактными.

Рабочий цикл четырехтактного двига­теля с внешним смесеобразованием.

Рас­смотрим подробно каждый такт цикла.

**Такт впуска.** Поршень 3 (рис. 4, а) приводится в действие от коленчатого вала / через шатун 2. Поршень движет­ся от ВМТ к НМТ, создавая разреже­ние в полости цилиндра 7 над порш­нем. Впускной клапан 5 открыт, и ци­линдр через впускную трубу и карбюра­тор (или инжектор, или смеситель) сообщается с атмосферой. Под действием разности давлений воздух, про­ходя через карбюратор (инжектор, сме­ситель), смешивается с топливом, обра­зуя горючую смесь, которая заполняет цилиндр 7до прихода поршня в НМТ.



Рис. 4. Рабочий цикл одноцилиндрового четырехтактного двигателя с внешним смесеобразованием:

а — такт впуска; б — такт сжатия; в — такт расширения; г— такт выпуска; 1 — коленчатый вал; 2 — шатун; 3 — поршень; 4— выпускной клапан; 5— впускной клапан; 6 — искровая свеча зажигания; 7— цилиндр

К этому моменту времени впускной клапан закрывается. Горючая смесь, за­полняя цилиндр, перемешивается с ос­таточными продуктами сгорания от предыдущего цикла и образует рабочую смесь. Давление в конце такта впуска 0,07...0,09 МПа, температура рабочей смеси 330...390 К.

**Такт сжатия** (рис. 4, б). При даль­нейшем повороте коленчатого вала 1 поршень движется от НМТ к ВМТ. При этом впускной 5 и выпускной 4 клапаны закрыты. Поршень в процессе движения сжимает находящуюся в ци­линдре рабочую смесь. В такте сжатия составные части рабочей смеси хорошо перемешиваются и нагреваются. Давле­ние в конце такта сжатия увеличивает­ся, достигая 0,9...1,2 МПа, а температу­ра—500...700 К. В конце такта сжатия между электродами свечи 6 возникает электрическая искра, от которой рабо­чая смесь воспламеняется. В процессе сгорания топлива выделяется большое количество теплоты, давление продук­тов сгорания в цилиндре повышается до 3...4,5 МПа, а температура — до 2700 К.

**Такт расширения** (рис. 4, в). Оба клапана закрыты. Под давлением продуктов сгорания поршень движется от ВМТ к НМТ и через шатун 2 приводит во вращение коленчатый вал 1, т. е. совершает полезную работу. К концу такта расширения давление продуктов сгорания в цилиндре уменьшается до 0,3...0,4 МПа, а температура — до 1200...1400 К.

**Такт выпуска.** Когда поршень 3 подходит к НМТ, открывается выпускной клапан 4 и отработавшие газы под действием избыточного давления удаляются из цилиндра в атмосферу через выпускную трубу. Когда же поршень перемещается от НМТ к ВМТ (рис. 4, г), он выталкивает из цилиндра оставшиеся отработанные газы. К концу такта выпуска давление в цилиндре составляет 0,11...0,12 МПа, а температура — 700...1000 К.

Далее рабочий цикл повторяется.



а б в г

Рис.5. Рабочий цикл одноцилиндрового четырехтактного дизеля: а – такт впуска; б – такт сжатия; в – такт расширения; г – такт выпуска;1 – коленчатый вал; 2 – шатун; 3 – поршень; 4 – топливный насос; 5 – впускной клапан; 6 – форсунки; 7– выпускной клапан; 8 – цилиндр

В отличие от двигателя с внешним смесеобразованием в цилиндр дизеля воздух и топливо вводятся раздельно.

**Такт впуска.** Поршень 3 (рис. 5, а), приводимый в действие от коленчатого вала 1 через шатун 2, перемещается от ВМТ к НМТ. Впускной клапан 5 открыт, и в цилиндр 8 поступает воздух, давление которого в конце такта равно 0,08...0,09 МПа (в случае без наддува), а температура — 320...340 К.

**Такт сжатия.** Оба клапана закрыты. При перемещении поршня от НМТ к ВМТ (рис. 5, б) воздух, находящийся в цилиндре, сжимается до давления 3,5...4 МПа, так как у дизелей степень сжатия составляет 14... 18. Температура воздуха при этом достигает 750...950 К. Это превышает температуру самовоспламенения топлива. При положении поршня, близком к ВМТ, в цилиндр 8 через форсунку 6 впрыскивается мелкораспылённое топливо под высоким давлением, создаваемым топливным насосом 4 высокого давления.

Топливо, впрыснутое в цилиндр, смешивается с нагретым воздухом и остаточными газами от предыдущего цикла, образуя рабочую смесь. Большая часть топлива воспламеняется и сгорает, давление газов в цилиндре при этом достигает 5,5...9 МПа, а температура — 1900...2400 К.

**Такт расширения.** Оба клапана остаются закрытыми. Поршень под давлением газов движется от ВМТ к НМТ (рис. 5, в), при этом сгорает остальная часть топлива. Коленчатый вал 7 через шатун 2 от поршня запасает энергию, полученную при сгорании рабочей смеси. К концу такта расширения давление газов уменьшается до 0,2...0,3 МПа, а температура —до 900... 1200 К.

**Такт выпуска.** Выпускной клапан 7 открывается. Поршень движется от НМТ к ВМТ (рис. 5, г) и через открытый клапан выталкивает отработавшие газы из цилиндра в атмосферу. К концу такта давление газов в цилиндре составляет 0,11...0,12 МПа, а температура-650...900 К.

Далее рабочий цикл повторяется.

В течение рабочего цикла описанных двигателей только в такте расширения поршень перемещается под давлением газов и посредством шатуна приводит во вращательное движение коленчатый вал, на заднем конце которого крепят массивный маховик. Этот маховик и запасает энергию сгораемого топлива. При выполнении остальных тактов — выпуска, впуска и сжатия — поршень перемещается за счёт кинетической энергии, накопленной маховиком.

**Слайд 23 Диаграмма фаз газораспределения**

****

# **СЛАЙД 17** **4 Техническая характеристика двигателей -** 10 мин.

4.1 Техническая характеристика дизелей

Основные конструктивные параметры дизелей КамАЗ-740.10 и ЯМЗ-238В приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Краткая техническая характеристика дизелей

| Параметры | Модель двигателя |
| --- | --- |
| Марка | КамАЗ-740.10 | ЯМЗ-238 ВМ2 |
| Стандартное обозначение | 8Ч 12/12 | 8Ч 13/14 |
| Завод изготовитель | ОАО "КамАЗ" | ОАО "Автодизель" (Ярославский моторный завод) |
| Тип  | 4-х тактный, быстроходный, с воспламенением от сжатия, с жидкостным охлаждением, с непосредственным впрыскиванием топлива, без наддува |
| Число и расположение цилиндров | 8-V-900 |
| Порядок работы цилиндров | 1 - 5 - 4 - 2 - 6 - 3 - 7 - 8 |
| Направление вращения коленчатого вала | правое |
| Рабочий объём, л | 10,85 | 14,86 |
| Диаметр цилиндра, мм | 120 | 130 |
| Ход поршня, мм | 120 | 140 |
| Отношение хода поршня к диаметру | 1 | 1,07 |
| Степень сжатия | 17 | 16, 5 |
| Номинальная мощность, кВт /л.с. | 154,4/210 | 176/240 |
| Частота вращения при номинальной мощности, мин -1 | 2600 | 2100 |
| Максимальный крутящий момент, н⋅мкгс⋅м | 63765 | 88390 |
| Частота вращения соответствующая максимальному крутящему моменту, мин -1 | 1600-1800 | 1250-1450 |
| Частота вращения в режиме холостого хода: - максимальная, мин -1- минимальная, мин -1 | 2930600 | 2275550-650 |
| Минимальный удельный расход топлива, -г/кВт⋅ч-г/л.с.⋅ч | 224165 | 218160 |
| Масса двигателя, кг | 750 | 1075 |

4.2 Техническая характеристика карбюраторных двигателей

Основные конструктивные параметры карбюраторных двигателей ЗИЛ-5081.10 и ЗМЗ-66-06 приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики карбюраторных двигателей ЗИЛ-5081.10 и ЗМЗ-66-06

| Параметры двигателя | Модель двигателя |
| --- | --- |
| ЗИЛ-5081.10 | ЗМЗ-66-06 |
| Объект установки: автомобиль | ЗИЛ-131Н | ГАЗ-66-11 |
| Год начала выпуска | 1984 |
| Тип двигателя | Карбюраторный, четырехтактный |
| Число и расположение цилиндров | 8 |
| Номинальная мощность, кВт | 110 | 88,2 |
| Частота вращения, соответствующая номинальной мощности, мин-1 | 3200 | 3200 |
| Максимальный крутящий момент Мк, Н•м | 402 | 292 |
| Частота вращения, соответствующая максимальному крутящему моменту, мин-1 | 1900 | 2300 |
| Минимальный удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч | 327 | 300 |
| Степень сжатия | 7,1 | 7,6 |
| Литраж  | 6,0 | 4,25 |
| Диаметр цилиндра, мм | 100 | 92 |
| Ход поршня, мм | 95 | 80 |
| Отношение хода поршня к диаметру цилиндра | 0,95 | 0,86 |
| Сухой вес двигателя, кг | 440 | 230 |

Примечание: обозначение модели двигателя ЗИЛ-5081.10 включает:

5 - класс двигателя (рабочий объем Vh =4 - 7л);

08 - порядковый номер базовой модели;

1 - модификация базовой модели;

10 - номер типовой группы "Двигатель".

# **Заключение** - 5 мин

В данной лекции рассмотрены основы устройства и работы ДВС. Однако более подробное рассмотрение данного вопроса требует постоянного изучения периодической литературы, научных материалов, материалов конференций и симпозиумом.

Подвести итог занятия, отметить положительные и отрицательные элементы в ходе самостоятельного изучения материала. Отметить наиболее отличившихся.

Ответить на вопросы.

Дать задание на самостоятельную подготовку.

Разработал: к.т.н доцент В.Метик

\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г.