

МАКУШЕВ Ю.П., МИХАЙЛОВА Л.Ю., СКОК А.А.

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ



Федеральное агентство по образованию РФ
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
(СибАДИ)

МАКУШЕВ Ю.П., МИХАЙЛОВА Л.Ю., СКОК А.А.

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Учебное пособие
по специальности
«Двигатели внутреннего сгорания»

Омск
Издательство СибАДИ
2008

К 621.515.5
ББК 31.363
М 17

Рецензенты:

доктор техн. наук, проф. В.Р. Ведрученко (ОмГУПС),
доктор техн. наук, проф. В.В. Шалай (ОмГТУ)

Работа одобрена редакционно-издательским советом академии в качестве учебного пособия для специальности 140501 «Двигатели внутреннего сгорания».

Макушев Ю.П., Михайлова Л.Ю., Скок А.А. Введение в специальность: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2008.– 51с.

Учебное пособие содержит историю создания двигателей внутреннего сгорания, их классификацию, историю кафедры «Теплотехника и тепловые двигатели», ее научные направления, учебный план специальности ДВС, основные термины и понятия, расчет технических характеристик двигателей, технико-экономические показатели двигателей отечественного и зарубежного производства, принцип работы двухтактных и четырехтактных двигателей.

Особое внимание уделено устройству и работе роторно-поршневых и газотурбинных двигателей, паровых машин и двигателей внешнего сгорания.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 140501 «Двигатели внутреннего сгорания» и может быть полезно для студентов других технических специальностей, изучающих устройство и принцип работы двигателей.

Ил. 18. Табл.2. Библиогр.: 10 назв.

ISBN 5-93204-297-4

© Ю.П. Макушев,
Л.Ю. Михайлова,
А.А. Скок, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Практическая работа 1. История создания тепловых двигателей	5
1.1. История развития ДВС	5
1.2. Классификация двигателей.....	9
1.3. История кафедры «Теплотехника и тепловые двигатели».....	12
1.4. Научные направления кафедры.....	15
2. Практическая работа 2. Учебный план ДВС	17
2.1. Цикл общих гуманитарных и социально – экономических дисциплин (ГСЭ).....	18
2.2. Цикл математических и общих естественно-научных дисциплин (ЕН).....	18
2.3. Цикл общепрофессиональных дисциплин направления (ОПД).	18
2.4. Цикл специальных дисциплин (СД).....	19
3. Практическая работа 3. Расчет показателей технического уровня двигателя	20
4. Практическая работа 4. Рабочий процесс 4х и 2х-тактного двигателя	27
5. Практическая работа 5. Устройство поршневого ДВС	32
6. Практическая работа 6. Роторно-поршневые двигатели	34
7. Практическая работа 7. Газотурбинные двигатели	37
8. Практическая работа 8. Паровая машина	43
9. Практическая работа 9. Двигатели внешнего сгорания Стирлинга	45
Библиографический список	50

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «История двигателестроения и введение в специальность» является составной частью цикла специальных дисциплин, она дает первоначальные сведения о выбранной специальности, предшествует изучению дисциплин «Теория рабочих процессов и моделирование процессов в ДВС», «Основы научных исследований и испытаний двигателей», «Системы двигателей», «Конструирование ДВС» и других.

Целью практических занятий является закрепление и контроль знаний, полученных на лекциях и самостоятельной работе. Студенты изучают учебный план по специальности, знакомятся с научными работами ведущих ученых кафедры, историей создания тепловых двигателей, их классификацией, осваивают на практике принципы работы и устройство тепловых двигателей. По каждой из выполняемых практических работ студент составляет отчет, который представляет преподавателю для защиты.

При защите практических работ студент должен дать ответ на поставленные контрольные вопросы. Успешное выполнение работ предполагает самостоятельную подготовку к каждой работе по конспектам лекций, основной и дополнительной литературе и настоящей методической разработке.

Практическая работа 1. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы: изучение истории создания тепловых двигателей, достижений отечественных и зарубежных ученых, ознакомление с историей кафедры ТиТД (специальность ДВС) СибАДИ и ее научными достижениями.

При выполнении работ используется: учебная и методическая литература [1, 2, 4, 6], конспект лекций.

Порядок выполнения работы.

Изучить историю создания тепловых двигателей, отметить достижения отечественных и зарубежных ученых, изучить историю кафедры ТиТД СибАДИ, структуру и состав кафедры, основные научные направления, развиваемые учеными кафедры.

1.1. История развития ДВС

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) вырабатывают более 60 % мощности, используемой человеком. Мощность – работа, выполненная за единицу времени. Мощность в современных двигателях изменяется от 1 до 70 000 кВт. Мощность 70 000 кВт имеет судовой двухтактный двигатель 12 К-98 МС фирмы MAN -BMW (Германия, Дания). Диаметр поршня равен 98 см, а ход поршня 266 см. Частота вращения коленчатого вала 90 мин⁻¹, среднее эффективное давление 1.8 МПа (18 бар или атм) при массе 2200 тонн. Удельный расход топлива составляет 170 г/(кВт .час). Двигатель данной марки устанавливают на судах-контейнеровозах.

ДВС используют на транспорте (речной, морской флот, тепловозах, грузовых и легковых автомобилях), сельскохозяйственной технике (тракторы, комбайны), дорожной и строительной технике, в энергетике (стационарные и передвижные электростанции), нефтедобывающей и военной промышленности.

Первый паровой двигатель был создан в России в г. Барнауле в 1763 г. Ползуновым Иваном Ивановичем [6,8]. В своих научных трактатах он писал **«огонь слугою к машинам склонить, облегчить труд по нас грядущим».**

В 1816 г. шотландский священник Роберт Стирлинг предложил конструкцию двигателя внешнего сгорания (топливо сгорает вне цилиндра).

В 1823 г. в России был пущен первый в мире завод по производству керосина в г. Моздоке.

В 1860 г. француз Лемуан изобрел первый двигатель внутреннего сгорания. Он был двухтактным, работал на светильном газе, без сжатия, имел к.п.д. 5%.

В 1862 г. механик Николай Отто из Германии построил первый четырехтактный двигатель мощностью 1,5 кВт со сжатием газо-воздушной смеси.

В 1886 г. Даймлер создал первый в истории автомобиль с четырехтактным двигателем мощностью 1,1 кВт при частоте вращения коленчатого вала 900 мин⁻¹.

В 1879 г. русским инженером Костовичем был спроектирован первый бензиновый двигатель мощностью 60 кВт.

В 1894 г. Рудольф Дизель продемонстрировал в работе первый двигатель с воспламенением от сжатия мощностью 2 кВт. В 1898 г. Россией был куплен патент Дизеля и конструкция двигателя была переработана на использовании сырой нефти.

В 1898 г. инженер Романов из Петербурга продемонстрировал электромобиль с питанием от аккумуляторных батарей.

С 1902 г. завод Нобеля (Русский дизель) в России приступил к производству двухтактных двигателей с клапанно-щелевой продувкой.

В 1906 г. в Москве была создана первая кафедра ДВС, ныне МГТУ им. Н.Э.Баумана.

В 1916 г. в России строятся четыре автомобильных завода АМО (Автомобильное московское общество), «Руссо-Балт» в Филях, «Русский Рено» в Рыбинске и в Ярославле.

Значительная потребность в двигателях внутреннего сгорания проявилась в годы Великой Отечественной войны. Двигатели нужны были для автомобилей, самолетов, подводных лодок, танков.

В 1945 г. в СССР было выпущено 75 тысяч автомобилей. С 1941 по 1945 года танковая промышленность выпустила 100 тыс. боевых машин.

Автомобиль – источник прогресса, дает развитие всем сферам общества. Для дальнейшего совершенствования автомобилей и их двигателей требуются новые технологии, последние достижения науки и техники, высококвалифицированные кадры. Автомобиль не только средство передвижения, но и источник загрязнения атмосферы и представляет большую опасность для человека. Ежегодно в ДТП погибает до 30 тыс. жителей России.

В 1786 – 1790 гг. английскому механику Уатту удалось построить и приспособить паровую машину для непосредственного вращения вала. Он является автором регулятора частоты вращения. Суть изобретения заключается в том, что под действием центробежной силы грузы регулятора, при увеличении частоты вращения вала машины, расходятся и через подвижную втулку сжимают пружину. Подвижная втулка через

рычаги связаны с органом регулирования, например, с дроссельной заслонкой карбюратора. С увеличением частоты вращения грузы расходятся и сдвигают втулку и заслонку в сторону уменьшения подачи топлива и наоборот. До конца XIX века паровые машины являлись практически единственными тепловыми двигателями, применявшимися в промышленности и на транспорте. Они были громоздки и малоэкономичны, но работали на любом виде топлива. Еще в начале XX века паровые машины использовали даже на автомобилях. Над совершенствованием паровых автомобилей работы продолжались и во второй половине прошлого столетия, продолжают они и в наше время в связи с поисками возможностей замены нефтяных топлив. На смену паровым машинам пришли более совершенные двигатели – паровые турбины и ДВС.

Стационарные двигатели, работавшие на керосине и тяжелых топливах, появились в период 1884 – 1890 г. Зажигание было калоризаторным (от нагретых шаровых поверхностей). В России их называли «нефтянками». В 1890 г. в Москве завод Брамлея (позже Красный пролетарий) начал выпуск 4х– тактных калоризаторных двигателей (воспламенение горючей смеси от нагретых шаровых тел).

В 1908 г. в России началось производство газовых двигателей на Коломенском, а затем на других заводах.

В 1892 г. Рудольф Дизель получил патент на двигатель внутреннего сгорания нового типа, рассчитанный на использование жидкого топлива (керосина). Двигатель работал на керосине, который впрыскивался в цилиндр при помощи сжатого в компрессоре воздуха. Изобретатель предложил нагревать воздух в цилиндре путём сжатия до температуры 400–500 °С, при которой распыленное впрыскиваемое топливо могло бы самовоспламениться и сгорать по мере поступления в цилиндр, причем по его замыслу двигатель должен был работать без охлаждения стенок цилиндра. Последующий опыт не подтвердил возможность создания в то время двигателя без охлаждения цилиндров, но идея самовоспламенения топлива оказалась перспективной.

В 1898 г. Г.В. Тринклер предложил заменить компрессорное распыливание топлива механическим. В течение 1899 г. двигатель Тринклера был построен и испытан на Путиловском заводе. Двигатель имел диаметр цилиндра 205 мм, ход поршня 350 мм, мощность 10 л.с. при частоте вращения вала 160 мин⁻¹. Такие двигатели называли бескомпрессорными, так как топливо подавалось в камеру сгорания в распыленном виде при помощи насоса высокого давления и форсунки. Двигатель данной конструкции приводил в действие генератор, который служил для освещения зимнего дворца в Санкт-Петербурге.

Двигатель с самовоспламенением смеси за счет сжатия, работающий на нефти, впервые был построен в 1899 г. на заводе Э. Нобеля в Петербурге.

В 1926 г. Созданы двигатели: «АМ» А.А. Микулина, «ВК» В.Я. Климова, «АШ» А. Д. Швецова.

В настоящее время в народном хозяйстве успешно используют газовые турбины, идея создания которых зародилась почти одновременно с первыми попытками создания поршневых двигателей внутреннего сгорания. Построена газовая турбина была только в 1897 г. По проекту русского инженера П. Д. Кузьминского. Газовые турбины широко используют в стационарных силовых установках, в авиации, на водном и железнодорожном транспорте. Созданы также экономичные газотурбинные двигатели для легковых и грузовых автомобилей.

В 60-е годы прошлого века настойчиво искали пути использования в качестве транспортного агрегата весьма компактного работоспособного роторно-поршневого ДВС или двигателя с вращающимся поршнем. Попытки создания простых по идее двигателей роторного типа предпринимались ещё в XIX веке, но успеха не имели из-за трудностей уплотнения зазоров между ротором и статором. Только в 1957 г. немецкому инженеру Ванкелю удалось создать работоспособный роторно-поршневой двигатель.

Профессор МВТУ В. И. Гриневецкий в 1906 г. создал методику теплового расчета двигателя, которая давала возможность определить основные размеры двигателя в соответствии с тепловыми процессами, протекающими в цилиндре. Дальнейшее уточнение и развитие методики теплового расчета провели Н. Р. Брилинг, Е.К.Мазинг, Б.С.Стечкин, А.С.Орлин.

Широкую известность получили комбинированные двигатели конструкции В.Я.Климова, В.А.Константинова, А.А.Микулина, А. Д. Чаромского, А. Д. Швецова, В.М.Яковлева.

Для дальнейшего повышения эффективности двигателей внутреннего сгорания в современной практике широко применяют комбинированные двигатели, в которых поршневой двигатель и газовая турбина работают на одном и том же рабочем теле, так как в газовой турбине продолжается расширение газов, вытекающих из поршневого двигателя, и энергия от них передается потребителю.

В сложившейся кризисной ситуации с моторными топливами усиленно осваивают транспортные варианты двигателей Стирлинга, работающих на любых топливах, так как камера сгорания их размещена вне цилиндров. В качестве топлива в ДВС используется водород. Созданы топливные элементы, в которых водород не сгорает, а при помощи химических реакций окисляется кислородом воздуха и на аноде и катоде

образуется напряжение, которое подается к электродвигателю вращающегося, например, колеса автомобиля.

В России известны следующие заводы по выпуску двигателей внутреннего сгорания:

1. Барнаул (Алтайский моторный завод «Алтайдизель» и Барнаултрансмаш выпускает двигатели для тракторов, комбайнов и военной техники);

2. Ярославль (Ярославский моторный завод «Автодизель» выпускает дизели мощностью 110-588 кВт для автомобилей, автобусов, тягачей, тракторов, комбайнов);

3. Заволжск (Заволжский моторный завод);

4. Набережные Челны (Камский моторный завод выпускает для автомобилей двигатели мощностью 170-260 кВт);

5. Тольятти (Волжский автомобильный завод, двигатели семейства ВАЗ);

6. Уфа (Уфимский моторный завод);

7. Челябинск (Челябинский тракторный завод выпускает двигатели для тракторов, тепловозов, автомобилей, судов);

8. Санкт-Петербург (завод «Звезда» выпускает двигатели для подводных лодок и судов);

9. Владимир (Владимирский тракторный завод выпускает двигатели с воздушным охлаждением для тракторов мощностью до 60 кВт);

10. Коломна (Коломенский завод выпускает дизели для тепловозов, судов и большегрузных автомобилей).

Современные двигатели становятся более интеллектуальными (умными). Рабочим процессом управляет мозговой центр – многофункциональные контроллеры. В системах управления применяется электроника, реализуется функция самодиагностики. Управление двигателем наделяется искусственным интеллектом, способным правильное (осмысленное) решение в различных ситуациях. Управление двигателем можно осуществить с монитора компьютера. Качество двигателя оценивается его надежностью, долговечность, минимальным удельным расходом топлива 160-170 г/(кВт.ч) и минимальной токсичностью отработавших газов (ЕВРО-5)

1.2. Классификация двигателей

Тепловые двигатели можно классифицировать по различным признакам.

1. По назначению двигателя делят на:

а) стационарные, применяемые на электростанциях, для привода насосных установок, на нефтяных и газоперекачивающих установках, в сельском хозяйстве;

б) транспортные, устанавливаемые на автомобилях, тракторах, самолётах, судах, локомотивных и других машинах и передвижных установках.

2. По роду используемого топлива различают двигатели, работающие на:

а) лёгком жидком топливе (бензине и керосине);

б) тяжёлом жидком топливе (мазуте, соляровом масле, дизельном топливе и газойле);

в) газовом топливе (генераторном, природном, промышленном);

г) смешанном топливе; основным топливом является газ, а для пуска двигателя используется жидкое топливо;

д) различных топливах (бензине, керосине, дизельном топливе) – многотопливные двигатели.

3. По способу преобразования тепловой энергии в механическую двигатели классифицируют на двигатели:

а) внутреннего сгорания – поршневые и роторно-поршневые, в которых процессы химического реагирования и превращения тепловой энергии в механическую работу происходят во внутрицилиндровом объёме (в надпоршневом пространстве);

б) с внешним подводом теплоты. Сюда относятся: газотурбинные двигатели, в которых процессы химического реагирования происходят в отдельном агрегате (камере сгорания), образующее при этом рабочее тело (продукты сгорания) поступает на лопатки колеса турбины, где совершает работу;

двигатели, где теплота к постоянно циркулирующему по замкнутому контуру рабочему телу подводится в теплообменнике, а тепловая энергия затем используется в расширительном цилиндре (паровые двигатели, работающие по циклу Рэнкина, и двигатели, работающие по циклу Стирлинга);

в) комбинированные, в которых сгорание топлива осуществляется в поршневом двигателе, являющемся генератором газа, механическая работа совершается в цилиндре поршневого двигателя и частично – на лопатках колеса газовой турбины (свободнпоршневые генераторы газов, турбопоршневые двигатели)

4. По способу смесеобразования поршневые двигатели внутреннего сгорания делят на двигатели:

а) с внешним смесеобразованием – горючая смесь образуется вне цилиндра (карбюраторные и газовые двигатели, а также двигатели с впрыском топлива во впускную трубу);

б) с внутренним смесеобразованием – при впуске в цилиндр поступает только воздух, а рабочая смесь образуется внутри цилиндра. По такому способу работают дизели, в которых топливо в камеру сгорания подаётся, когда поршень находится вблизи верхней мёртвой точки (в. м. т) в конце процесса сжатия; двигатели с искровым зажиганием и впрыском топлива в цилиндр и газовые двигатели с подачей жидкого топлива или газа в цилиндр в начале процесса сжатия;

в) с расслоением заряда, при котором в различных зонах камеры сгорания образуется рабочая смесь разного состава.

5. По способу воспламенения рабочей смеси различают двигатели:

а) с воспламенением рабочей смеси от электрической искры (с искровым зажиганием);

б) с воспламенением от сжатия (дизели);

в) с форкамерно-факельным зажиганием, в которых смесь воспламеняется искрой в специальной камере сгорания небольшого объёма, а дальнейший процесс сгорания происходит в основной камере;

г) с воспламенением газового топлива от небольшой порции дизельного топлива, воспламеняющегося от сжатия, - газожидкостный процесс.

6. По способу осуществления рабочего цикла поршневые двигатели разделяют на:

а) четырёхтактные без наддува (впуск воздуха из атмосферы) и с наддувом (впуск свежего заряда под давлением);

б) двухтактные без наддува и с наддувом.

Применяют наддув с приводом компрессора от газовой турбины, работавшей на отработавших газах (газотурбинный наддув); от компрессора, механически связанного с двигателем, и от компрессоров, один из которых приводится в действие газовой турбиной, а другой – двигателем.

7. По способу регулирования в связи с изменением нагрузки различают двигатели:

а) с качественным регулированием, в которых при постоянном количестве вводимого в цилиндр воздуха увеличивается или уменьшается количество подаваемого топлива и состав смеси изменяется;

б) с количественным регулированием, в которых состав смеси остаётся постоянным и меняется её количество;

в) со смешанным регулированием – изменяются количество и состав смеси.

8. По конструкции различают:

а) поршневые двигатели; они, свою очередь, делятся: по расположению цилиндров на вертикальные рядные, горизонтальные рядные, V-образные, звездообразные и с противолежащими цилиндрами;

по расположению поршней на однопоршневые (в каждом цилиндре имеются один поршень и одна рабочая полость), с противоположно движущимися поршнями (рабочая полость расположена между двумя поршнями, движущимися в одном цилиндре в противоположные стороны), двойного действия (по обе стороны поршня имеются рабочие полости);

б) роторно-поршневые двигатели:

ротор (поршень) совершает планетарное движение в корпусе; при движении ротора между ним и стенками корпуса образуются камеры переменного объема, в которых совершается цикл.

9. По способу охлаждения различают двигатели:

а) с жидкостным охлаждением;

б) с воздушным охлаждением.

На автомобилях применяют поршневые двигатели с воспламенением от искры (карбюраторные, газовые, с впрыском топлива) и с воспламенением от сжатия (дизели), а также роторно-поршневые двигатели. Для автомобилей малой грузоподъемности иногда используются электрические двигатели, работающие от аккумуляторных батарей.

На некоторых опытных автомобилях устанавливают двигатели газотурбинные, паровые, а также с внешним подводом теплоты, работающие по циклу Стирлинга.

1.3. История кафедры «Теплотехника и тепловые двигатели»

Сибирский автомобильно-дорожный институт создан 1 декабря 1930 года. В это время формировались кафедры, в том числе была создана кафедра «Автомобили и тракторы», где важное место занимали курсы «Двигатели внутреннего сгорания» и «Теплотехника». Заведующим кафедрой был назначен Г. И. Эйдельсон. В 1955 году кафедра разделилась на «Автомобили и двигатели» и кафедру «Ремонт и эксплуатация автомобилей». Кафедрой «Автомобили и двигатели» руководил Г. И. Эйдельсон.

В 1962 году кафедра «Автомобили и двигатели» была разделена на кафедру «Автомобили», которой руководил М.А. Петров и кафедру «Двигатели» во главе с кандидатом технических наук Александром Константиновичем Гавриловым.

А.К.Гаврилов выпускник СибАДИ 1951 г. , участник Великой Отечественной войны. Он руководил кафедрой до 1979 года.

За это время укрепилась материальная база для проведения научно-исследовательских работ. Кафедра имела 6 моторных боксов, класс двигателей внутреннего сгорания, научную лабораторию системы охлаждения двигателей, лабораторию токсичности двигателей внутреннего сгорания. На стендах было установлено 32 двигателя различных модификаций, в том числе моторные установки для определения октановых и цетановых чисел моторных топлив. Октановое число определяет детонационную (взрывную) стойкость бензина, а цетановое число – способность дизельного топлива самовоспламенятся.

Научная работа кафедры проводилась по следующим направлениям:

Повышение эффективности охлаждения автотракторных двигателей - научный руководитель А.К. Гаврилов. Использование сжиженного газа в дизельных двигателя – ответственный исполнитель П.Л. Шевченко.

Исследования проводились и первыми аспирантами кафедры среди них П.Л. Шевченко, Ю.И. Сердюк, П.И. Домань, Ю.А. Зензин, Ю.В. Костромин, А. Плотников, И.Н. Минаков, В.Р. Ведрученко.

В.Р. Ведрученко защитил кандидатскую и докторскую диссертации и работает в качестве профессора в Омском государственном университете путей сообщения (ОмГУПС).

В 1979 году зав. кафедрой был избран Домань Петр Ильич, который руководил кафедрой до 1987 г. Домань П.И. выпускник СибАДИ 1959 г. После окончания вуза он работал на производстве, а в 1961 году вернулся на работу в СибАДИ. В 1963 году он поступает в аспирантуру, которую успешно закончил и защитил кандидатскую диссертацию.

С сентября 1999 г. до 2000 г. кафедрой заведовал Корнеев Сергей Васильевич. Он закончил СибАДИ в 1973 году по специальности «Дорожные машины».

В 2001 году заведующим кафедрой избирается по конкурсу д.т.н. Ненишев Анатолий Степанович.

С приходом Ненишева А.С. отремонтирована большая часть лабораторий кафедры, приобретено новое современное оборудование для лабораторий: «Эксплуатационные материалы», «Теплотехника», «Двигатели внутреннего сгорания», оживилась работа аспирантуры. За период 2001-2004 гг. защитили кандидатские диссертации А.С.Филатов, М.И.Ткаченко, А.Л.Иванов, докторскую диссертацию защитил С.В.Корнеев.

В феврале 2001 года название кафедры «Двигатели» было переименовано на название «Теплотехника и тепловые двигатели», а в 2003 году СибАДИ получает лицензию на ведение образовательной деятельности по подготовке дипломированных специалистов по

специальности 140501 – «Двигатели внутреннего сгорания» направлению 140501 – «Энергомашиностроение». В этом же году по этой специальности был сделан первый набор студентов на первый курс в количестве 20 человек на специализацию 140507 – эксплуатация и сервисное обслуживание двигателей внутреннего сгорания. В 2008 году 16 студентов защитили дипломные проекты и стали первыми выпускниками по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». Специальность 140501 – Двигатели внутреннего сгорания согласно Государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования по направлению подготовки дипломированных специалистов направления 140501 – энергомашиностроение имеет различные специализации, из которых важными для кафедры являются:

- Автомобильные и тракторные двигатели;
- Эксплуатация и сервисное обслуживание двигателей.

В настоящее время штат ППС составляет 13 человек, в том числе:

- Ненишев Анатолий Степанович – заведующий кафедрой, д-р техн. наук, профессор;

- Холмянский Игорь Антонович – профессор, д-р техн. наук;

- Шевченко Петр Лукич – профессор, канд. техн. наук;

- Домань Петр Ильич – доцент, канд. техн. наук;

- Макушев Юрий Петрович - доцент, канд. техн. наук;

- Иванов Александр Леонидович - доцент, канд. техн. наук;

- Коваленко Сергей Владимирович – ст. преподаватель, канд. техн. наук;

- Колунин Александр Витальевич – ст. преподаватель, канд. техн. наук;

- Ширлин Иван Иванович – ст. преподаватель, канд. техн. наук;

- Дорошенко Николай Владимирович – ст. преподаватель, канд. техн. наук.

- Каня Валерий Анатольевич – ст. преподаватель;

- Максимов Владимир Викторович - ст. преподаватель;

- Подгурский Виталий Иванович – ст. преподаватель;

- Штат УВП – пять человек:

- Кривко Владимир Александрович – зав. лабораториями;

- Усс Галина Евгеньевна – ст. лаборант, работает в СибАДИ с 1968 г.

- Мясникова Светлана Николаевна – учебный мастер;

- Худяков Дмитрий Владимирович – учебный мастер;

- Девяткин Алексей Александрович – учебный мастер.

1.4. Научные направления кафедры

Наряду с образовательным процессом кафедра ведет и научную деятельность по следующим направлениям:

- повышение энергетической эффективности и эксплуатационных показателей тепловых двигателей и энергетических установок. Энергосберегающие технологии. Руководитель направления д-р техн. наук, профессор Ненишев А.С.;

- совершенствование систем технического обслуживания дорожных, строительных и подъемно-транспортных машин. Руководитель направления д-р техн. наук, профессор Корнеев С.В.;

- совершенствование рабочих процессов поршневых двигателей внутреннего сгорания, применение в ДВС калильных тел для возможности работы на топливах с низким цетановым числом. Руководитель направления канд. техн. наук, профессор Шевченко П.Л.;

- разработка и совершенствование топливной аппаратуры современных дизелей, совершенствование агрегатов наддува с целью повышения мощности, снижения удельного расхода топлива и токсичности отработавших газов, использование ЭВМ в расчетах процесса сгорания топлива в ДВС, наддува воздуха, совместной работы двигателя и турбокомпрессора. Научный руководитель канд. техн. наук, доцент Макушев Ю.П.

По материалам проведенных научных исследований коллективом кафедры ежегодно в среднем публикуется 20-25 научных статей и докладов на научно-технических конференциях. Часть из них – в центральной печати. Одновременно с этим кафедра представляет оригинальные проекты и экспонаты на выставки достижений науки и техники различных уровней. Так за разработку и изготовление ленточных электрических подогревателей моторного масла, топлива и тосола, представленных на выставку «Автосалон», г. Тюмень, 2001 г. (авторы д.т.н. А.С. Ненишев, к.т.н. В.В.Робустов), СибАДИ награжден медалью выставки. В 2002 г. за проект «Передвижная мини-ТЭЦ» (авторы д.т.н. А.С. Ненишев и к.т.н. Макушев Ю.П.), представленной на IV Всероссийскую выставку «Энергосбережение в регионах России».

К научной работе на кафедре привлекаются и студенты. Со своими докладами и разработками они выступают на ежегодных научно-технических конференциях СибАДИ, а также в различных конкурсах студенческих научных работ. В связи с открытием новой специальности 140501 – «Двигатели внутреннего сгорания» на кафедре активно ведется работа по разработке методических указаний к лабораторным и курсовым работам, дипломному проектированию, а также учебных пособий. При этом внимание уделяется разработкам для получения грифа УМО или Министерства образования России.

Макушев Ю.П. Системы питания быстроходных дизелей: Учебное пособие. – Омск: Изд. СибАДИ, 2004, 179 с. Рекомендовано УМО по образованию в области энергетики и электротехники в качестве учебного

пособия для студентов высших заведений, обучающихся по направлению 140500 «Энергомашиностроение» специальности 140501 «Двигатели внутреннего сгорания».

Шевченко П. Л. Тепловые расчеты автомобильных двигателей: Учебное пособие.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2007.–187 с. (Гриф Министерства образования России).

Каня В.А. Автомобильные эксплуатационные материалы (курс лекций) Омск: Изд-во СибАДИ, 2006.–192 с. (Гриф УМО).

Для студентов, желающих заняться научной работой, можно выделить следующие направления:

- применение ЭВМ в расчетах систем ДВС (тепловой, динамический, прочностной расчеты, расчет систем воздухообеспечения, питания, смазки, охлаждения);

- устройство, регулирование, исследование, совершенствование топливной аппаратуры бензиновых и дизельных двигателей;

- использование новых видов топлива (газа, водорода, рапсового масла) в ДВС;

- особенности рабочего процесса дизеля при работе на низкоцетановых топливах (бензинах);

- улучшение пусковых качеств дизеля при работе в зоне низких температур;

- улучшение процесса сгорания топлива, снижение токсичности отработавших газов;

- применение электрических, электронных и микропроцессорных систем при управлении двигателем;

- снижение удельного расхода топлива в двигателях.

Практическая работа 2. УЧЕБНЫЙ ПЛАН ДВС

Цель работы: изучение содержания учебного плана подготовки инженеров по специальности «Двигатели внутреннего сгорания».

При выполнении работы используются материалы Образовательного стандарта специальности 140501 «Двигатели внутреннего сгорания», учебная литература.

Порядок выполнения работы.

Изучить квалификационные требования к инженеру по специальности 140501 «Двигатели внутреннего сгорания», график учебного процесса, учебный план.

Содержание работы.

Работа заключается в изучении и анализе квалификационных требований к инженеру по специальности 140501 «Двигатели внутреннего сгорания», графика учебного процесса, учебного плана. В процессе работы изучается и определяется следующее

Инженер подготовлен для проектно-конструкторской, исследовательской, производственно-технической, сервисной, организационно-управленческой деятельности в области двигателестроения и эксплуатации двигателей внутреннего сгорания в соответствии с полученной специализацией.

Он может работать в научных, конструкторских и проектных организациях, на промышленных предприятиях в первичных должностях, предусмотренных для замещения специалистами с высшим образованием типовыми номенклатурами должностей.

Сферы деятельности, места работы:

- заводы по выпуску двигателей, узлов и эксплуатационных материалов;
- заводы по выпуску автомобилей, тракторов, тепловозов, речных и морских судов;
- ремонтные заводы, СТО, автомобильные центры;
- научно-исследовательские институты, учебные заведения, конструкторские бюро;
- предприятия по обслуживанию нефтяных и газодобывающих комплексов;
- военная промышленность.

Дисциплины, изучаемые за период обучения, (составлено по учебному плану, для дисциплин, изучаемых на 1 и 2 курсах, указаны формы проверки знаний) представлены ниже.

Главная задача студента учиться, ходить на все занятия и работать, аккуратно вести конспекты лекций, выполнять и защищать своевременно практические и лабораторные работы, рефераты, курсовые работы. До

начала сессии студент обязан получить все зачеты по читаемым дисциплинам.

2.1. Цикл общих гуманитарных и социально – экономических дисциплин (ГСЭ)

Иностранный язык (1,2,3 зачет).
Физическая культура (2,4,6 зачет).
Отечественная история (1, экзамен).
Правоведение.
Социология.
Философия (3, экзамен).
Экономика.
Культурология (2, зачет).
Политология.
Психология и педагогика.
История двигателестроения и введение в специальность (1 зачет).
Транспортное право.

2.2. Цикл математических и общих естественно-научных дисциплин (ЕН)

Математика (1,2,3,4 экзамен).
Информатика (2 экзамен, 3 зачет).
Общая физика (1 зачет, 2 и 3 экзамен).
Термодинамика и тепломассообмен (4 экзамен).
Химия (1 экзамен).
Экология.
Теоретическая механика (2 зачет, 3 экзамен).

2.3. Цикл общепрофессиональных дисциплин направления (ОПД)

Начертательная геометрия, инженерная графика (1 экзамен, 2 зачет).
Материаловедение и технология конструкционных материалов (2 зачет, 3 экзамен).
Механика материалов и конструкции (3 зачет, 4 экзамен).
Детали машин и основы конструирования.
Метрология, стандартизация и сертификация.
Электротехника и электроника.
Безопасность жизнедеятельности.
Механика жидкости и газа.
Энергетические машины и установки.

Экономика и управление предприятием.
Машинная графика (4 зачет).
Взаимозаменяемость и технические измерения.

2.4. Цикл специальных дисциплин (СД)

Теория рабочих процессов и моделирование процессов в ДВС.

Конструирование ДВС.

Основы научных исследований и испытаний ДВС.

Автоматическое регулирование и управление ДВС.

Химмотология.

Динамика двигателей.

Системы двигателей.

Агрегаты наддува двигателей.

Автотракторные установки с ДВС.

Основы экологии ДВС.

Основы системы автоматического проектирования (САПР) в
двигателестроении.

Эксплуатация и ремонт ДВС.

Техническая диагностика.

Техническое обслуживание ДВС.

Технология производства ДВС.

Электрооборудование ДВС.

Учебно-ознакомительная практика (2, экзамен),

Учебная практика (4, экзамен).

Содержание отчета и контрольные вопросы.

Квалификационные требования к специалисту, сферы деятельности, анализ графика учебного процесса студентов 1 и 2 курсов (количество учебных недель в сессию, с указанием вида контроля знаний, расчетных заданий), определить среднюю недельную загрузку аудиторными занятиями и самостоятельной работой.

Практическая работа 3. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: формирование практических навыков расчета показателей технического уровня двигателей.

При выполнении работы используются методические указания, справочная и учебная литература.

Порядок выполнения работы.

Изучить основные понятия и определения показателей рабочего процесса и технического уровня двигателей, рассчитать показатели технического уровня заданных двигателей.

Мощность- это работа, выполняемая за единицу времени

$$N = \frac{A}{\tau}, \text{ Вт.} \quad (3.1)$$

При поступательном движении поршня работа равна произведению силы F на перемещение ΔL

$$A = F \cdot \Delta L, \text{ Н} \cdot \text{ м} \quad (3.2)$$

Давление представляет собой нормальную силу F , действующую на единицу площади S .

$$P = \frac{F}{S}, \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} (\text{Па}). \quad (3.3)$$

Сила, действующая на поршень, определяется по формуле:

$$F = P \cdot S,$$

а механическая работа из выражения:

$$A = P \cdot S \cdot \Delta L = P \cdot \Delta V = P \cdot Vh, \quad (3.4)$$

где Vh - рабочий объём цилиндра.

Для поршневых двигателей внутреннего сгорания

$$A = P \cdot iVh, \quad (3.5)$$

где i - число цилиндров.

Угол поворота коленчатого вала и время определяются выражением:

$$\varphi = 6n\tau, \quad (3.6)$$

где n - частота вращения, мин^{-1} .

Время одного цикла 4-х тактного двигателя $\tau = \frac{\varphi}{6n} = \frac{720^\circ}{6n} = \frac{120}{n}$.

Эффективную мощность двигателя можно определить по формуле:

$$N_e = \frac{P_e \cdot iVh \cdot n}{120} = \frac{P_e \cdot iVh \cdot n}{30m}, \quad (3.7)$$

где m - тактность двигателя (для четырёхтактного 4, двухтактного 2).

Из анализа формулы 3.7 следует, что при постоянном рабочем объёме iVh величину N_e можно увеличить, повышая n и P_e . Величина P_e

представляет собой среднее эффективное давление, которое за один такт (ход поршня) совершает работу, равную работе, выполняемой переменным давлением в цилиндре за цикл.

Номинальная мощность – эффективная мощность дизеля при номинальной частоте вращения, положении органов управления регулятора частоты вращения, соответствующем полной подачи топлива, стандартным атмосферным условиям, температуре и плотности топлива. Дизель не оборудуется вентилятором, воздухоочистителем, глушителями шума и выпуска, искрогасителем, выпускной трубой.

Мощность нетто – мощность, развиваемая дизелем при номинальной частоте вращения, но при комплектации дизеля всем необходимым для нормальной работы оборудованием (генератором, вентилятором, радиатором системы охлаждения и смазки, воздухоочистителем, глушителем шума, нейтрализатором отработавших газов).

Давление – это физическая величина, характеризующая интенсивность сил, действующих на поверхность тела. Давление (Н/м^2 , Па) определяется отношением нормальной силы к единице площади:

1 техническая атмосфера = $1 \text{ кгс/см}^2 = 0,98 \cdot 10^5 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа} = 736 \text{ мм рт.ст.} = 10 \text{ м водяного столба}$. На рис. 3.1 показаны виды давлений.

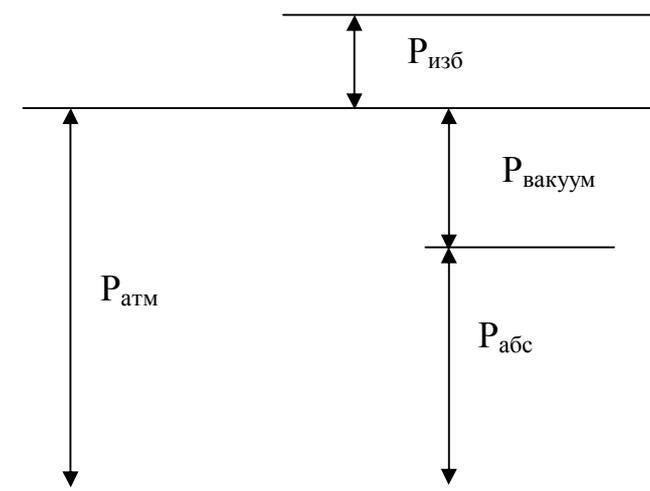


Рис. 3.1. Виды давлений

Давление может быть атмосферным, избыточным, абсолютным, вакуумметрическим. Недостаток давления до атмосферного называют вакуумметрическим. Давление больше атмосферного является избыточным. В цилиндрах ДВС работу совершает избыточное давление, воздействуя на площадь поршня.

Мертвые точки. При перемещении поршня в цилиндре различают два крайних его положения: наиболее удаленное от оси коленчатого вала (рис. 3.2) – **верхняя мертвая точка (ВМТ)**, и минимально удаленное от оси коленчатого вала – **нижняя мертвая точка (НМТ)**. В мертвых точках

поршень некоторое время не движется, хотя коленчатый вал продолжает вращение.

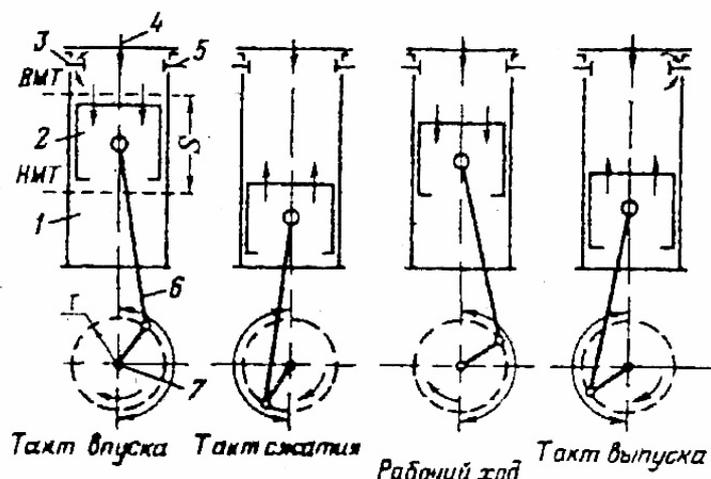


Рис. 3.2. Рабочий цикл четырехтактного ДВС: 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3,5 – впускной и выпускной клапаны; 4 – свеча или форсунка; 6 – шатун; 7 – коленчатый вал

Ход поршня (S) – перемещение поршня от ВМТ до НМТ или обратно. Для нормального кривошипно-шатунного механизма ход поршня соответствует половине оборота коленчатого вала и равен двум радиусам кривошипа ($S = 2r$). $S/D < 1$ - двигатель называют *коротко-ходным*, $S/D = 1$ – *квадратным*; $S/D > 1$ – *длинноходным*.

Средняя скорость поршня $C_m = S n / 30$, м/с, где S , м; n , мин^{-1} .

Рабочий цикл – совокупность последовательных тактов (впуск, сжатие, рабочий ход, выпуск), периодически повторяющихся в каждом рабочем цилиндре и обуславливающих работу двигателя. Цикл в термодинамике (греч. круг) – круговой процесс. Цикл в технике – совокупность периодически повторяющихся процессов, при которых система вновь приходит в исходное состояние.

Такт – рабочие процессы, совершаемые в течение одного рабочего хода (часть рабочего цикла).

Рабочий объем – объем, описываемый поршнем за ход при его перемещении от ВМТ до НМТ, $V_h = (\pi D^2 / 4) S$, л; (D – диаметр цилиндра, дм; S – ход поршня, дм).

Объем камеры сжатия (сгорания) V_c – объем внутренней полости цилиндра при положении поршня в ВМТ, л.

Полный объем $V_a = V_h + V_c$ – объем внутренней полости цилиндра при положении поршня в НМТ, л.

Литраж двигателя – сумма рабочих объемов всех цилиндров, $V_l = V_h i$, л (i – число цилиндров).

Степень сжатия – отношение полного объема цилиндра к объему камеры сжатия, $\varepsilon = V_d/V_c$. Степень сжатия у современных карбюраторных (бензиновых) и газовых двигателей лежит в пределах $\varepsilon = 6 - 13$, у дизелей $\varepsilon = 13-22$. От численных значений степени сжатия зависит мощность и экономичность двигателя. При повышении степени сжатия увеличивается индикаторный коэффициент полезного действия, но увеличиваются механические потери.

Действительная степень сжатия ε' – отношение объема полости цилиндра в момент закрытия органов газораспределения, закрывающихся последними, к объему камеры сжатия $\varepsilon' = [V_c + (1-\psi)V_h]/V_c$, ψ – потерянная доля хода.

Коэффициент наполнения – отношение количества действительно поступившего заряда в цилиндр G_d к теоретически возможному при температуре T_k и давлении P_k с плотностью ρ_k $\eta_v = G_d/(\rho_k V_h)$.

Коэффициент избытка воздуха характеризует состав горючей смеси - отношение действительного количества воздуха, поступившего в цилиндр, к теоретически необходимому для полного сгорания $\alpha = D_d/G_{стех} = G_d/(G_{mlo})$, l_o – теоретически необходимое количество воздуха для сжигания 1 кг топлива $l_o = 14,96$ кг воз./кг топ. – бензин, $l_o = 14,45$ кг

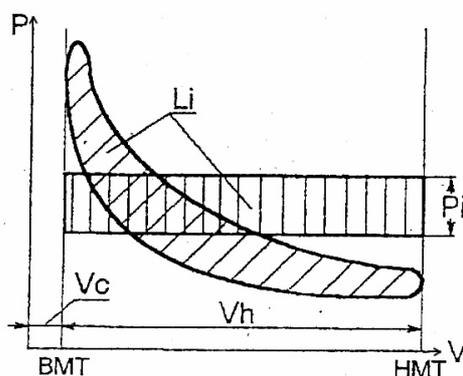


Рис. 3.3. Индикаторная работа цикла L_i и среднее индикаторное давление P_i

воз./кг топ. – дизельное топливо, G_m – часовой расход топлива, кг/ч.

Индикаторные показатели характеризуют показатели цикла. Индикатор (лат. указываю, определяю) – устройство отражающее ход процессов.

Индикаторная диаграмма - графическая зависимость давления в цилиндре от изменения объема цилиндра, хода поршня или угла поворота коленчатого вала. Индикаторная диаграмма в ДВС записывается на бумаге при помощи мембранных датчиков давления (тензо или пьезо) с использованием усилителей и осциллографов.

Индикаторная работа цикла Li – площадь (в масштабе), ограниченная индикаторной диаграммой, Дж.

Среднее индикаторное давление – условное постоянное давление p_i , совершающее в течение одного рабочего хода поршня такую же работу, что и переменное давление газов за цикл Li (высота прямоугольника с основанием равным V_h и площадью равной площади индикаторной диаграммы). $p_i = Li / V_h$, МПа.

Индикаторная мощность $N_i = I V_h p_i n / (30 \tau)$, кВт; где V_h , л; p_i , МПа; τ – тактность (4 – четырехтактный, 2 – двухтактный ДВС); n , мин⁻¹. **Мощность** – это работа, выполняемая за единицу времени.

Эффективные показатели.

Эффективная мощность N_e – мощность, снимаемая с вала двигателя, кВт. $N_e = M_e n / 9550$, кВт, M_e – крутящий момент, Нм.

Мощность механических потерь $N_m = N_i - N_e$, кВт.

Среднее эффективное давление $p_e = N_e 30 \tau / (i V_h n)$, МПа, где V_h , л; p_i , МПа; τ – тактность; n , мин⁻¹.

Удельный эффективный расход топлива $g_e = 1000 G_m / N_e$, г/(кВт Ч), где G_m – часовой расход топлива, кг/ч; N_e , кВт.

Литровая мощность – мощность, приходящаяся на 1 л рабочего объема двигателя (литража), $N_l = N_e / V_l$ кВт/л.

Поршневая мощность – удельная нагрузка на поршень,

$$N_p = N_e / (i F_p), \text{ кВт/м}^2, F_p = \pi D^2 / 4, \text{ м}^2.$$

Удельная масса – масса двигателя, приходящаяся на единицу эффективной мощности, $g_N = M_{дв} / N_e$, кг/кВт.

Литровая масса – масса двигателя, отнесенная к литражу, $g_l = M_{дв} / V_l$, кг/л.

Удельная мощность – мощность, отнесенная к 1 т массы транспортного средства $M_{тр}$, $N_g = N_e / M_{тр}$, кВт/т, где $M_{тр}$, т.

Таблица 3.1

Технические показатели двигателей

Модель	различных заводов				ЯМЗ		КамАЗ	
	ЗМЗ-406	Д-240	Д21А	ВАЗ-2110	236	238	740	741
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Число и распол. цилиндров	4Р 0°	4Р 0°	2Р 0°	4Р 0°	6V 90°	8V 90°	8V 90°	8V 90°
Диаметр цилиндра, мм	92	105	105	82	130	130	120	120
Ход поршня, мм	86	120	120	71	140	140	120	120
Мощность, кВт	100	60	18,4	54	132	176	154	190

Продолжение таблицы 3.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Частота вращения к. вала, мин ⁻¹	5200	1800	1800	5600	2100	2100	2600	2200
Часовой расход топлива, кг/ч	10	12,8	4,4	7,5	30,5	39,4	33,6	40
Масса двигателя, кг	200	400	280	130	843	1010	770	800

Маркировка. Поршневым двигателям, включая и двигатели автотракторного типа, согласно ГОСТу присваивают маркировку из букв и цифр, например: 8ЧР30/38, 6ДК30/40 или 9ДКР45/60-2; 447,9/6,6 (ВАЗ-2105). где буквы обозначают: Ч – четырехтактный, Д – двухтактный, ДД – двухтактный двойного действия, Р – реверсивный (направление вращения изменяется специальным реверсивным устройством); С – судовой с реверсивной муфтой, П – с редукторной передачей, К – крейцкопфный, Н – с наддувом. Первая цифра обозначит число цилиндров; цифра над чертой – диаметр цилиндра в сантиметрах, а число под чертой – ход поршня в сантиметрах; последняя цифра в маркировке характеризует модернизацию двигателя.

В таблице 3.2 приведены характеристики отечественных и зарубежных двигателей.

Таблица 3.2

Характеристики отечественных и зарубежных двигателей

Страна, фирма, модель двигателя	Расположение и число цилиндров	Литраж двигателя, л	Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	Мощность, квт. /частота вращения, мин ⁻¹	Максимальный крутящий момент, частота вращения, Нм/мин ⁻¹	Минимальный удельный расход топлива, г/(квт.*ч)	Литровая мощность, квт./л
1	2	3	4	5	6	7	8
Россия, ОАО «Барнаултрансмаш» 4ТД1,6	Р4	1,8	82* 84	90/ 4000	257/ 1800	210	50
Россия ОАО «ЗМЗ» 43.51430	Р4	2,23	87/ 94	100/ 4200	284/ 2500	198	44.8
Россия, ОАО «Автодизель», ЯМЗ 534	4Р	3,94	102* 122	125/ 2300	650/ 1400	193	31.7

Продолжение таблицы 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Россия, ОАО «Автодизель», ЯМЗ 536	V6	5,99	102/ 122	176/ 2300	1020/ 1400	193	29.4
Россия, ОАО «КамАЗ»	V6	9,5	120/ 140	257/ 2000	1500/ 1100	197	27
Россия, ОАО «КамАЗ», ОАО «Автодизель»,	V8	11,9	130* 150	367/ 1900	2200/ 1000	194	30.8
Россия, ОАО «Автодизель», ЯМЗ 260	V8	11,1	130* 140	286/ 1900	1760/ 1100	194	25.7
Россия, ОАО «Автодизель», ЯМЗ 751	V8	14,3	130* 140	386/ 1900	2370/ 1100	194	27
Россия, ОАО «КамАЗ» 340.8-450	V8	12,3	120/ 136	330/ 1800	1750/ 1100	197	26.8
Россия, ОАО «ТМЗ»	V8	17,2	140* 140	368/ 2100	1960/ 1400	197	21.4
Россия, ОАО «Автодизель», ЯМЗ 401	V12	25,8	140* 140	478 2100	2450/ 1300	206	25,1
Германия, Mercedes-Benz	P4	2,18	88* 88,3	105 1800	315/ 1800	200	48
Франция, Renault, DC-14	P4	4,12	102* 126	138 2400	560/ 1800	182	33.4
Швеция, Scania, DC-9	P6	8,97	115* 144	220 2000	1400/ 1100	198	24.5

Задание. Записать маркировку двигателей по ГОСТ. Рассчитать согласно задания следующие параметры для двигателей, приведенных в табл. 3.1. , 3.2, а именно:

Среднюю скорость поршня.

Рабочий объем и литраж двигателя.

Среднее эффективное давление.

Удельный эффективный расход топлива.

Литровую и поршневую мощность.

Удельную и литровую массу.

Содержание отчета и контрольные вопросы. Сформулировать основные термины и определения, привести расчет показателей технического уровня заданного двигателя.

Практическая работа 4. РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС 4Х И 2Х ТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: изучение рабочего процесса 4х и 2х тактного двигателя, схем продувок.

При выполнении работы используются методическая литература, наглядные пособия, учебная литература.

Порядок выполнения работы.

Изучить рабочий процесс 4х и 2х тактного двигателя, схемы продувки 2х тактных двигателей, сравнить параметры 4 и 2х тактного двигателя.

Содержание работы.

Рабочий процесс как 4х тактных, так и 2х тактных двигателей состоит из четырех элементов – газообмена, сжатия, сгорания и расширения. Все эти элементы рабочего процесса в четырехтактных двигателях осуществляются за четыре хода поршня (два оборота коленчатого вала).

При открытом всасывающем клапане и движении поршня от ВМТ к НМТ (рис. 4.1 а, линия $r - a$) цилиндр двигателя наполняется свежей топливно-воздушной смесью (двигатели с внешним смесеобразованием) или воздухом; этот первый ход поршня называется тактом впуска (наполнения). Всасывающий клапан закрывается с запаздыванием, после того как поршень пройдет НМТ и начнет движение к ВМТ. При движении поршня от НМТ к ВМТ (рис. 4.1 б, линия $a - m - c$) осуществляются конец наполнения и сжатие при закрытых клапанах топливно-воздушной смеси до температуры T_c , меньшей температуры воспламенения топлива T_{cm} , (бензиновые и газовые двигатели) или воздуха до температуры T_c , большей температуры самовоспламенения топлива T_{cm} (дизели). Второй ход поршня называется *тактом сжатия*.

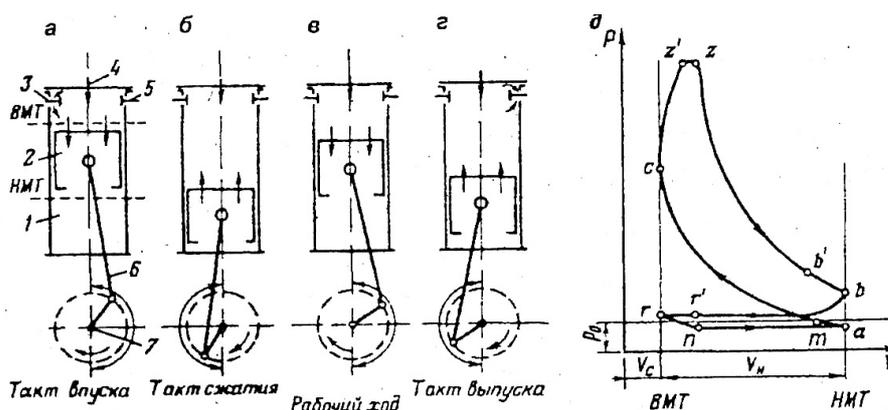


Рис. 4.1. Схемы (а – г) и рабочий процесс (д) четырехтактного ДВС: 1 – цилиндр; 2 – поршень; 3, 5 – впускной и выпускной клапаны; 4 – свеча или форсунка; 6 – шатун; 7 – коленчатый вал.

В конце сжатия происходит воспламенение топливно-воздушной смеси от электрической искры (бензиновые, газовые двигатели) или самовоспламенение впрыснутого в цилиндр дизельного топлива (дизели). Далее поршень перемещается от ВМТ к НМТ при закрытых клапанах, осуществляются процессы сгорания $c - z' - z$, расширения $z - b$ и при открытом выхлопном клапане – выхлоп $b' - b$ (рисунок 4.1, в). Третий ход поршня называется *рабочим*.

Затем поршень двигается от НМТ к ВМТ при открытом выхлопном клапане, выталкиваются продукты сгорания (рисунок 4.1, г, линия $b - r$). Четвертый ход поршня называется тактом выпуска (выталкивания). В конце четвертого хода при открытом выхлопном клапане (он закрывается с запаздыванием после прохождения поршнем ВМТ) с опережением, т.е. до прихода поршня в ВМТ, открывается всасывающий клапан. Таким образом, около ВМТ какой-то период времени открыты одновременно всасывающие и выхлопные клапаны (перекрытие клапанов $r' - r - n$); в это время осуществляются продувка камеры сгорания цилиндра, ее интенсивная очистка от отработавших газов.

Рабочий цикл двухтактного карбюраторного двигателя показан на рис. 4.2. В двухтактном двигателе с кривошипно-камерной продувкой отсутствуют клапаны. Впуск горючей смеси и выпуск отработавших газов у двигателя осуществляется через окна в цилиндре, которые своевременно открываются и закрываются движущимся поршнем.

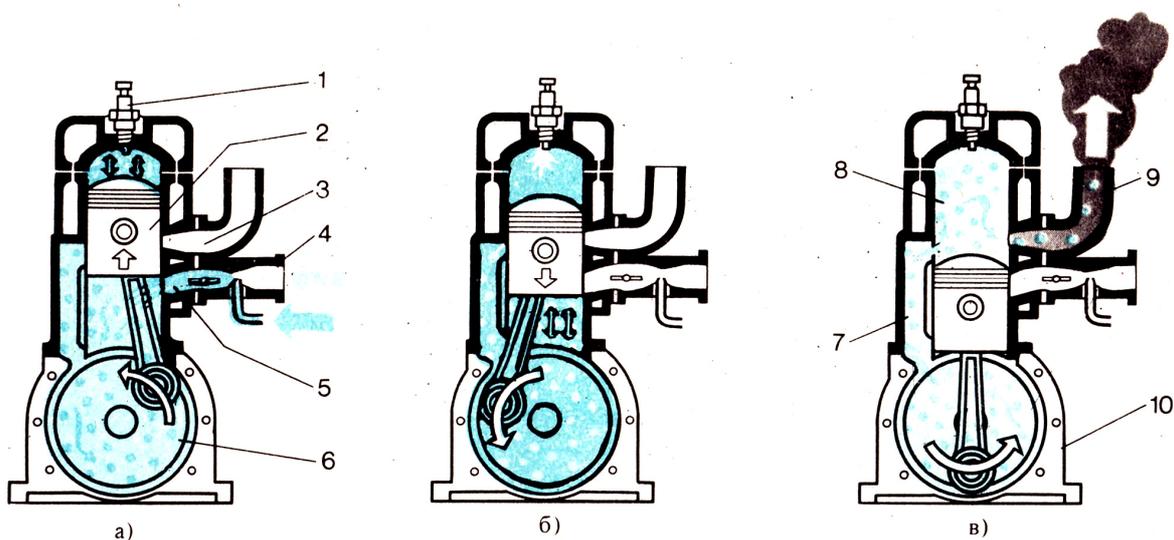


Рис. 4.2. Схема работы двухтактного двигателя: а) первый такт; б) конец первого и начало второго такта; в) конец второго такта

1-свеча зажигания;

2-поршень;

3-выпускное окно цилиндра;

4-карбюратор;

5-впускное окно цилиндра;

6-кривошипная камера;

7-продувочный канал;

8-цилиндр;

9-выхлопная труба;

10-картер

При движении вверх поршень 2 (рис. 4.2, а) перекрывает выпускные окна 3 в цилиндре, в результате чего над поршнем происходит сжатие рабочей смеси. Одновременно под поршнем создается разрежение, и из карбюратора 4 через впускные окна 5 цилиндра горючая смесь засасывается в кривошипную камеру 6.

При подходе поршня к верхней мертвой точке в свече зажигания 1 (рис. 4.2, б) образуется электрическая искра, и рабочая смесь в цилиндре воспламеняется. На этом заканчивается первый такт.

Под давлением образовавшихся от сгорания рабочей смеси газов поршень перемещается вниз, совершая рабочий ход, который происходит до тех пор, пока откроются выпускные окна, и начнется выпуск отработавших газов через выпускную трубу наружу. При движении поршня вниз горючая смесь в кривошипной камере сжимается. В конце второго такта поршень открывает окно продувочного канала 7, и горючая смесь нагнетается из кривошипной камеры в цилиндр, вытесняя из него отработавшие газы (рис. 4.2, в). Происходит продувка и одновременно наполнение цилиндра свежей горючей смесью. При этом горючая смесь частично выходит вместе с отработавшими газами. Таким образом, за два хода поршня (два такта) совершается полный рабочий цикл.

Двигатели с описанным рабочим процессом называют двигателями с кривошипно-камерной продувкой. Эти двигатели по конструкции и в эксплуатации проще, чем четырехтактные. Их работа протекает более равномерно потому, что рабочий ход происходит при каждом обороте коленчатого вала. Однако двухтактные двигатели менее экономичны, чем четырехтактные. При продувке через выпускные окна теряется 30% горючей смеси. Поэтому двухтактные карбюраторные двигатели используют при кратковременной работе для запуска дизельного двигателя трактора.

В двухтактном двигателе с кривошипно-камерной продувкой роль продувочного (насоса) агрегата выполняет кривошипная камера.

Диаграммы рабочего процесса четырехтактного и двухтактного двигателей отличаются только процессом газообмена, который осуществляется на небольших участках хода поршня, соответствующих основным тактам расширения и сжатия. В двухтактном двигателе цикл совершается за один оборот коленчатого вала.

Для повышения экономичности двухтактных двигателей применяют различные схемы продувки (газообмена).

Петлевая схема газообмена (рис. 4.3, а) значительно упрощает конструкцию двигателя, но при этом ухудшается качество газообмена, и возникают потери воздуха или смеси при наполнении. Петлевая схема газообмена отличается большим разнообразием конструктивного выполнения и широко применяется в двигателях различного назначения (от маломощных для мопедов и до крупных мощностью в несколько десятков тысяч киловатт для судов).

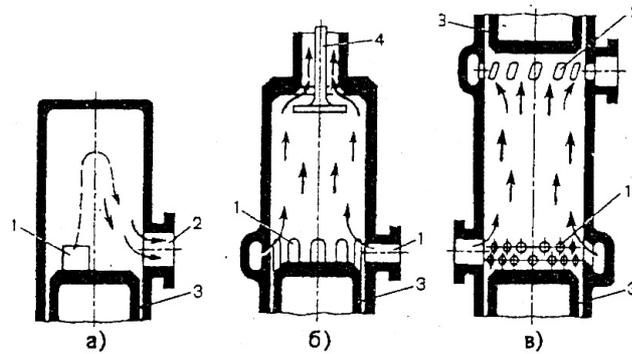


Рис. 4.3. Схемы газообмена двухтактных двигателей: а – петлевая; б – прямоточная клапанно-щелевая; в – прямоточная с противоположно движущимися поршнями; 1 – впускное окно; 2 – выпускное окно; 3 – поршень; 4 – выпускной клапан

Клапанно-щелевая продувка обеспечивает хорошее качество газообмена (рис. 4.3, б).

Прямоточная схема газообмена с противоположно движущимися поршнями (рис. 4.3, в), в которой один поршень управляет впускными окнами, а другой – выпускными, обеспечивает высокое качество газообмена.

Преимущество двухтактных двигателей с кривошипно-камерной схемой газообмена – простота устройства. Однако при данном способе газообмена очистка цилиндра и наполнение его свежим зарядом по сравнению с другими способами происходят значительно хуже, в результате чего уменьшается мощность и ухудшается экономичность двигателя.

Сравнение рабочих циклов четырех и двухтактных двигателей показывает, что при одинаковых размерах цилиндра и частотах вращения мощность двухтактного двигателя значительно больше. Учитывая увеличение числа рабочих тактов в 2 раза, следовало бы ожидать и увеличение мощности в 2 раза. В действительности мощность двухтактного двигателя увеличивается приблизительно в 1,5–1,7 раза в

результате потери части рабочего объема, ухудшения очистки и наполнения, а также затраты мощности на приведение в действие продувочного насоса.

К преимуществам двухтактных двигателей следует также отнести большую равномерность крутящего момента, так как полный рабочий цикл осуществляется при каждом обороте коленчатого вала (а не за два, как в четырехтактных). Существенным недостатком двухтактного процесса по сравнению с четырехтактным является малое время, отводимое на процесс газообмена. Очистка цилиндра от продуктов сгорания и наполнение его свежим зарядом более совершенно происходят в четырехтактных двигателях.

При внешнем смесеобразовании в результате продувки цилиндра горючей смесью она частично выбрасывается через выпускные окна, поэтому двухтактный процесс применяется чаще в дизелях. Исключения составляют мотоциклетные, лодочные и другие двигатели небольшой мощности, для которых большее значение имеет простота и компактность конструкции, чем экономичность.

Содержание отчета и контрольные вопросы: привести индикаторную диаграмму четырехтактного двигателя с указанием тактов, характерных точек (моменты зажигания или впрыска, воспламенения, начала и конца горения, открытия органов газообмена), преимущества и недостатки 2 и 4-тактных циклов, назначение перекрытия клапанов, виды и назначение продувок, преимущества и недостатки видов продувок.

Практическая работа 5. УСТРОЙСТВО ПОРШНЕВОГО ДВС

Цель работы: изучение устройства поршневого ДВС.

При выполнении работы используется методическая литература, комплекты плакатов, макеты, учебная литература.

Порядок выполнения работы.

Изучить принцип работы поршневого ДВС; назначение, устройство и работу основных механизмов и систем двигателя (по заданию преподавателя).

Содержание работы.

Двигатель внутреннего сгорания состоит из кривошипно-шатунного механизма (корпуса и движущихся деталей), механизма газораспределения и систем снабжения воздухом, питания, зажигания, смазки, охлаждения.

Корпус (остов) двигателя состоит из неподвижных деталей, поддерживающих движущиеся детали кривошипно-шатунного механизма. К ним относятся фундаментная рама или поддон, картер, цилиндры, крышка (головка) цилиндров.

Движущиеся детали кривошипно-шатунного механизма воспринимают давление газов, передают возникающие силы коленчатому валу и преобразуют поступательное движение поршня во вращательное движение коленчатого вала. К этим деталям относятся поршневые комплекты, шатуны (в отдельных случаях крейцкопфный механизм), коленчатый вал и маховик.

Механизм газораспределения предназначен для осуществления в определенной последовательности выпуска продуктов сгорания и впуска в цилиндры свежего заряда. Он состоит из впускных и выпускных элементов (клапанов) и деталей, передающих движение от коленчатого вала – шестерен, распределительных валов, толкателей, штанг и коромысел.

Система воздухообеспечения предназначена для подачи воздуха при определенных параметрах состояния. К ней относятся воздушный фильтр, глушитель шума впуска, продувочный насос (в двухтактных двигателях без наддува), компрессор или турбокомпрессор, детали привода, воздушный холодильник и воздушный ресивер.

Система питания обеспечивает подготовку и распыливание топлива, а также регулирование качества или количества заряда. Система питания карбюраторных (бензиновых) и газовых двигателей состоит из карбюраторов или смесительных устройств, регуляторов, баков или баллонов, топливопроводов, топливоподающих насосов и др. (форсунок для систем впрыска). Система питания дизелей включает топливные баки, топливные насосы низкого и высокого давления, фильтры, регуляторы, форсунки, топливопроводы.

Система зажигания предназначена для принудительного воспламенения рабочей смеси от электрической искры, возникающей между электродами свечи под действием импульса электрического тока высокого напряжения. Система зажигания используется в карбюраторных (бензиновых) и газовых двигателях и состоит из аккумуляторной батареи, генератора, катушки зажигания, свечей зажигания, проводов и прерывателя-распределителя (коммутатора). В современных системах зажигания нет прерывателя-распределителя. Система состоит из свечей зажигания, катушек и электронного блока с датчиками.

Система смазки служит для подвода масла к узлам трения и к охлаждаемым им деталям. Она состоит из масляных насосов, фильтров, маслосборников, масляных холодильников, маслопроводов.

Система охлаждения обеспечивает охлаждение деталей, соприкасающихся с горячими газами. Охлаждение осуществляется водой, специальными жидкостями, маслом (поршни), топливом (распылители, насос-форсунки) или воздухом. К этой системе в зависимости от способа охлаждения относятся различные механизмы и устройства, обеспечивающие циркуляцию теплоносителя, и теплообменники. Например, система охлаждения водой или тосолом автомобильного двигателя состоит из насоса, радиатора, вентилятора, канатов в блоке и головке цилиндров и термостата.

Кроме названных механизмов и систем, в конструкции двигателя могут быть и другие устройства, например, устройства для пуска, реверса, контроля, управления, утилизации теплоты отработавших газов, нейтрализации токсичных выбросов.

Содержание отчета и контрольные вопросы. Привести назначение, принципиальную схему, краткое описание устройства и работы механизма или системы поршневого двигателя (по заданию преподавателя).

Практическая работа 6. РОТОРНО-ПОРШНЕВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Цель работы: изучение рабочего процесса роторно-поршневого двигателя. При выполнении работы используется методическая литература, комплекты плакатов, учебная литература.

Порядок выполнения работы.

Изучить историю создания роторно-поршневых двигателей (РПД), принцип осуществления рабочего цикла, преимущества и недостатки в сравнении с обычными поршневыми двигателями.

Содержание работы.

Роторные двигатели применяют в основном на автомобилях. Эти двигатели характеризуются малой удельной массой, отсутствием возвратно-поступательно движущихся частей (в отличие от поршневых ДВС), большей частотой вращения вала. Поэтому роторно-поршневые двигатели при равной мощности обычно легче и компактнее обычных поршневых двигателей.

Первый работоспособный роторный двигатель был создан Ванкелем в 1957 г., хотя принцип использования вращающегося поршня был известен еще в XVI веке.

В роторно-поршневых двигателях весь рабочий процесс – газообмен, сжатие, расширение рабочего тела осуществляется при изменении объемов полостей, которые образуются между корпусом и треугольной формы ротором, совершающим сложное планетарное движение. Это двухтактный ДВС.

В полости III (рис. 6.1, а) происходит сгорание смеси и расширение газов, в полости I заканчивается выпуск и начинается процесс впуска, а в полости II смесь сжимается. Когда поршень проворачивается в положение (рис. 6.1, б), в полости III заканчивается расширение продуктов сгорания, а в положении (рис. 6.1, в) из полости III начинается выпуск продуктов сгорания. Одновременно электрическая искра, проскакивающая между электродами свечи, воспламеняет смесь, сжатую в полости II. На рис. 6.1, г показано положение поршня, соответствующее началу рабочего хода в полости II.

Основными элементами роторно-поршневого двигателя являются корпус, эксцентриковый вал отбора мощности и установленный на нем ротор. Корпус с торцов закрыт двумя крышками. На эксцентриковом валу

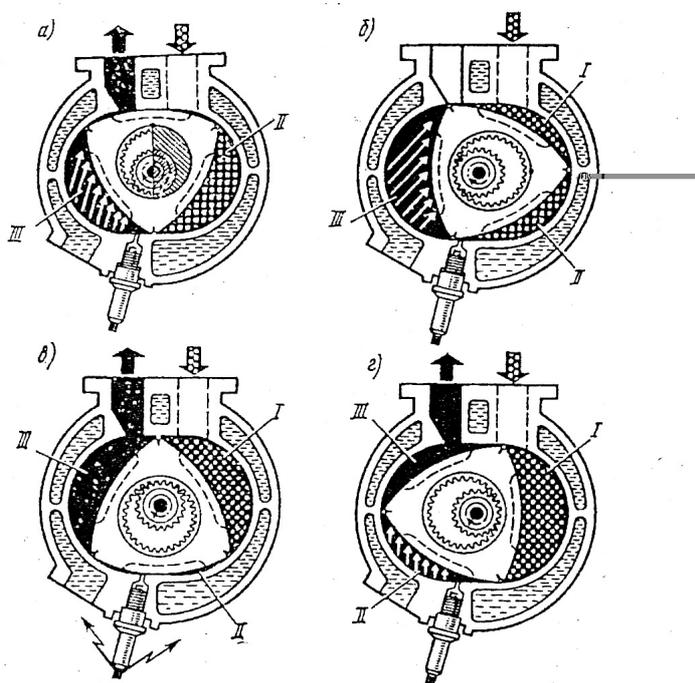


Рис. 6.1. Принцип работы роторно-поршневого двигателя Ванкеля

с двух сторон располагаются маховики-противовесы, которые служат для уравнивания центробежных сил, возникающих при вращении ротора вокруг оси эксцентрикового вала. Сложное планетарное движение ротора обеспечивается двумя шестернями, одна из которых – малая неподвижно укреплена в корпусе двигателя, а другая – большая 10 соединена с ротором. Передаточное отношение передачи равно 3:2. При качении большой шестерни вокруг малой центр большой шестерни описывает окружность радиусом, равным эксцентриситету эксцентрика. Ротор при вращении эксцентрикового вала совершает сложное движение.

С каждой стороны ротора устанавливаются по три торцевых уплотнения. Уплотняющие пластины прижимаются к поверхности корпуса пластинчатыми пружинами. Нарушение уплотнения в какой-либо полости может вызвать прорыв горячих Газов и воспламенение свежего заряда в соседней полости.

Вследствие непрерывного изменения наклона уплотняющей пластины относительно поверхности корпуса контакт пластины с поверхностью происходит по линии. Поэтому поверхности уплотнения и корпуса двигателя быстро изнашиваются, и срок службы роторно-поршневого двигателя меньше срока службы поршневого ДВС. Утечки рабочего тела из полости сгорания у роторного двигателя больше по сравнению с

утечками в обычном двигателе. При износе уплотнений выходит из строя весь двигатель.

При работе роторно-поршневого двигателя происходит тепловая деформация корпуса вследствие неравномерного его нагрева, что приводит к увеличению износа элементов уплотнения. Для уменьшения деформации корпуса его интенсивно охлаждают в области сгорания и подбирают соответствующие материал и толщину стенок корпуса. Вследствие интенсивного нагрева ротора его тоже следует охлаждать. Для охлаждения ротора используют топливовоздушную смесь и масло. Последнее сильно нагревается и для его охлаждения необходимо иметь мощные радиаторы. Удельный расход топлива в роторно-поршневых двигателях составляет 310-370 г/ (кВт • ч).

Токсичность выпускных газов роторных двигателей несколько меньше токсичности выпускных газов поршневых ДВС, но выше норм для автомобильных ДВС. Применение тех или иных способов уменьшения токсичности выпускных газов роторных двигателей приводит к их усложнению и снижению экономичности.

Содержание отчета и контрольные вопросы. История создания РПД, область применения, принцип осуществления рабочего процесса РПД, преимущества и недостатки РПД в сравнении обычными поршневыми двигателями.

Практическая работа 7. ГАЗОТУРБИННЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Цель работы: изучение рабочего процесса газотурбинного двигателя (ГТД).

При выполнении работы используется методическая литература, комплекты плакатов, макеты, учебная литература:

Порядок выполнения работы.

Изучить принцип осуществления рабочего цикла ГТД, преимущества и недостатки в сравнении с поршневыми ДВС, перспективы использования.

Содержание работы.

Газотурбинным двигателем называется двигатель, в котором рабочим телом является неконденсирующийся газ (воздух, продукты сгорания топлива, нейтральные газы), а в качестве расширительной машины применяется газовая турбина. ГТД состоит из трех основных элементов: газовой турбины, камеры сгорания и компрессора.

Газовая турбина – машина, в лопаточном аппарате которой термодинамическая работа изменения давления потока превращается в кинетическую энергию рабочего тела и в механическую работу на лопатках турбины.

В компрессоре механическая работа превращается в кинетическую энергию рабочего тела с последующим превращением в термодинамическую работу повышения давления.

В зависимости от кратности использования рабочего тела различают газотурбинные установки (ГТУ) открытого и закрытого цикла.

В ГТУ открытого цикла наружный воздух после однократного осуществления элементов рабочего процесса – сжатия, подвода теплоты, расширения выбрасывается в атмосферу, и последующие циклы происходят с новыми порциями рабочего тела.

В ГТУ закрытого цикла рабочее тело не меняется, а многократно сжимается, подогревается, расширяется и охлаждается, причем подогрев и охлаждение рабочего тела осуществляются в теплообменных аппаратах поверхностного типа, и рабочее тело не смешивается с продуктами сгорания топлива и окружающим воздухом.

Наибольшее распространение на транспорте и в промышленности получили только ГТУ открытого цикла.

Простейшая ГТУ открытого цикла изображена на рис. 7.1 - техническая (а) и термодинамическая (б) схемы одновальной ГТУ, термодинамическая схема двухвальной ГТУ (в).

Рабочий процесс простейшей ГТУ осуществляется следующим образом: атмосферный воздух, сжатый до некоторого давления ($p_2=0,5—0,7$ МПа и $T_2= 460-520$ К) в компрессоре, непрерывно поступает в камеру

сгорания, где его температура повышается за счет сжигания топлива ($T_3=980—1130\text{ K}$) при постоянном давлении.

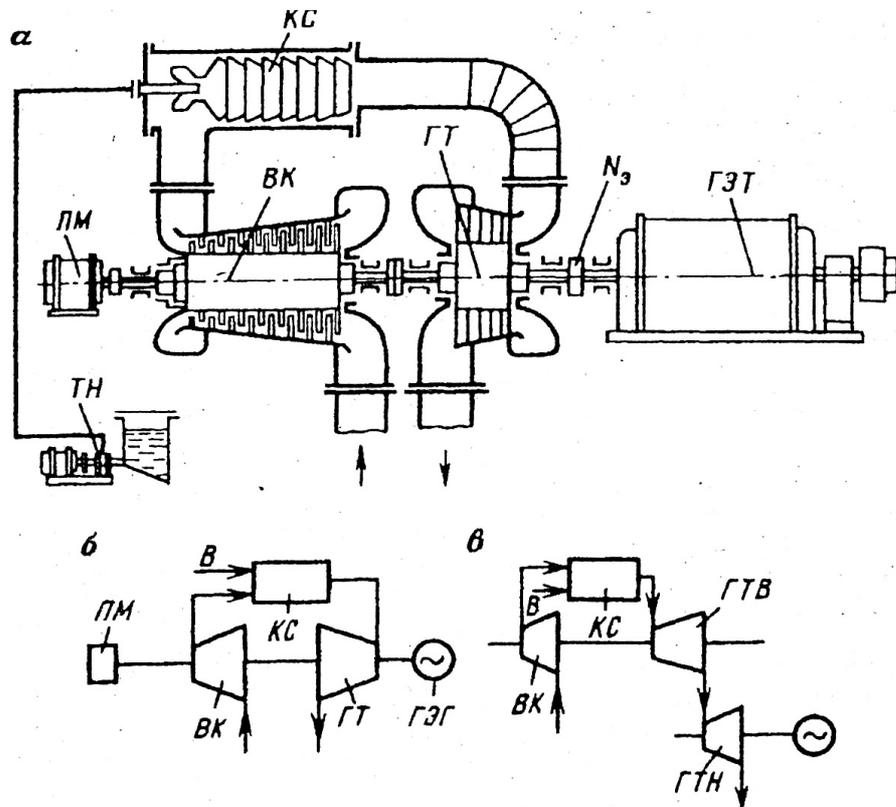


Рис. 7.1. Схемы простейших ГТУ открытого цикла: ВК - воздушный компрессор; ГТ - газовая турбина; а - техническая; б-термодинамическая в одновальном исполнении; в - термодинамическая в двух-вальном исполнении; ГТВ - газовая турбина высокого давления; ГТН - газовая турбина низкого давления; ГЭТ - генератор электрического тока или другой потребитель энергии; ТН — топливный насос; В — подача топлива; ПМ — пусковой двигатель.

Продукты сгорания на выходе из камеры сгорания (рис. 7.2) должны иметь температуру, не превышающую заданную. При этом в газе не должно быть сажи, частиц кокса, так как они вызывают загрязнение и эрозию проточной части газовой турбины.

При горении жидкого топлива и природного газа в ядре факела развивается температура около $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такую высокую температуру применяемые в турбостроении материалы выдержать не могут.

Температуру продуктов сгорания понижают, разбавляя их относительно холодным воздухом. Для этой цели поток воздуха перед входом в камеру сгорания разделяется на два — поток первичного и поток

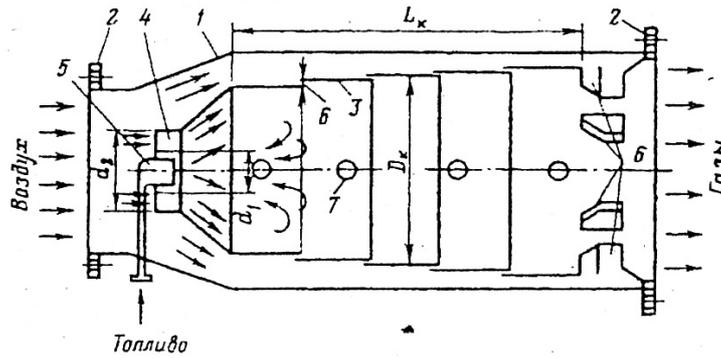


Рис. 7. 2. Схема камеры сгорания: 1 - корпус; 2 - фланцы; 3 - жаровая труба; 4 - регистр; 5 - распылитель (горелка); б — смеситель; 7 — смотровые отверстия

вторичного воздуха (рис. 7.2). Первичный воздух (примерно 1/3 от суммарного количества) подается в зону горения, а вторичный – протекает между жаровой трубой и кожухом и подмешивается постепенно по ходу к продуктам сгорания, снижая их температуру до заданной. Для авиационных ГТУ коэффициент избытка воздуха на выходе из камеры сгорания $\alpha=4-5$, для стационарных ГТУ $\alpha=6-10$.

Продукты сгорания под давлением и при высокой температуре подводятся к газовой турбине, в которой совершается работа расширения газа.

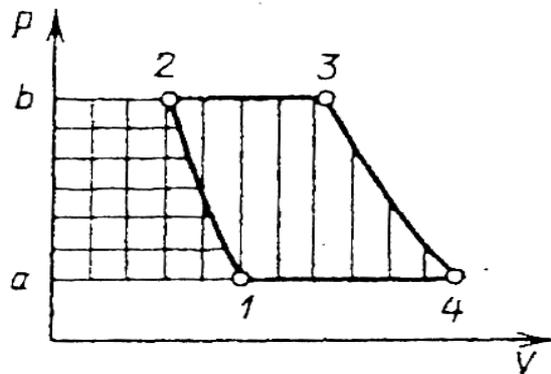


Рис. 7. 3. - Рабочий процесс (цикл) ГТУ в координатах $p - V$:
 1—2 - процесс сжатия в ВК; 2 — 3 - процесс сгорания в КС, подвод тепла;
 3—4 - процесс расширения; 4—1 - отвод теплоты

Рабочий процесс простейшей ГТУ в координатах $p-V$ представлен на рисунке 7.3. Заштрихованная вертикальными линиями площадь $b34a$

численно равна работе расширения в газовой турбине. Линия 4-1 в реальном процессе условно изображает замещение отработавших газов новой порцией рабочего тела. Площадь, ограниченная линиями цикла 12341, равна разности работ расширения в газовой турбине и сжатия в компрессоре и представляет собой полезную работу газотурбиной установки, которая используется для привода устройств (электрических генераторов, нагнетателей, др. потребителей).

Чем выше температура газа перед турбиной, тем больше работа, тем выше экономичность двигателя.

После газовой турбины продукты сгорания ($T_4 = 670\text{--}720\text{ K}$) выбрасываются в атмосферу.

Показатели ГТД простой схемы в одновальном и двухвальном исполнении на номинальной нагрузке ничем существенно не отличаются. Применение двухвального ГТД простейшей схемы оправдывается только в условиях переменного режима работы, когда тяговая газовая турбина работает с заданной переменной скоростью и при различной нагрузке. В этом случае при переходе с номинального на частичные режимы показатели двухвального ГТД по сравнению с одновальным наиболее стабильны.

Для эффективной работы ГТД необходима высокая температура газов перед турбиной. Высокая температура газов перед турбиной затрудняет ее использование и обуславливает применение жаропрочных сталей и сплавов. Особенно тяжелы условия работы лопаток газовой турбины. Для понижения температуры лопаток и ротора их охлаждают. Вследствие этого может быть существенно повышена начальная температура газов перед турбиной (при тех же самых материалах), что приводит к значительному увеличению к.п.д. ГТУ. Наибольшее распространение получило воздушное охлаждение продувкой сжатым воздухом специальных каналов.

В ГТУ простейшей схемы отработавшие газы после расширения в турбине выбрасываются в атмосферу с высокой температурой, что является одной из причин низкой экономичности ГТУ. Часть теплоты уходящих газов можно использовать в теплообменных аппаратах-генераторах, в которых теплота передается сжатому компрессором воздуху.

В ГТУ с регенерацией теплоты (рисунок 7.4) воздух сжимается в компрессоре, далее сжатый воздух проходит через регенератор, где температура его повышается, затем воздух проходит камеру сгорания, а температура продуктов сгорания повышается.

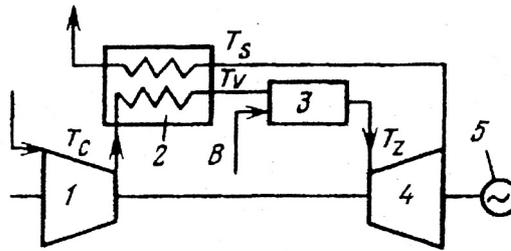


Рисунок 7.4 - Схема ГТД открытого цикла с регенерацией тепла:
 1 компрессор; 2 - регенератор; 3 - камера сгорания; 4 - турбина; 5 - потребитель энергии (генератор нагнетатель и др.)

Продукты сгорания расширяются в газовой турбине, после чего проходят регенератор, в котором охлаждаются, затем выбрасываются в атмосферу. Таким образом, экономичность ГТУ с регенерацией теплоты выше, чем экономичность ГТУ простейшей схемы без регенерации.

Поверхность нагрева регенераторов образуют большое число труб малого диаметра или волнообразные пластины. По каналам между двумя волнистыми пластинами проходит нагреваемый воздух. С внешней стороны стенки этих каналов омываются отработавшими газами турбин.

Можно увеличить экономичность ГТУ, применяя промежуточный подогрев газа и охлаждения воздуха, т.е. используя сложные схемы. ГТУ с промежуточным подогревом рабочего тела и охлаждения воздуха в конструктивном отношении сложны и их применение оправдано в стационарной теплоэнергетике.

ГТУ получили распространение в металлургической промышленности, на железнодорожном и автомобильном транспорте, в качестве судовых двигателей. Перспективно применение газовых турбин в качестве вспомогательных агрегатов (наддув) в поршневых и реактивных двигателях.

ГТД имеют ряд преимуществ перед поршневыми: рабочие органы совершают в них только вращательное движение и легко уравниваются; характеристика крутящего момента протекает весьма благоприятно (с уменьшением частоты вращения крутящий момент резко возрастает), что позволяет упростить конструкцию коробки скоростей; могут работать на любом малосернистом жидком или газообразном топливе с большим избытком воздуха, поэтому продукты сгорания их имеют меньшую концентрацию токсичных веществ; легко пускаются при низких температурах и отличаются большой габаритной мощностью.

Однако газовые турбины пока уступают по экономичности поршневым ДВС, особенно при работе с неполной нагрузкой, и, кроме того, отличаются большой теплонапряженностью лопаток рабочего колеса, обусловленной их непрерывной работой в среде газов с высокой температурой. При снижении температуры газов, поступающих в турбину, для повышения надежности лопаток уменьшается мощность и ухудшается экономичность турбины. Без теплообменника ГТД имеют низкую экономичность, существующие теплообменники громоздки и сложны в изготовлении. Рабочая частота вращения вала тяговой турбины составляет 30-50 тыс. в минуту, что усложняет трансмиссию автомобиля. ГТД сложны и дороги в производстве.

Для осуществления высокоэффективного ГТД необходимо решить проблемы: металловедческую, связанную с изысканием жаропрочных сплавов, и аэродинамическую, заключающуюся в усовершенствовании проточных частей газовой турбины и осевого компрессора.

Повышение эффективности использования газотурбинного привода может осуществляться не только за счет повышения экономичности самого двигателя (повышение температуры газов перед турбиной, применение регенерации теплоты отходящих газов или использование других теплотехнических мероприятий), но и за счет широкой утилизации отходящих газов турбины. В частности, теплота отходящих газов ГТУ может быть эффективно использована на отопление помещений.

Применение жаростойких материалов и охлаждения лопаток, усовершенствование термодинамических схем ГТД позволяют улучшить их показатели и расширить область использования.

Содержание отчета и контрольные вопросы. Принцип осуществления рабочего процесса ГТД, классификация ГТД, способы повышения эффективности ГТД, области применения, преимущества и недостатки в сравнении поршневыми ДВС, проблемы и перспективы развития.

Практическая работа 8. ПАРОВАЯ МАШИНА.

На 8.1. изображена схема паросиловой установки, включающая паровой котел 1, пароперегреватель 2, паровую машину (поршневую или турбину) 3, конденсатор 4 и насос 5.

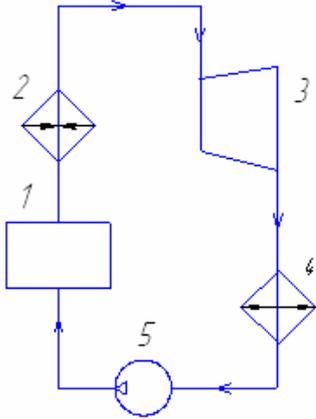


Рис. 8.1. Схема паросиловой установки:
1 – паровой котел; 2 – пароперегреватель; 3 – двигатель; 4 – конденсатор

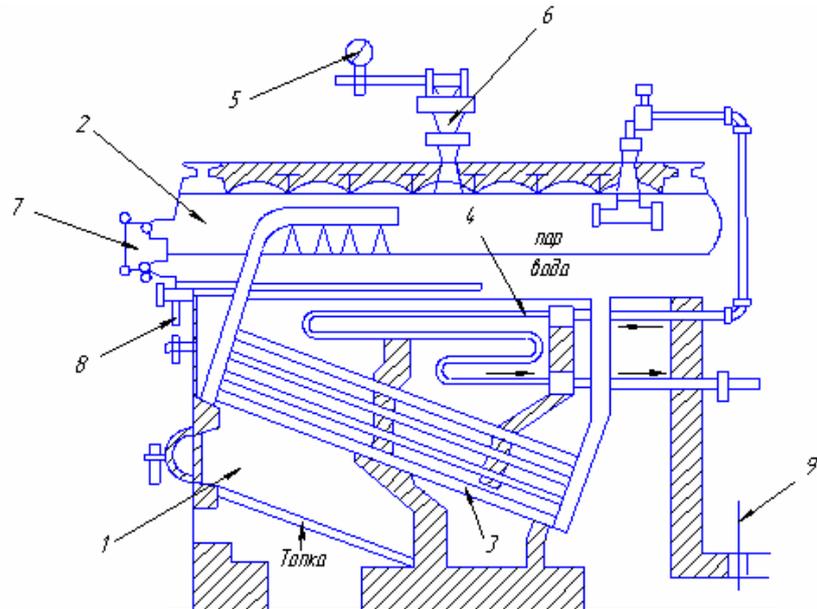


Рис. 8.2. Схема устройства водотрубного котла
1 – топка; 2 – котел; 4 – пароперегреватель; 5 – манометр; 6 – клапан предохранительный; 7 – водомерное стекло; 8 – труба подвода воды в котел; 9 – заслонка дымохода

В паровом котле происходят одновременно следующие процессы: горение топлива; передача воде тепла через стенки; получение водяного пара и его перегрев; тяга топочных газов, которые отводятся в атмосферу.

Паровой котел состоит из топки и собственно котла (рис. 8.2.). Уголь или дрова сжигаются в топке 1 на колосниковых решетках. Жидкое топливо сжигается в распыленном состоянии.

Котел 2 состоит из металлической емкости и вваренных в неё труб 3, через стенки которых теплота от горючих газов передается воде. На котле имеется манометр 5 за наблюдением пара и предохранительный клапан 6 выпускающий пар, если давление превысит допустимую величину. В котле имеется прибор 7 для контроля уровня воды

Из котла пар поступает в поршневую машину, где его теплота преобразуется в механическую работу. Поршневая машина (рис. 8.3.) состоит из цилиндра 1, поршня 2, распределительного механизма (золотника) 3 и кривошипно-шатунного механизма, включающего ползун

4, шатун 5 и кривошип 6. При помощи золотника пар направляется в левую или правую полость цилиндра и, действуя на площадь поршня, создает силу, приводящую во вращение колесо машины.

Основным недостатком поршневой паровой машины является ее низкая экономичность. Коэффициент полезного действия лучших образцов стационарных и судовых машин не превышает 25%, а паровозных – 10%. Причина низкого к.п.д. поршневой машины является применение с давлением до 2 МПа (20 атм.) с температурой 320-350 °С. Производство паровых машин в России было прекращено в 1957 году.

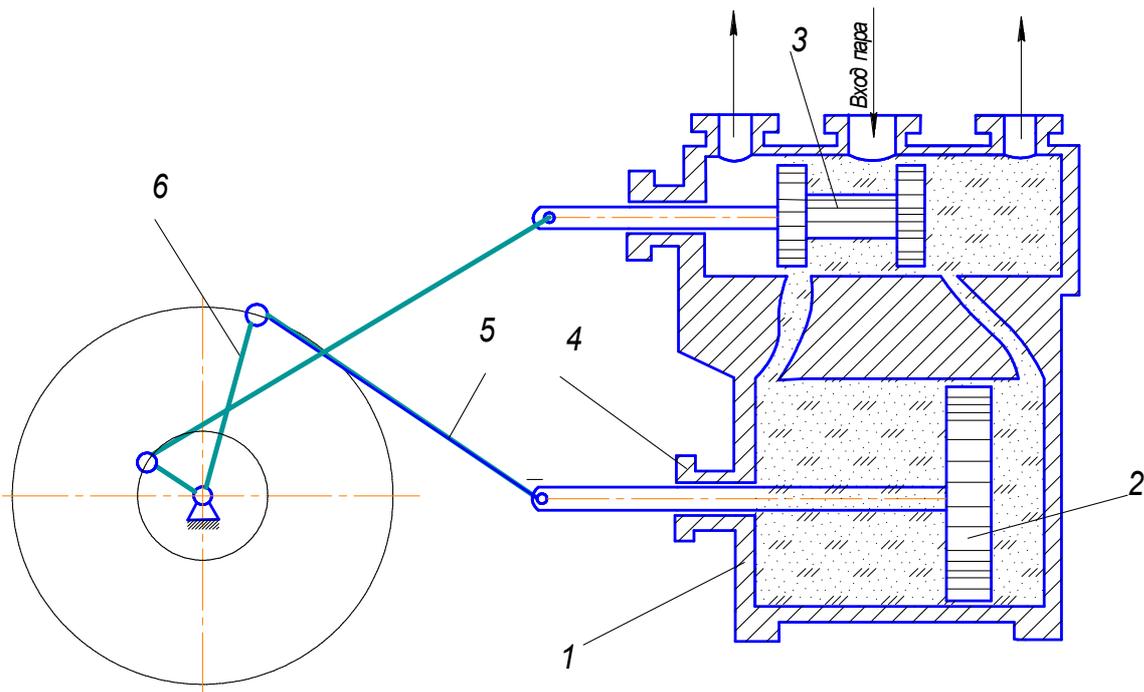


Рис. 8.3. Схема паровой поршневой машины:

1 – цилиндр; 2 – поршень; 3 – золотник; 4 – ползун; 5 – шатун; 6 - кривошип

Практическая работа 9. ДВИГАТЕЛИ ВНЕШНЕГО СГОРАНИЯ.

Цель работы: изучение рабочего процесса двигателя внешнего сгорания Стирлинга.

При выполнении работы используется методическая литература, комплекты плакатов, макеты, учебная литература.

Порядок выполнения работы.

Изучить историю создания двигателя Стирлинга, принцип осуществления рабочего цикла, преимущества и недостатки в сравнении с обычными поршневыми двигателями внутреннего сгорания.

Содержание работы.

Работы, направленные на поиск альтернативных поршневому двигателю энергетических установок, ведутся во всех развитых странах и обусловлены стремлением к наиболее рациональному расходованию энергии топлива и уменьшению загрязнения окружающей среды продуктами его сгорания. С этой точки зрения весьма перспективен двигатель внешнего сгорания Стирлинга, который может работать практически в сочетании с любым тепловым источником.

Принцип действия такого двигателя разработал и в 1816 г. запатентовал шотландский священник Роберт Стирлинг, именем которого в дальнейшем и стали называть тепловой двигатель внешнего сгорания с замкнутой циркуляцией газообразного рабочего тела. Практическая реализация такого двигателя была осуществлена, однако, только в середине 20-х годов прошлого века, а всесторонние исследования и совершенствование конструкции далеки еще от завершения и в наши дни. Некоторые технологические особенности и используемые материалы не позволяют пока двигатель Стирлинга уверенно применять в качестве транспортной силовой установки, хотя достигнуты уже хорошие результаты и налажено широкое его применение для привода систем на космических объектах и в стационарных силовых агрегатах специального назначения.

Принцип действия двигателя Стирлинга рассмотрим на примере одноцилиндрового двухпоршневого варианта, который был исходным для последующего совершенствования конструкции (рис. 9.1).

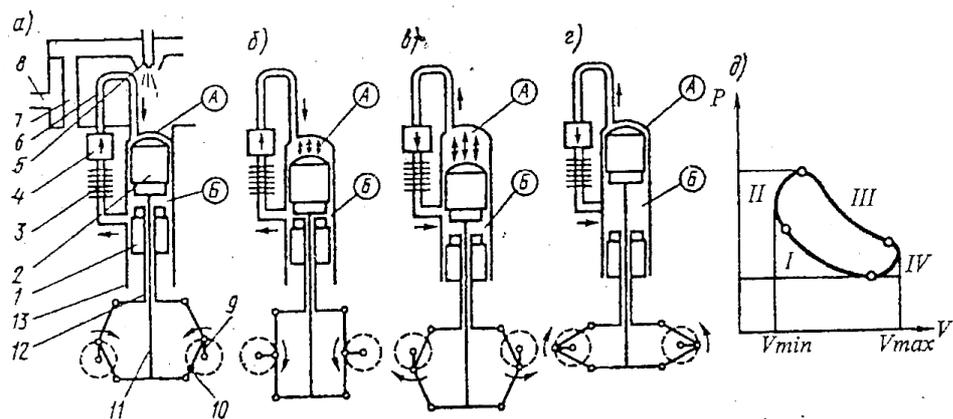


Рис. 9.1. Принцип действия двигателя Стирлинга: а, б, в, г – такты двигателя; д – индикаторная диаграмма; I – сжатие (г–а–б – в полости Б; в–г–а – в полости А); II – подвод теплоты; III – расширение (а–б–в–в в полости А; б–в–г–в в полости Б); IV – отвод теплоты

Двигатель состоит из цилиндра 13, в котором совершают возвратно-поступательное движение два поршня, условно называемые вытеснительным 1 и рабочим 2. Взаимное перемещение поршней и передача крутящего момента на кривошипные валы 9 осуществляется с помощью ромбовидного шатунного механизма 10 и соосных штока 12, вытеснительного поршня и штока 11 рабочего поршня.

Рабочее тело находится в полости А между верхним рабочим поршнем и головкой цилиндра и в полости Б между поршнями, а в процессе перемещения поршней оно проходит холодильник 3, регенератор 4 и теплообменник-нагреватель 6, где воспринимает теплоту продуктов сгорания топлива, подаваемого в зону горения форсункой 5. Отходящие газы 8 подогревают воздух, подводимый по каналу 7 к горелке.

В положении (рис. 9.1, а) рабочий поршень 2 подошел к верхней мертвой точке, а вытеснительный поршень 1 сжимает рабочее тело в полости Б (процесс изображен на нижней ветви I индикаторной диаграммы, рис. 9.1, д), откуда оно поступает через холодильник в регенератор и к нагревателю (ветвь II). В регенераторе рабочее тело предварительно нагревается, используя для этого теплоту предыдущего рабочего цикла. При повороте кривошипов в направлении стрелок поршни взаимно сближаются (рис. 9.1, б), и объем полости Б еще более уменьшается, но к тому времени происходит уже рабочий ход— расширение нагретого рабочего тела в полости А (верхняя ветвь III индикаторной диаграммы). При последующем повороте кривошипов (рис. 9.1, в) завершается расширение в полости А, и начинается расширение в полости Б, куда и устремляется рабочее тело, проходя через регенератор 4 и отдавая ему свою теплоту, и далее охлаждаясь в холодильнике 3 (ветвь

IV). В положении (рис. 9.1, г) объем рабочего тела максимальный. При дальнейшем повороте кривошипов верхний поршень завершает движение к в.м.т., а нижний начинает ход сжатия.

В качестве рабочего тела может быть использован воздух, но чаще применяют более легкие газы — водород или гелий, обладающие меньшей вязкостью, что снижает гидравлические потери на газообмен. Повышение термического КПД двигателей Стирлинга связано с повышением давления рабочего тела, поэтому обычно они работают с давлениями до 15,0–20,0 МПа при температуре в верхней части цилиндра 650—700°C, а в нижней (подпоршневом пространстве) — 70–80°C. Рассмотренная схема, реализованная фирмами «Филлипс» (Голландия) для зарядных станций, «ДАФ» (Дания) для автобуса (четырёхцилиндровый двигатель) и некоторыми другими, имеет ряд недостатков. Сложный и громоздкий кривошипный механизм подвержен высоким нагрузкам, а надежное уплотнение взаимно перемещающихся штоков и поршней в цилиндре связано с большими трудностями.

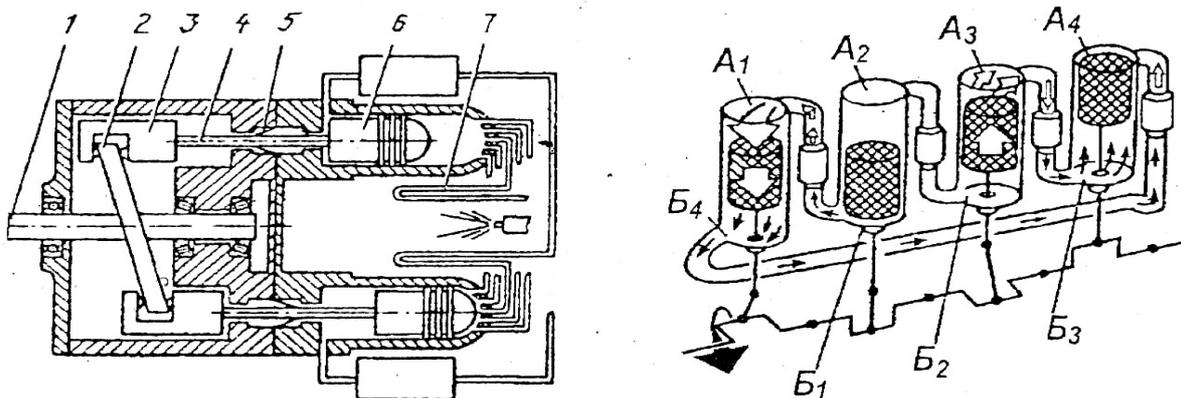


Рис. 9.2. Двигатель Стирлинга фирмы «Форд»: а) конструктивная схема; б) схема работы двигателя

В начале 70-х годов был разработан четырехцилиндровый двигатель Стирлинга с одинарными - поршнями в каждом цилиндре. На рис. 9.2 показана конструктивная схема (а). На функциональной схеме (рис. 9.2, б) этот двигатель представлен в виде рядного, со смещением кривошипов коленчатого вала под 90°, при этом полости А и Б здесь образованы в надпоршневом и подпоршневом пространствах смежных цилиндров. В рассматриваемом двигателе Стирлинга (рис. 9.2, а) усилия поршней б передаются штоками 4 на наклонную шайбу 2, связанную с выходным валом 1. Боковые усилия воспринимаются направляющими 3 штоков. Подпоршневая полость уплотняется резиновой манжетой. Мощность двигателя регулируется перепуском части рабочего тела из зоны рабочего хода в зону расширения или откачкой рабочего тела в специальный

ресивер высокого давления. Для повышения термического КПД двигателя, поступающий в камеру сгорания воздух предварительно нагревают от медленно вращающегося дискового керамического регенератора.

Теплообменник 7 образован рядом бесшовных тонкостенных капиллярных трубок, способных выдерживать высокие давления. Развитая поверхность множества трубок позволяет осуществлять эффективную теплопередачу от продуктов сгорания к рабочему телу.

Именно технологическая сложность изготовления теплообменника является основным препятствием для освоения двигателя Стирлинга в массовом производстве. Не решена пока и проблема оптимального регулирования мощности. Вместе с тем основным его достоинством является возможность работы с любым источником теплоты, в том числе, например, с тепловым аккумулятором, заряжаемым «сбросовой» теплотой ядерных электростанций. На космических объектах также двигатели используют энергию солнечного излучения.

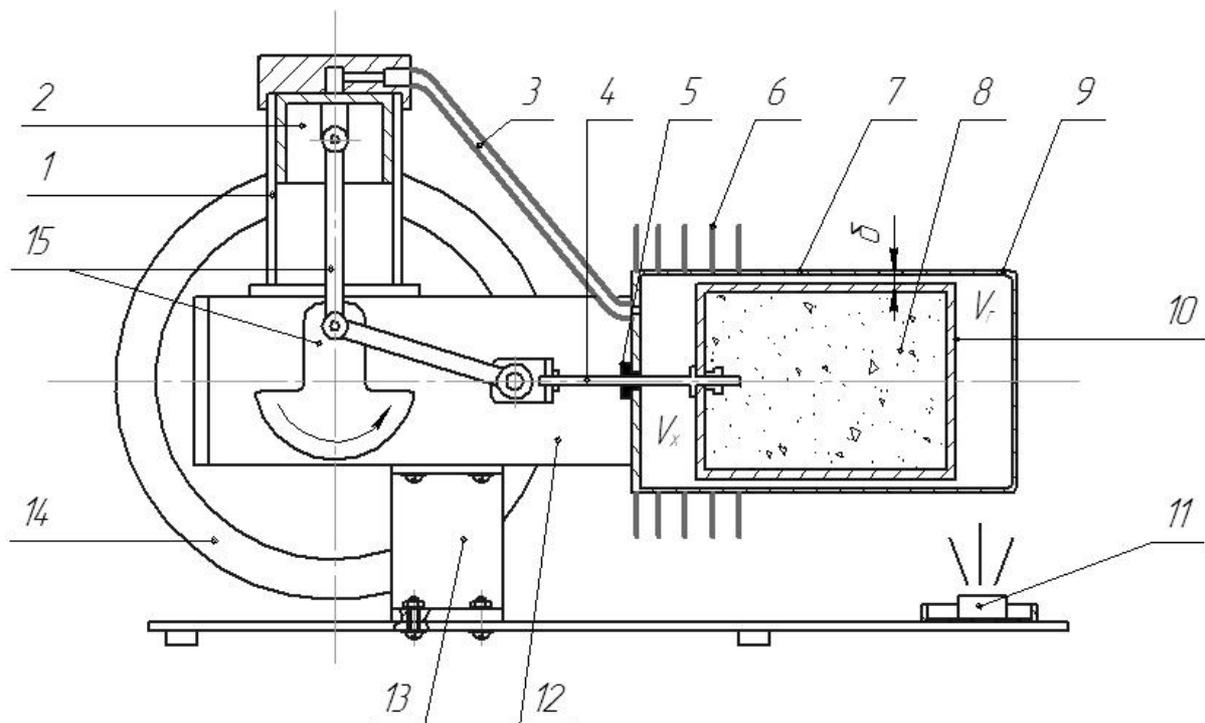


Рис. 9.3. Двигатель Стирлинга (действующая модель)

1-рабочий цилиндр; 2-рабочий поршень; 3-трубопровод; 4-шок; 5-втулка сальника; 6-радиатор (холодильник); 7-регенератор; 8-стекловата; 9-цилиндр; 10-поршень-вытеститель; 11-горелка; 12-рама; 13-подставка; 14-маховик; 15-кривошипно-шатунный механизм; V_r -горячая полость; V_x -холодная полость.

На рис. 9.3 показана действующая модель двигателя Стирлинга [10]. Рабочий поршень 2 движется в рабочем цилиндре 1 и уплотнён кольцами.

Он соединён с кривошипно-шатунным механизмом 15, который имеет маховик 14. Маховик служит для равномерного вращения коленчатого вала и запуска двигателя. Поршень-вытеснитель 10 располагается с зазором, что обеспечивает движение воздуха из холодной полости V_X в горячую V_G и наоборот. Цилиндр 9, где движется поршень-вытеснитель 10, включает в себя холодильник 6 (радиатор), регенератор 7. Поршень-вытеснитель 10 имеет шток, который уплотнён при помощи сальника 5. При движении поршня-вытеснителя 10 и рабочего поршня 2 объём воздуха между ними остается постоянным. При нагревании данного объема воздуха давление повышается, а при охлаждении – понижается.

При помощи горелки 11 правая часть цилиндра 9 нагревается до температуры 300 – 400 °С. При движении поршня-вытеснителя 10 вправо (к ВМТ) холодный воздух, проходя через зазоры между поршнем-вытеснителем 10 и горячим цилиндром 9, нагревается. Температура и давление повышаются, и давление передаётся через трубопровод 3 и действует на рабочий поршень 2. При вращении маховика 14 двигатель запускается. При движении поршня-вытеснителя 10 влево (к НМТ) горячий воздух, проходя через зазоры и холодильник 6, отдаёт тепло, тем самым охлаждается. Следовательно, давление падает, что позволяет рабочему поршню 2 начать движение к ВМТ. Далее цикл повторяется, за счёт движения поршня-вытеснителя 10 влево и вправо.

Содержание отчета и контрольные вопросы. История создания двигателя Стирлинга, принцип осуществления рабочего процесса, способ регулирования мощности, основная проблема освоения, области применения, преимущества и недостатки в сравнении с поршневыми ДВС, перспективы использования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автомобильные и тракторные двигатели. Ч I, П. Под ред. И.М.Ленина. - М.: Высш. школа, 1976.-200 с.
2. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей. Под ред. А.С.Орлина, М.Г.Круглова. - М.Машиностроение, 1980. - 288 с.
3. Двухтактные карбюраторные двигатели внутреннего сгорания/ В.М.Кондрашов, Ю.С.Григорьев, В.В.Тупов и др. – М.: Машиностроение, 1990, 272 с.
4. Райков И.Я., Рыввинский Г.Н. Конструкция автомобильных и тракторных двигателей. - М.: Высш шк., 1986. 352 с.
5. Романов Б.А. Двигатели внутреннего сгорания. - М.: Недра, 1989. -172 с.
6. Новоселов А.Л., Нечаев Л.В. История развития двигателей внутреннего сгорания: Учебное пособие/ Алт. политехн. ин-т. — Барнаул., 1992. - 32с.
7. Макушев Ю.П. Система питания быстроходных дизелей. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2004. - 181с.
8. Свистула А.Е. Введение в специальность: методические указания к выполнению практических работ и / Алт. гос. техн. ун-т. – Барнаул: Изд-во АлтГАУ, 2004. – 39с.
9. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/ В.П. Алексеев и др.; Под общей ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-изд., пер. и доп.- М.: Машиностроение, 1990.- 288 с.
10. Скурят Эрнест. И снова «Стирлинг». Техника - молодежи. № 7. 1986. С. 26-30.

Учебное издание

Юрий Петрович Макушев,
Лариса Юрьевна Михайлова,
Александр Александрович Скок

Учебное пособие

Редактор Т.И. Кукина

Подписано к печати 29.12.08
Формат 60x90 1/16. Бумага писчая
Оперативный способ печати
Гарнитура Таймс
Усл. п. л. 2,5, уч.-изд. л. 2,3
Тираж 100 экз. Заказ № ____
Цена договорная

Издательство Сибирской государственной
автомобильно-дорожной академии
644099, г. Омск, ул. П. Некрасова, 10

Отпечатано в ПЦ издательства СибАДИ
644099, г. Омск, ул. П. Некрасова, 10