

ВВЕДЕНИЕ

Современные автотракторные двигатели должны иметь высокую экономичность, надежность и долговечность, по возможности меньшие габаритные размеры и массу, безотказный пуск при различных условиях окружающей среды, минимальную экологическую опасность.

Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на сельскохозяйственной машине при выполнении технологических операций машинно-тракторным агрегатом (МТА) сопровождается непрерывно изменяющимися воздействиями.

Внешние воздействия характеризуются температурой, давлением, влажностью и запыленностью окружающей среды, неустановившимся режимом загрузки двигателя. Неустановившийся режим обусловлен рельефом поля, физико-механическими свойствами почвы, конструкцией сельскохозяйственной машины, трансмиссии и ходовой части трактора, а также видом выполняемой сельскохозяйственной операции, связанной с частотой включения сцепления, передачи и гидросистемы.

Перечисленные эксплуатационные факторы ухудшают показатели технического уровня ДВС, которые, в свою очередь, снижают производительность МТА и увеличивают затраты на выполнение сельскохозяйственных работ.

Знание причин снижения технического уровня ДВС и ухудшения технико-экономических показателей МТА позволит эксплуатационнику свести эти негативные влияния к минимуму. Однако в существующих учебниках и учебных пособиях

данному вопросу уделено недостаточное внимание. Поэтому цель настоящих лекций — заострить внимание на, безусловно, важных проблемах и до некоторой степени ликвидировать этот пробел не только непосредственно приведенной информацией, но и рекомендуемой литературой, указанной в конце каждой лекции.

Предлагаемый курс лекций составлен с использованием сведений, содержащихся в современной литературе по ДВС, изданной ведущими вузами страны — МГТУ им. Н. Э. Баумана, СПбГТУ, СПбГАУ, МАДИ (ТУ), БашГАУ и др.

Автором широко использовались сведения, содержащиеся в конспекте лекций И. И. Вибе по курсу «Теория двигателей внутреннего сгорания», ЧПИ (ЮУрГУ); в учебнике «Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов» под редакцией Б. А. Шароглазова (ЮУрГУ); в учебных пособиях «Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей» А. В. Николаенко и «Основы теории и расчета автотракторных двигателей» Р. М. Баширова (БашГАУ); в периодических изданиях по ДВС.

Отличительная особенность предлагаемых лекций заключается в том, что они дополнены материалом научно-исследовательских работ, выполненных на кафедре «Тракторы и автомобили» (ЧГАА).

Курс лекций составлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, утвержденного приказами Министерства образования и науки Российской Федерации от 09.11.2009 и 08.12.2009, а также с учебными планами, основными образовательными программами и программами учебных дисциплин для подготовки бакалавров по направлению 110800 — «Агроинженерия» и 190600 — «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Автор выражает глубокую благодарность заведующему кафедрой «Тракторы и автомобили» Самарской ГСХА, кандидату технических наук, доценту О. С. Володько, кандидату технических наук, профессору Г. А. Ленивцеву и заслуженному деятелю науки РФ, доктору технических наук, профессору Башкирского ГАУ Р. М. Баширову за ценные замечания и советы по улучшению учебного пособия, а также Л. К. Повалевой за большую помощь в оформлении рукописи.

ЛЕКЦИЯ 1

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ. КЛАССИФИКАЦИЯ И РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ДВС

План

- 1.1. История развития тепловых двигателей.
- 1.2. Классификация ДВС.
- 1.3. Рабочий процесс четырехтактного дизеля.
- 1.4. Рабочий процесс карбюраторного четырехтактного двигателя.
- 1.5. Рабочий процесс двухтактных двигателей.
- 1.6. Работа многоцилиндровых двигателей.

1.1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Человек всегда стремился облегчить свой труд, механизируя его различными устройствами. Одним из таких устройств стал тепловой двигатель. В процессы его создания и совершенствования внесли свои предложения многие пытливые земляне: это механики-самоучки, тысячи ученых, изобретателей, имена некоторых уже забыты или так и остались неизвестными. Попробуем хотя бы кратко в хронологической последовательности проследить за развитием двигателей внутреннего сгорания (ДВС), создание которых началось с изучения природы теплоты.

О природе теплоты в начале XVI века существовала теория «Теплорода». Считалось, что тепло — это вещество, способное проникать в любое другое вещество (и выходить из него). Этого придерживался Галилей. Другая гипотеза была высказана в 1620 г. английским философом Ф. Беконом. Ее суть в том, что теплота — это результат внутреннего движения мельчайших частиц тела.

Материалистическое изучение (на основе атомно-молекулярной теории строения вещества) о теплоте в 1747–1749 гг. обосновал наш соотечественник, основоположник русской науки академик Михаил Васильевич Ломоносов.

В 1748 г. он теоретически, а в 1756 г. экспериментально доказал закон сохранения вещества и энергии. Он же создал основы кинетической теории теплоты как одного из видов движения.

Создателем первой тепловой (паровой) машины (1766) является также наш соотечественник Иван Иванович Ползунов. Его машина была создана на 12 лет раньше паровой машины Джеймса Уатта. Изобретенная И. И. Ползуновым в 1763 г. паровая машина имела диаметр цилиндра 700 мм, занимала три этажа, была построена на Барнаульском заводе в 1765 г.

В начале XIX века французский ученый Саади Карно показал, что наилучшую экономичность будет иметь тепловой двигатель, работающий по предложенному им идеальному циклу, впоследствии названному его именем, причем экономичность его будет тем выше, чем больше разница температур нагревателя и холодильника.

Д. Барбер (английский инженер) в 1791 г. изобрел двигатель, в котором газ сжигался непосредственно в цилиндре.

Практическое применение этих знаний произошло значительно позже.

1860 г. Жан Этьен Ленуар впервые построил пригодный для практического использования двухтактный двигатель мощностью 12 л. с. с эффективным КПД 5%, работающий без предварительного сжатия на смеси светильного газа и воздуха с золотниковым газораспределением. Для зажигания смеси использовались две электрические свечи.

1862 г. Немецкий механик и купец Николай Августович Отто, совершенствуя двигатель Ленуара, предложил смесь предварительно сжимать до воспламенения (патент получен в 1877 г.). В 1876 г. создал первый четырехтактный двигатель с КПД 12%. Одновременно с Отто французский железнодорожный инженер Бо де Рош теоретически доказал преимущество четырехтактного двигателя.

1879 г. Моряк, капитан русского флота Огнеслав (Игнатий) Стефанович Костович (по происхождению серб) предложил и построил восьмицилиндровый двига-

тель мощностью 80 л. с. Это был первый в мире работоспособный двигатель жидкого топлива. Двигатель О. С. Костовича был предназначен для дирижабля и имел удельную массу 3 кг/л. с.

- 1883 г.** Готлиб Даймлер получил патент на двигатель, работающий на жидком топливе, построил двухцилиндровый V-образный бензиновый двигатель.
- 1885 г.** Шотландский пастор Роберт Стирлинг построил двигатель внешнего сгорания $Ne = 2$ л. с., массой 4 т, объемом 21 м^3 и с КПД 5...7%.
- 1892 г.** Начато в России производство керосиновых двигателей на механическом заводе Э. Л. Нобеля.
- 1896 г.** Немецкий инженер Рудольф Дизель построил первый работоспособный четырехтактный двигатель мощностью 20 л. с., с высоким предварительным сжатием воздуха, двигатель был компрессорным (топливо, керосин, впрыскивалось в цилиндр сжатым до 60 атм воздухом), он имел КПД около 30%. Современные двигатели с воспламенением смеси от сжатия носят название «дизели».
- 1899 г.** Э. Л. Нобель (владелец машиностроительного завода в Санкт-Петербурге, ныне завод «Русский дизель») построил первый в мире компрессорный дизельный двигатель, работающий на сырой нефти.
- 1901 г.** Г. В. Тринклер (россиянин) создал первый бескомпрессорный дизель.
- 1905 г.** Швейцарский инженер Альфред Бюи запатентовал идею наддува двигателей.
- 1903–** Русский изобретатель Яков Васильевич Мамин построил первый в мире бескомпрессорный двигатель высокого сжатия, работающий на тяжелом топливе (нефти); создал ряд оригинальных простых двухтактных нефтяных двигателей; возглавил производство серийных двигателей и тракторов своей конструкции, утвердив приоритет отечественной науки. Автор более 30 изобретений опередил достижения зарубежной техники на полтора десятилетия. С 1937 по 1955 гг. Я. В. Мамин работал на кафедре «Тракторы и автомобили» Челябинского

института механизации и электрификации сельского хозяйства.

- 1906 г.** Профессор Василий Игнатьевич Гриневицкий предложил метод теплового расчета двигателя, который впоследствии был развит Н. Р. Бриллином, Е. К. Мазингом, Б. С. Стечкиным.
- 1911 г.** В Санкт-Петербурге на заводе Э. Л. Нобеля был построен V-образный двигатель.
- 1912 г.** Ч. Катерлинг предложил электростартер для запуска двигателя, который использовался на двигателе автомобиля «Кадилак».
- 1919 г.** Филипп Л. Скот (США) предложил метод пригонки прецизионной пары плунжер — втулка с зазором 0,0025 мм. Позже наш соотечественник И. Я. Гольфар разработал селективный метод сборки прецизионных пар.
- 1959 г.** Немецкий инженер Феликс Венкель построил двигатель роторно-поршневой (РПД) мощностью 64 л. с., с рабочим объемом 500 см³, затратив на его совершенство 34 года (с 1925 г.).

Огромный вклад в совершенствование дизелей внесли коллективы институтов — ЦНИДИ (Центральный научно-исследовательский дизельный институт), НАТИ (научно-исследовательский автотракторный институт), НИКТИД, НАМИ, ЦИАМ и другие, а также коллективы ученых многих вузов.

Маркировка двигателя. Каждое моторостроительное предприятие имеет свою маркировку. В марку входит название завода (например, ЯМЗ — Ярославский моторный завод, ЗМЗ и т. п.); в двигателях Д-130, Д-160 (ЧТЗ) цифры означают мощность в л. с.; на других предприятиях — модель двигателя (Д-240, СМД-60).

Существует и более четкая маркировка, например 8 ЧН 15/16. Первая цифра указывает на число цилиндров, буква Ч означает, что двигатель четырехтактный; если первая буква Д — двухтактный; вторая буква Н (если она есть) свидетельствует, что двигатель с наддувом; две последние цифры — диаметр цилиндра (D) и ход поршня (S) в см. В приведенном примере $D = 150$ мм, $S = 160$ мм.

Наибольшее распространение в сельском хозяйстве получили двигатели: Д-120Р2 (трактор Т-30А-80), Д-65 (ЛТЗ 60 АВ), Д-144 (ЛТЗ-60А), Д-245.5 (Беларусь-923), Д-60 (Беларусь-1221), Д-440-22 (ДТ-75Д), Д-442 (ВТ-150), СМД 19...02 (ХТЗ-121), КамАЗ-740.02 (ХТЗ-16331), СМД-60 (Т-150), СМД-62 (Т-150К), А-01 МСИ (Т-4А.01), ЯМЗ-238 НД-4 (К-744Р-04), Д-180 (Т-170), ЯМЗ-240 (автомобиль БелАЗ), ЗМЗ-53 (ГАЗ-53А), ЗИЛ-130 (ЗИЛ-130), КамАЗ-740 (КамАЗ), ММЗ-245 (Бычок») (табл. 1.1).

Таблица 1.1

История отечественных тракторных двигателей

Год выпуска	Марка, типовое обозначение	Расположение цилиндров	Ne, л. с.	Примечание	Изготовитель
1930	СТЗ-ХТЗ 4Ч 11,5/15,2	Р	32,5	керосиновый, карбюраторный	СТЗ, ХТЗ
1933	С-60, 4Ч 16,5/21		72	карбюр., лигроиновый, зажиг. от магнето	ЧТЗ
1934	Универсал, 4Ч 9,5/12,7		22	карбюраторный, керосиновый	ВТЗ «Красный путевловец»
1937	М-17, 4Ч 14,5/20,5		60	лигроиновый дизель	ЧТЗ
1937	В-2, 12Ч 15/18	У	500	дизель	КБ ХПЗ, ЧТЗ
1937	1МА, 4Ч 12,5/15,2	Р	52	карбюраторный, керосиновый	СТЗ, ХТЗ
1938	МГ-17, Ч 14,5/20,5		60	газогенераторный	ЧТЗ
1946	Д-35, 4Ч 10/13		37	дизель	ЛТЗ
	КДМ-46, 4Ч 14,5/20,5		92	предкамерный дизель	ЧТЗ
1949	Д-54, 4Ч 12,5/15,2		54	дизель	ХТЗ, СТЗ, АТЗ

Продолжение табл. 1.1

Год выпуска	Марка, типовое обозначение	Расположение цилиндров	№, л. с.	Примечание	Изготовитель
1953	Г-58, 4Ч 12,5/15,2	Р	50	газогенераторный	СТЗ
	Д-49, 4Ч 10,5/13		40	дизель	МТЗ
	Д-40К, 4Ч 10,5/13		40		
	Д-48, Д-50 4Ч 11/12,5		55		
1955	Д-24, 2Ч 12,5/12,5		24		ЛТЗ
1958	КДМ-100, 4Ч 14,5/20,5		100	предкамерный дизель	ЧТЗ
1962	Д-37, 4Ч 10,5/12		50	дизель возд. охл.	ЛТЗ
1964	Д-100, 4Ч 14,5/20,5		108	однокамерный дизель	ЧТЗ
	8 ДВТ-220, 8Ч 15/16	У	220	однокамерный дизель	
1969	Д-130, 4Ч 14,5/20,5	Р	140	турбонаддув, дизель	
1970	А-41, 4Ч 13/14		69	дизель	АТЗ
	СМД-60, 6Ч 13/11,5	У	160		ХТЗ
1973	Д-160, 4Ч 14,5/20,5	Р	160	турбонаддув, дизель	ЧТЗ
1978	Д-240, 4Ч 11/12,5		57	дизель	МТЗ
	Д-260, 6Ч 11/12,5		57		
1992	Д-160.01, 4Ч 14,5/20,5		170	дизель с турбонаддувом	ЧТЗ
1993	ЯМЗ-21, 8ЧН 13/14	У	215	дизель с турбонаддувом	ЯМЗ

Таблица 1.2

История отечественных автомобильных двигателей

Год выпуска	Марка, типовое обозначение	Расположение цилиндров	№, л. с.	Примечание	Изготовитель	
Для легковых автомобилей						
1932	ГАЗ-А, 4Ч 9,8/10,7	Р	42	бензиновый, карбюратор 4-тактный	ГАЗ	
1936	М-1, 4Ч 9,8/10,7		50			
1946	М-401, 4Ч 6,7/7,5		26		МЗМА	
	М-20, 4Ч 9,2/10		52			ГАЗ
	ЗИЛ-110, 8Ч 9/11,8		140			
1951	ЗИЛ-12, 6Ч 8,2/10		90		ГАЗ	
1956	М-21, 4Ч 9,2/9,2		70			
Для грузовых автомобилей						
1932	ГАЗ-А, 4Ч 9,8/10,7	Р	42	бензиновый, 4-тактный	ГАЗ	
1934	ЗИС-5, 6Ч 10,1/11,4		73		ЗИС, Урал-ЗИС	
1946	ГАЗ-51, 6Ч 8,2/11		70			ГАЗ
	ЯАЗ-204, 4Ч 10,8/12,7		110	2-тактный, дизель	МАЗ	
1951	ЯАЗ-206А, 6Ч 10,8/12,7		165	2-тактный, дизель с проточной продувкой	ЯАЗ	
1952	ЗИС-21, 6Ч 10,1/11,4		45	газогенератор	Урал-ЗИС	
1955	ЗИЛ-120, 6Ч 10,1/11,4		100	бензиновый, 4-тактный	ЗИЛ	

Таблица 1.3

Современные двигатели (2000–2009 гг.)

Марка, типовое обозначение	Расположение цилиндров	Ne, л. с.	Примечание	Изготовитель
Д-120, 2Ч 10,5/12	P	30	дизель, возд. охл.	ВТЗ
Д-144, 4Ч 10,5/12		44	дизель	ЛТЗ
Д-260.10, 6ЧН 11/12,5		285	дизель с турбонад.	МТЗ
Д-442, 4Ч 13/14		150	дизель	АТЗ
СМД-62, 6Ч 13/11,5	V	175		ХТЗ
ЯМЗ-240Н, 12ЧН 13/14		500		ЯМЗ
Д-180 4ЧН 15/20,5	P	180		ЧТЗ
ГАЗ-53, 6Ч 9,2/8		115	бензин., карбюр.	ГАЗ
ЗМЗ-4052, 4Ч 9,5/8,6		152	бензин. с впрыском	ЗМЗ
ЗИЛ-130, 8Ч 10/9,5	V	150	бензин., карбюр.	ЗИЛ
ЗМЗ-5148, 4Ч 11/12,5	P	130	дизель	ЗМЗ
КАМАЗ-740, 8ЧН 12/12	V	240		КамАЗ

Таблица 1.4

Экономичность первых тепловых двигателей

Тип теплового двигателя	Год	Страна	Эффективный КПД, %
Паровая машина И. И. Ползунова	1766	Россия	1...2
Газовый двигатель Ленуара без предварительного сжатия рабочего тела	1861	Франция	4...5
Газовый двигатель Отто с предварительным сжатием	1876	Германия	12

Продолжение табл. 1.4

Тип теплового двигателя	Год	Страна	Эффективный КПД, %
Бензиновый двигатель О. С. Костовича с предварительным сжатием	1879–1885	Россия	15
Автомобильный высокооборотный двигатель (Даймлер, Майбах)	1882	Германия	—
Керосиновый двигатель Дизеля с высоким предварительным сжатием	1887	Германия	25
Нефтяной двигатель завода Нобеля («Русский дизель») с высоким предварительным сжатием, компрессорный	1899	Россия	28
Бескомпрессорный нефтяной двигатель Я. В. Мамина	1908	Россия	—

Таблица 1.5

Экономичность современных энергетических машин

Тип энергетической машины	Эффективный КПД, %
Двигатели с воспламенением заряда от постороннего источника	25...39
Двигатели с внутренним смесеобразованием (дизели)	35...46
Реактивные двигатели	15...20
Газовые турбины	30...38
Комбинированные двигатели (дизели с газовой турбиной)	40...45
Свободнопоршневой дизель с газовой турбиной	35...40
Паровые турбины с высокими параметрами пара ($p = 15$ МПа и $t = 600^\circ\text{C}$)	36...38
Парогазовые (парогазотурбинные) установки	52...60

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ДВС

Классификация автотракторных тепловых двигателей показана на рисунке 1.1.

Двигатели внутреннего сгорания дополнительно разделяются:

а) *по способу смесеобразования*: с внешним смесеобразованием — карбюраторные, газовые, с впрыском во впускную систему (моновпрыск, разделенный впрыск); с внутренним смесеобразованием — дизели;

б) *по способу воспламенения горючей смеси*: с принудительным воспламенением от электрической искры, с самовоспламенением от сжатия;

в) *по способу реализации рабочего цикла*: четырехтактные и двухтактные;

г) *по виду применяемого топлива*: бензиновые, газовые, дизельные альтернативные (био и др.);

д) *по способу охлаждения*: с жидкостным и воздушным охлаждением;

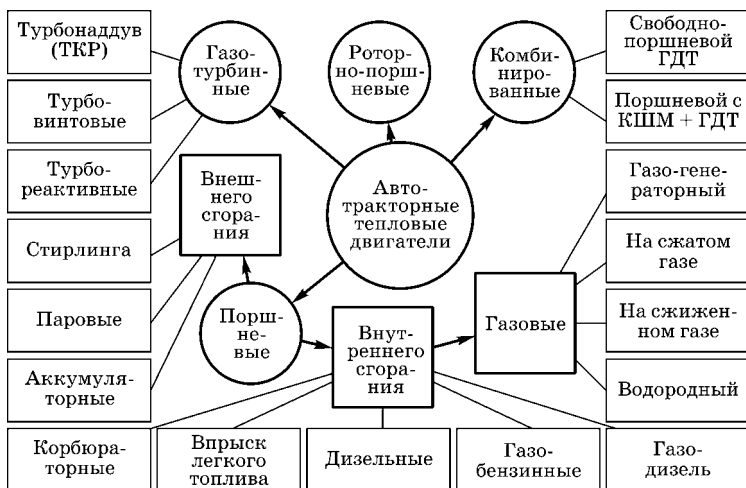


Рис. 1.1
Классификация автотракторных тепловых двигателей

е) по числу цилиндров: одноцилиндровые и многоцилиндровые;

ж) по расположению цилиндров: однорядные и двухрядные; двухрядные могут быть V-образные, звездообразные, оппозитные.

1.3. РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ

Рассмотрим, что происходит в одном из цилиндров работающего двигателя.

Впуск — первый такт (рис. 1.2а). Поршень перемещается от ВМТ (верхней мертвой точки) вниз и, действуя подобно насосу, создает разрежение в цилиндре. Через открытый впускной клапан цилиндр заполняется чистым воздухом под влиянием разности давлений. Выпускной клапан закрыт. В конце такта закрывается и впускной клапан. В конце такта впуска давление в цилиндре составляет 0,08... 0,09 МПа, температура — 30...50°C. Для упрощения принимаем, что клапаны открываются и закрываются в мертвых точках, хотя в реальном двигателе, как будет показано ниже, это не так.

Сжатие — второй такт (рис. 1.2б). Поршень, продолжая движение, перемещается вверх. Поскольку оба клапана закрыты, поршень сжимает воздух, температура кото-

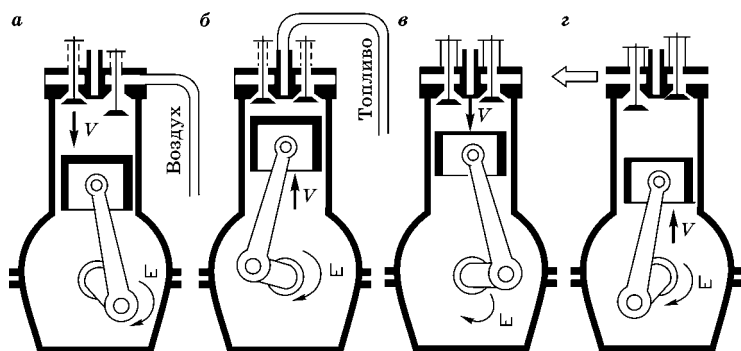


Рис. 1.2
Рабочий процесс четырехтактного дизеля

рого растет. Благодаря высокой степени сжатия давление в цилиндре повышается до 4 МПа, воздух нагревается до температуры 600°C. В конце такта сжатия через форсунку в цилиндр впрыскивается порция дизельного топлива в мелкораспыленном состоянии. Мелкие частицы топлива, соприкасаясь с нагретыми сжатым воздухом стенками цилиндра, самовоспламеняются, и большая их часть сгорает.

Расширение или рабочий ход — третий такт (см. рис. 1.2в). Во время этого такта топливо полностью сгорает. Оба клапана при рабочем ходе закрыты. Температура газов при сгорании достигает 2000°C, давление повышается до 8 МПа и более. Под большим давлением расширяющихся газов поршень перемещается вниз и передает воспринимаемое им усилие через шатун на коленчатый вал, заставляя его вращаться. Около НМТ (нижней мертвой точки) давление снижается до 0,4 МПа, температура до 700°C.

Выпуск — четвертый такт (рис. 1.2г). Поршень перемещается вверх, выпускной клапан открывается. Отработавшие газы сначала под действием избыточного давления, а затем поршнем удаляются из цилиндра.

1.4. РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС КАРБЮРАТОРНОГО ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В начале первого хода поршня открывается впускной клапан (точка *f* на графике, изображенном на рисунке 1.3а) и за счет разрежения над опускающимся поршнем в цилиндр засасывается из карбюратора свежая горючая смесь, состоящая из воздуха и топлива. Цилиндр заполняется смесью до момента прихода поршня в нижнее положение, после чего впускной клапан закрывается (точка *a*). Таким образом, поршень совершает свой первый ход, называемый *тактом всасывания* (впуска); при этом кривошип делает первую половину оборота, повернувшись на угол 3,14 рад (180°). Такт впуска протекает при давлении в цилиндре (прямая *fa* на графике работы) около 0,08 МПа. К концу впуска смесь нагревается на 80...130°C от горячих стенок цилиндра и оставшихся газов.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru