

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Г.В. Тараканов

СОВРЕМЕННЫЕ МОТОРНЫЕ ТОПЛИВА

Учебное пособие

АСТРАХАНЬ
ИЗДАТЕЛЬСТВО АГТУ
2010

УДК 665.7
ББК 35.514
Т 19

Рецензенты: кандидат технических наук Нурахмедова А.Ф. (Инженерно-технический центр ООО «Газпром добыча Астрахань»);
доктор технических наук Саушин А.З. (Астраханский государственный технический университет);
кандидат технических наук Савенкова И.В. (Астраханский государственный технический университет);
кафедра технологии переработки нефти и промышленной экологии Северо-Кавказского государственного технического университета

Допущено редакционно-издательским советом Астраханского государственного технического университета в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 240400.62 «Химическая технология органических веществ и топлив» и специальности 240403.65 «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

Тараканов, Г.В.

Т 19 Современные моторные топлива: учеб. пособие / Г.В. Тараканов; Астрахан. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2010. – 164 с.

ISBN 978-5-89154-344-7

Освещены современные требования, предъявляемые к моторным топливам, применяемым в различных двигателях внутреннего сгорания. Изложены основные принципы устройства и работы двигателей внутреннего сгорания, сформулированы требования к топливам для них, включая экологические, рассмотрены химмотологические вопросы применения этих топлив. Описаны базовые компоненты и присадки, применяемые при производстве моторных топлив.

Для студентов технологических специальностей нефтегазовых и химико-технологических факультетов и вузов; может быть использовано инженерно-техническими и научными работниками научно-исследовательских и проектных организаций и промышленных предприятий, связанных с производством, реализацией и применением углеводородных топлив.

УДК 665.7
ББК 35.514

ISBN 978-5-89154-344-7

© Г.В. Тараканов, 2010
© Астраханский государственный
технический университет, 2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Условные сокращения и обозначения	5
Введение	6
Глава 1. Классификация и принципы работы двигателей внутреннего сгорания	8
1.1. Двигатели с периодическим сгоранием топлива	9
1.1.1. Двигатели с принудительным воспламенением	9
1.1.2. Двигатели с самовоспламенением топлива	16
1.2. Двигатели с непрерывным сгоранием топлива	19
1.2.1. Жидкостные ракетные двигатели	20
1.2.2. Воздушно-реактивные двигатели	21
1.2.3. Газотурбинные двигатели	25
Глава 2. Автомобильные и авиационные бензины	29
2.1. Общие требования к бензинам	30
2.1.1. Требования, связанные с работой двигателя	30
2.1.2. Эксплуатационные требования	31
2.1.3. Требования производства	32
2.1.4. Экологические требования	32
2.2. Основные нормируемые показатели качества бензинов	35
2.3. Компонентный состав бензинов	47
2.3.1. Базовые компоненты	48
2.3.2. Высокооктановые компоненты	50
2.3.3. Присадки	53
2.4. Современные ассортимент и марки бензинов	61
Глава 3. Топлива для воздушно-реактивных двигателей	73
3.1. Общие требования к реактивным топливам	73
3.1.1. Требования, связанные с работой двигателя	74
3.1.2. Эксплуатационные требования	74
3.1.3. Требования производства	75
3.1.4. Экологические требования	76
3.2. Основные нормируемые показатели качества реактивных топлив	78
3.3. Компонентный состав реактивных топлив	88
3.3.1. Присадки	89
3.4. Ассортимент и марки реактивных топлив	91
Глава 4. Краткие сведения о ракетных реактивных топливах	98
Глава 5. Дизельные топлива	102
5.1. Общие требования к дизельным топливам	103
5.1.1. Требования, связанные с работой дизельного двигателя	103
5.1.2. Эксплуатационные требования	104
5.1.3. Требования производства	104
5.1.4. Экологические требования	105
5.2. Основные нормируемые показатели качества дизельных топлив	107
5.3. Компонентный состав	117
5.3.1. Базовые компоненты	117
5.3.2. Присадки	118
5.4. Ассортимент и марки современных дизельных топлив	120
Глава 6. Тяжелые моторные и судовые топлива	126
6.1. Общие требования к тяжелым моторным и судовым топливам	126
6.1.1. Требования, связанные с работой судового двигателя	127
6.1.2. Эксплуатационные требования	127
6.1.3. Требования производства	128
6.1.4. Экологические требования	128

6.2. Основные нормируемые показатели качества тяжелых моторных и судовых топлив ...	129
6.3. Компонентный состав.....	132
6.3.1. Базовые компоненты	133
6.3.2. Присадки.....	134
6.4. Ассортимент и марки топлив.....	134
Глава 7. Газотурбинные топлива	142
7.1. Общие требования к топливам для газовых турбин	142
7.1.1. Требования, связанные с работой газовой турбины	142
7.1.2. Эксплуатационные требования	143
7.1.3. Требования производства	144
7.1.4. Экологические требования.....	144
7.2. Основные нормируемые показатели качества газотурбинных топлив	145
7.3. Компонентный состав.....	150
7.3.1. Базовые компоненты	150
7.3.2. Присадки.....	151
7.4. Ассортимент и марки газотурбинных топлив	152
Глава 8. Углеводородные газы как моторные топлива	154
8.1. Общие требования к газовым моторным топливам	155
8.1.1. Требования, связанные с работой двигателя.....	155
8.1.2. Эксплуатационные требования	157
8.1.3. Требования производства	157
8.1.4. Экологические требования.....	158
8.2. Основные нормируемые показатели качества газовых топлив	158
8.3. Компонентный состав газовых топлив	159
8.4. Ассортимент и марки современных газомоторных топлив	160
Заключение	162
Библиографический список.....	163

УСЛОВНЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

ВКЩ – водорастворимые кислоты и щелочи
ВРД – воздушно-реактивный двигатель
ГПЗ – газоперерабатывающий завод
ГТУ – газотурбинная установка
ДВС – двигатель внутреннего сгорания
ДИБ-ПКЖ – комплекс диизобутилена и пентакарбонилжелеза
ДНП – давление насыщенных паров
ЕЭС – Европейское экономическое сообщество
ЖРД – жидкостной ракетный двигатель
ИИ – индекс испаряемости
ИПП – максимальный индекс паровой пробки
КПГ – компримированный природный газ
МТБЭ – метил-трет-бутиловый эфир
МЦТМ – метилциклопентадиенилтрикарбонилмарганец
ПАВ – поверхностно-активные вещества
ПКЖ – пентакарбонилжелезо
ПОДФА – *n*-оксидифениламин
СНГ – сжиженный нефтяной газ
СПГ – сжиженный природный газ
ТКВРД – турбокомпрессорный воздушно-реактивный двигатель
ТМС – тетраметилсвинец
ТЭС – тетраэтилсвинец
ЦТМ – циклопентадиенилтрикарбонилмарганец
ЦИ – цетановый (дизельный) индекс
ЦЧ – цетановое число
УРТ – удельный расход топлива, г/(кВт·ч)
УОЗ – угол опережения зажигания, град.
% мас. – массовые проценты
% об. – объемные проценты

ВВЕДЕНИЕ

Последние 30–35 лет характеризуются непрерывным ростом потребления первичных энергоресурсов в мире. Так, с 1973 по 2004 год этот показатель увеличился в 1,83 раза – с 6 035 до 11 059 млн т (в нефтяном эквиваленте). Мировая структура этого потребления за те же годы претерпела большие изменения: доля нефти снизилась с 45,0 до 34,3 %, в то время как доля атомной энергии увеличилась с 0,9 до 6,5 %, а доля газа – с 16,2 до 20,9 %. По-прежнему основными первичными энергоресурсами остаются нефть, уголь и газ, на долю которых в 2004 году приходилось 80 % всех первичных энергоресурсов в мире.

С 1973 по 2005 год в мире в 1,4 раза увеличилось производство нефти – с 2 867 до 3 923 млн т, причем на долю 10 стран – основных ее производителей – в 2005 году приходилось 62,3 % мирового производства. Россия по объему добычи нефти занимает второе место в мире после Саудовской Аравии (470 млн т, или 12,0 % мировой добычи). Главный потребитель нефти в мире – США – 26 % в общемировом объеме импорта нефти (данные 2004 года).

Основными продуктами, получаемыми из нефти, остаются и будут оставаться в перспективе на 25–50 лет моторные топлива для двигателей внутреннего сгорания, при этом не произойдет кардинальной смены основного типа двигателя внутреннего сгорания: к 2030 году бензиновые и дизельные двигатели будут составлять 84 % от общего объема двигателей; двигатели, работающие на природном газе, – 8 %, а гибридные двигатели и двигатели с использованием топливных элементов – по 4 % от общего объема двигателей.

В 2006 году суммарные объемы собственного производства нефтяных моторных топлив составляли, млн т: в России – 102,2, в США – 607, в Западной Европе – 587. В России больше всего производится дизельного топлива – 60,1 млн т/год, в США – автомобильных бензинов (380 млн т/год), а в Западной Европе – реактивного топлива (325 млн т/год).

По мере развития моторостроения, увеличения объема выпуска и совершенствования двигателей внутреннего сгорания ужесточаются и требования к эксплуатационным и экологическим показателям качества моторных топлив, применяемых в этих двигателях.

В двигателях внутреннего сгорания различных типов используются соответствующие моторные топлива: автомобильные и авиационные бензины, дизельные топлива для быстроходных дизелей, реактивные и ракетные топлива, газотурбинные топлива, тяжелые моторные и судовые топлива для тихоходных дизелей, а также сжатый (компримированный) природный газ и сжиженные природные и нефтяные газы. В качестве ракетного топлива для мощных ракетных носителей некоторых типов используется жидкий водород; проводятся испытания по его применению на автомобильной и авиационной технике.

Данное учебное пособие посвящено вопросам принципиального устройства и работы наиболее распространенных двигателей внутреннего сгорания и применения в них соответствующих моторных топлив, произведенных из нефтяного и газового сырья. Сформулированы требования к моторным топливам, предъявляемые конструкторами двигателей, специалистами, занимающимися транспортировкой и хранением топлив, их производителями и экологами. Рассмотрены вопросы компаундирования топлив из базовых и других компонентов, химмотологии и влияния установленных показателей качества и составов топлив на их эксплуатационные, экологические и другие характеристики. Приведены современные ассортименты и марки различных моторных топлив.

Усвоение студентами материала учебного пособия позволит поднять уровень их подготовки по вопросам производства и применения моторных топлив до требований современности и сформировать представления о перспективах и направлениях повышения качества существующих и разработки новых, экологически чистых видов топлив для двигателей внутреннего сгорания.

Г Л А В А 1

КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Тепловые двигатели, широко применяемые в настоящее время в различных сферах деятельности человека, используют теплоту сгорания различных видов топлив (от дров и углей до самого современного – водорода) и преобразуют ее в механическую энергию. Они подразделяются на двигатели с внешним сгоранием (паровые машины и паровые турбины) и двигатели внутреннего сгорания.

В двигателях с внешним сгоранием топливо сжигают в специальных топках, а выделяющееся при этом тепло используют для обогрева котлов, в которых генерируют водяной пар – рабочее тело паровых машин и паровых турбин. В настоящее время для генерации водяного пара и привода паровых турбин на электростанциях, надводных и подводных кораблях и судах и других объектах достаточно широко применяют также ядерные энергетические установки.

В двигателях внутреннего сгорания (ДВС), которые получили наибольшее распространение, основные процессы – сжигание топлива и выделение теплоты с преобразованием ее в механическую работу – происходят непосредственно в двигателе. Эти двигатели используют в качестве силовых установок во всех видах транспорта (автомобильном, железнодорожном, водном и воздушном), а также как источник механической энергии в различных отраслях промышленности, сельскохозяйственном производстве, строительстве.

Классификация двигателей внутреннего сгорания приведена на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Классификация двигателей внутреннего сгорания

Различают двигатели внутреннего сгорания с периодическим сгоранием топлива, называемые также поршневыми двигателями, и двигатели с непрерывным сгоранием топлива, к которым относятся реактивные двигатели и газовые турбины.

1.1. Двигатели с периодическим сгоранием топлива

Наиболее распространенные в мире двигатели с периодическим сгоранием топлива иначе называют поршневыми двигателями. Они будут оставаться основным типом двигателей и в ближайшей перспективе (до 2030 года).

Спецификой работы поршневого двигателя являются цикличность и обусловленная ею периодичность процесса сгорания топлива и преобразования тепловой энергии в механическую. Поршневые ДВС подразделяют на двигатели с принудительным воспламенением топливовоздушной смеси от электрической искры (первый четырехтактный двигатель был создан немецким техником Н. Отто в 1876 году) и на дизельные двигатели с самовоспламенением топлива в сжатом воздухе (названы по имени изобретателя – немецкого механика Р. Дизеля, создавшего первый образец этого двигателя в 1892 году).

Для отвода избыточного тепла сгорания топлива все ДВС оборудуются системой охлаждения: жидкостной (цилиндр снаружи омывается охлаждающей жидкостью) или воздушной (цилиндр снаружи обремен и принудительно омывается потоком воздуха).

1.1.1. Двигатели с принудительным воспламенением

Схема простейшего одноцилиндрового двигателя с принудительным воспламенением топливовоздушной смеси приведена на рис. 1.2.

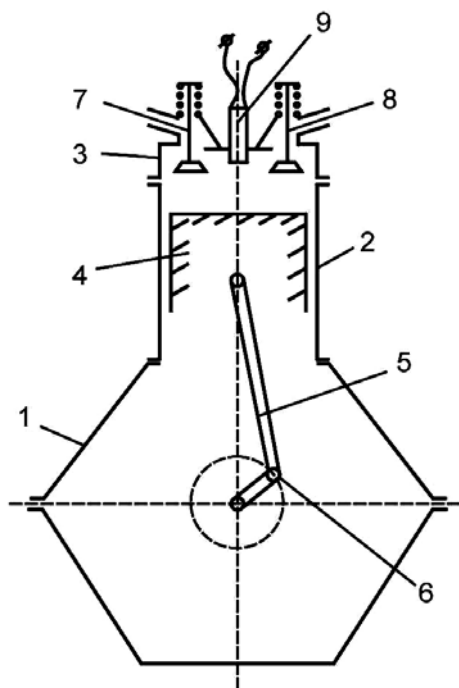


Рис. 1.2. Схема простейшего одноцилиндрового двигателя с принудительным воспламенением топливовоздушной смеси: 1 – картер; 2 – цилиндр; 3 – головка цилиндра; 4 – поршень; 5 – шатун; 6 – коленчатый вал; 7 – впускной клапан; 8 – выпускной клапан; 9 – свеча зажигания

Этот двигатель состоит из следующих основных частей: картера 1, цилиндра 2, головки цилиндра 3, поршня 4, шатуна 5, коленчатого вала 6, впускного 7 и выпускного 8 клапанов и электрической свечи зажигания 9.

Пространство, ограниченное стенками цилиндра, его головкой и поршнем, называется камерой сгорания. Коленчатый вал предназначен для преобразования возвратно-поступательного движения поршня, которое передается на этот вал шатуном, во вращательное.

Топливом для этого типа двигателей являются чаще бензины (жидкие нефтяные или газоконденсатные фракции, выкипающие в интервале температур от 30–35 до 180–215 °С), реже – сжатые и сжиженные углеводородные газы от метана до бутанов. В настоящее время за рубежом начато производство небольшими сериями автомобилей, в двигателях которых в качестве топлива используется водород из газовых баллонов, криогенных баков или топливных элементов, а также начинают применяться гибридные двигатели с выработкой электроэнергии для привода колес автомобиля. К 2030 году прогнозируется использование природного газа на 8 % ДВС (вместе с дизельными двигателями), топливных элементов – на 4 %, гибридных двигателей – также на 4 %.

В России в качестве топлива на двигателях с принудительным воспламенением топливовоздушной смеси в небольших количествах применяются бензолы, представляющие собой смесь бензина и этанола. Содержание этанола в них составляет 5,0–10,0 % об.

ДВС с принудительным воспламенением топливовоздушной смеси разделяются на карбюраторные двигатели и двигатели с непосредственным впрыском топлива в цилиндры.

Среди двигателей с принудительным воспламенением имеются также двигатели Стирлинга, работающие на водороде; двигатели с послойным сжиганием топлива, к.п.д. которых выше на 15–20 % и в которых используется топливо более широкого фракционного состава (30–260 °С); роторно-поршневой двигатель Ванкеля, имеющий очень низкую вибрацию и меньшие в 2–3 раза габариты. Однако эти двигатели широкого распространения не получили.

Карбюраторные двигатели. Основным отличительный признак карбюраторных двигателей – это образование топливовоздушной смеси вне цилиндра двигателя, ее сжатие в цилиндре и принудительное зажигание от электрической искры. Для образования топливовоздушной смеси вне цилиндра двигателя используется специальное устройство – карбюратор, в котором в поток засасываемого в цилиндр воздуха при возникающем при этом разрежении через специальные дозаторы (жиклеры) подсасывается определенная порция бензина. По пути в цилиндр во всасывающем трубопроводе (или коллекторе) этот бензин испаряется, образуя с воздухом топливовоздушную смесь. Жиклеры позволяют обогащать или обеднять топливовоздушную смесь. При богатой смеси коэффициент избытка воздуха в ней по сравнению с теоретически необходимым количеством для полного сгорания топлива составляет 0,6–0,8; при бедной смеси этот коэффициент достигает значений 0,9–1,1. Таким образом, при