

# Дисциплина «Применение горючего на авиационной технике и при проведении авиационных работ»

## Тема № 2. Топлива, применяемые на воздушных судах и наземной технике при проведении авиационных работ

### Занятие №7. Применение дизельных топлив

#### СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ

##### Введение

##### Учебные вопросы:

1. Условия применения и требования к качеству.
2. Марки, состав и применение дизельных топлив.
3. Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив.

##### Заключение

## Литература

### Основная:

1. Применение горючего на авиационной технике и при проведении авиационных работ. Жидкие нефтяные топлива. Учебное пособие / составители М.А. Егоров, А.В. Калякин, Р.Р. Файзуллин – Ульяновск: УВАУ ГА (И), 2014. - 168 с.
2. Химмотология горюче-смазочных материалов. Научно-техническое издание/ А.С. Сафонов, А.И.Ушаков. В.В.Гришин В.В. – Санкт-Петербург: «НПИКЦ», 2007. – 488 с.

### Дополнительная:

1. Применение горючего на военной технике: учебник/Е.И.Гулин, А.Ф.Горенков, С.Н. Зайцев, и др. – М.: ВОЕННОЕ ИЗДАНИЕ, 1989. - 432 с.
2. Химмотология горючего. Учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1 / А.Н.Литвиненко, Н.В.Логинов, Н.В. Волков, Р.Р.Файзуллин, А.В. Калякин и др.; Под ред. А.Н.Литвиненко. – Ульяновск: УВВТУ, 2005. С. 262 с.
3. Химмотология. Учебник / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи – М.: ХИМИЯ, 1986. - 366 с.

# 1. Условия применения и требования к качеству.

К **дизельным топливам** относятся топлива для двигателей с воспламенением топливно-воздушной смеси от сжатия (дизелей).

### **Условия применения**

Специфической особенностью дизельного двигателя является то, что смесеобразование в нем происходит непосредственно в камере сгорания, а образовавшаяся рабочая смесь самовоспламеняется за счет энергии адиабатически сжатого воздуха.

Впрыск топлива производится в среду горячего (**500-700°C**) и сильно сжатого воздуха (**степень сжатия воздуха в дизеле достигает 14 - 18 и выше**). Для обеспечения хорошего распыла (**средний диаметр капель 10 - 100 мкм**) и смесеобразования топливо в цилиндр подается под давлением (**до 150 МПа и выше**). Для этого используется специальная аппаратура, включающая насосы высокого давления и форсунки или насоса-форсунки.

***Топливо в дизельном двигателе выполняет не только роль горючего, но и используется в качестве смазочного материала трущихся деталей топливной аппаратуры.***

В быстроходных дизелях смесеобразование осуществляется в весьма короткие промежутки времени (**за 0,003-0,006 с**).

Для дизелей наиболее важным является мягкая и жесткая работа двигателя, которая определяется *скоростью нарастания давления в камере сгорания на градус поворота коленчатого вала*.

Средняя величина жесткости работы современных быстроходных дизелей находится в пределах **0,4...0,5 МПа/град.п.к.в.** (в зависимости от степени сжатия). При больших скоростях нарастания давления наблюдается жесткая работа двигателя.

**Период задержки самовоспламенения** (ПЗВ) топлива оказывает решающее влияние на скорость нарастания давления в камере и зависит при прочих равных условиях от строения и химической активности углеводородов, входящих в состав дизельного топлива.

Наибольшим ПЗВ обладают ароматические углеводороды, далее идут изоалканы, нафтены и непредельные углеводороды. Наименьшим ПЗВ обладают алканы нормального строения.

## Требования к дизельным топливам

- бесперебойно поступать в цилиндры двигателя при любых температурах и обеспечивать легкий пуск двигателя;
- обеспечивать хорошее распыливание и смесеобразование в цилиндрах двигателя;
- легко воспламеняться и плавно сгорать, обеспечивая мягкую и бездымную работу двигателя;
- образовывать минимальное количество нагара, отложений и не должно вызывать коррозии и коррозионных износов деталей, соприкасающихся с дизельным топливом и продуктами его сгорания.

## **2. Марки, состав и применение дизельных топлив.**

## ГОСТ 305-2013

Распространяется на ДТ для быстроходных дизельных и газотурбинных двигателей наземной и судовой техники.

Топливо с содержанием серы 2000 мг/кг поставляется по государственному оборонному заказу и на экспорт.

Данное топливо не допускается к реализации через АЗС.



# ГОСТ 305-2013

## Классификация

Л – летнее, рекомендуемое для эксплуатации при температуре окружающего воздуха минус 5 °С и выше;

Е – межсезонное, при минус 15 °С и выше;

З – зимнее, до минус 25 °С (ПТФ – не выше минус 25 °С) и до минус 35 °С (ПТФ – не выше минус 35 °С);

А – арктическое, при минус 45 °С и выше.

# ГОСТ 305-2013

## Обозначение

Для марки Л – температуру вспышки и экологический класс.

Пример: **ДТ-Л-40-К2 по ГОСТ 305-2013.**

Для марок Е, З – ПТФ и экологический класс.

Пример: **ДТ-Е-минус 15-К2 по ГОСТ 305-2013**

**ДТ-З-минус 25-К2 по ГОСТ 305-2013**

Для марки А – экологический класс.

Пример: **ДТ-А-К2 по ГОСТ 305-2013**

## ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009), ГОСТ 32511-2013

Настоящий стандарт предусматривает производство дизельных топлив ЕВРО.

### Обозначение

Для топлива, применяемого в умеренном климате – сорт (А, В, С, D, Е, F) и вид (вид I, вид II, вид III).

Пример: **Топливо дизельное ЕВРО сорт С вид III ((ДТ-5) (ДТ-К5)) по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009)**

Для топлива, применяемого в холодном и арктическом климате – класс (0, 1, 2, 3, 4) и вид (вид I, вид II, вид III).

Пример: **Топливо дизельное ЕВРО класс1 вид III ((ДТ-5) (ДТ-К5)) по ГОСТ Р 52368-2005 (ЕН 590:2009)**

## Компонентный состав дизельных топлив

Дизельные топлива получают компаундированием (смешением) керосино-газойлевых фракций различных технологических процессов: прямой перегонки нефти, каталитического крекинга прямогонного вакуумного дистиллята, гидроочистки, депарафинизации и т.д.

Для повышения цетанового числа в топливо добавляют

**цетаноповышающие присадки** до 1 % масс. (ЦГН-циклогексилнитрат, Миакрон-2000-2-этилгексилнитрат, Kerobrisol EHN, Paradine 668, LZ 8090, ADX 743). В среднем повышение ЦЧ на 2-4 ед. при 0,05% присадки, на 6-8 ед. при 0,2% присадки.

Для обеспечения необходимого уровня противоизносных свойств добавляют **противоизносные присадки** от 50 до 250 мг/кг (Альта, Каскад-5, Kerokorr LA95, LA96, LA99, Dodilube V4716, V4377, 4940, Paradyne 655, ADX 4101B).

Кроме того, для производства зимних и арктических дизельных топлив добавляют к летним и зимним соответственно **депрессорные и депрессорно-диспергирующие присадки** (ВЭС-410Д, Аспект-Д, Keroflux-5486, Dodiflow-4134, Paraflow-430, ЕСА-5920 и др.).

**Депрессорные присадки**, как правило, не влияют на температуру помутнения, но значительно понижают предельную температуру фильтруемости топлива.

При длительном хранении дизельных топлив с депрессорными присадками при температуре ниже температуры помутнения в топливе может образоваться осадок кристаллов парафина. При нагревании топлив выше температуры помутнения эти кристаллы могут не раствориться. Поэтому такие топлива рекомендуется хранить в заглубленных резервуарах, где температура не снижается ниже температуры помутнения топлива.

Вводятся 25-500 г/т в неразбавленном виде при температуре 30 °С. При более низких температурах их разбавляют с нефтя (1:1) или керосином (1:3). В средний дистиллят вводят при температуре на 10 °С выше температуры помутнения.

## Требования к характеристикам дизельного топлива ЕВРО (ТР)

Характеристики дизельного топлива	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса			
		Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	350	50	10
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже: для летнего и межсезонного дизельного топлива для зимнего и арктического дизельного топлива	°С	40	40	55	55
		30	30	30	30
Фракционный состав – 95 процентов объемных перегоняется при температуре, не выше	°С	360	360	360	360
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%	-	11	11	8
Цетановое число для летнего дизельного топлива, не менее		45	51	51	51
Цетановое число для зимнего и арктического дизельного топлива, не менее		-	47	47	47
Предельная температура фильтруемости, не выше: зимнего арктического межсезонного	°С	-20	-20	-20	-20
		-38	-38	-38	-38
		-15	-15	-15	-15
Смазывающая способность, не более	мкм	460	460	460	460

## Требования к дизельным топливам (ГОСТ 305-2013)

Наименование показателя	Значение для марки				Метод испытания
	Л	Е	З	А	
Цетановое число, не менее	45,0				По ГОСТ 3122, ГОСТ Р ЕН 15195
Плотность при 15 °С, кг/м	863,4	863,4	843,4	833,5	По ГОСТ Р 51069
Массовая доля сероводорода	отсутствие				По ГОСТ 17323
Массовая доля серы, мг/кг, не более	2000 500				По ГОСТ 32139 По ГОСТ ISO 20846
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,01				По ГОСТ 17323
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже: для тепловозных и судовых дизелей и газовых турбин для дизелей общего назначения	62 40	62 40	40 30	35 30	По ГОСТ 6356, ГОСТ Р ЕН ИСО 2719
Коксуемость 10%-ного остатка, % (по массе), не более	0,20				По ГОСТ 19932
Зольность, %, не более	0,01				По ГОСТ 1461
Содержание воды, мг/кг, не более	200				По ЕН ИСО 12937
Общее загрязнение, мг/кг, не более	24				По ЕН 12662
Испытание на медной пластинке	Выдерживает Класс 1				По ЕН ИСО 2160
Содержание ВКЩ	отсутствие				По ГОСТ 6307
Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более	5				По ГОСТ 5985

## Требования к дизельным топливам (ГОСТ 305-2013)

Наименование показателя	Значение для марки				Метод испытания
	Л	Е	З	А	
Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более	6				По ГОСТ 2070
Фракционный состав: 50% перегоняется при температуре, °С, не выше	280		255		По ГОСТ Р 51069
95% (по объему) перегоняется при температуре, °С, не выше	360		360		
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с	3,0-6,0	3,0-6,0	1,8-5,0	1,5-4,0	По ГОСТ 33
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-5	-15	-25 -35	-45	По ГОСТ 22254



## Требования к дизельным топливам ЕВРО (ГОСТ Р 52368-2005)

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
Цетановое число, не менее	51,0	По ГОСТ 3122, ГОСТ Р 52709, ГОСТ Р ЕН 15195
Цетановый индекс, не менее	46,0	
Плотность при 15 °С, кг/м	820-845	По ГОСТ Р 51069, ГОСТ Р ИСО 3675-2007
Полициклические ароматические углеводороды , % (по массе), не более	8,0	По ГОСТ Р ЕН 12916
Содержание серы, мг/кг, не более, для топлива:		
вид I	350,0	По ГОСТ Р 51947
вид II	50,0	По ГОСТ Р 52660, ГОСТ Р ЕН ИСО 20846
вид III	10,0	По ГОСТ Р 52660, ГОСТ Р ЕН ИСО 20846
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, выше	55	По ГОСТ 6356, ГОСТ Р ЕН ИСО 2719
Коксуемость 10%-ного остатка разгонки, % (по массе), не более	0,30	По ГОСТ 19932
Зольность, % (по массе), не более	0,01	По ГОСТ 1461
Содержание воды, мг/кг, не более	200	По ЕН ИСО 12937
Общее загрязнение, мг/кг, не более	24	По ЕН 12662
Коррозия медной пластинки (3 ч при 50 °С), единицы по шкале	Класс 1	По ЕН ИСО 2160
Окислительная стабильность:		По ГОСТ Р ЕН ИСО 12205
общее количество осадка, г/м, не более	25	

## Требования к дизельным топливам ЕВРО (ГОСТ Р 52368-2005)

Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при 60 °С, мкм, не более	460	По ГОСТ Р ИСО 12156-1
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм <sup>2</sup> /с	2,00-4,50	По ГОСТ 33
Фракционный состав: при температуре 250 °С, % (по объему), менее при температуре 350 °С, % (по объему), не менее 95% (по объему) перегоняется при температуре, °С, не выше	65 85 360	По ГОСТ 2177 (метод А), ГОСТ Р ЕН ИСО 3405
Содержание метиловых эфиров жирных кислот, % (по объему), не более	7,0	По ЕН 14078

### Примечание:

1. Для топлива, получаемого прямой перегонкой нефти, допускается на месте производства заменять определение цетанового числа по ГОСТ 3122 расчетным методом цетанового индекса.
2. Для расчета цетанового индекса необходимо определить точки отгона 10%, 50% и 90% (по объему).
3. Топливо *вида III* с содержанием серы не более 10 мг/кг в сопроводительных документах допускается обозначать как "не содержащее серы".

## Требования к топливу для умеренного климата

Наименование показателя	Значение для сорта						Метод испытания
	A	B	C	D	E	F	
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	5	0	-5	-10	-15	-20	По ГОСТ 22254

## Требования к топливу для холодного и арктического климата

Наименование показателя	Значение для класса					Метод испытания
	0	1	2	3	4	
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44	По ГОСТ 22254
Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34	По ЕН 23015
Плотность при 15 °С, кг/м	800- 845	800-845	800-840	800-840	800-840	По ГОСТ Р 51069
Кинематическая вязкость при 40 °С, мм /с	1,50-4,00	1,50-4,00	1,50-4,00	1,40-4,00	1,20-4,00	По ГОСТ 33
Цетановое число, не менее	49,0	49,0	48,0	47,0	47,0	По ГОСТ 3122, ГОСТ Р 52709
Цетановый индекс, не менее	46,0	46,0	46,0	43,0	43,0	По ЕН ИСО 4264, АСТМ Д 4737
Фракционный состав:						По ГОСТ 2177 (метод А), ГОСТ Р ЕН ИСО 3405
до температуры 180 °С, % (по объему), не более	10	10	10	10	10	
до температуры 340 °С, % (по объему), не менее	95	95	95	95	95	
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	55	55	40	30	30	По ГОСТ Р ЕН ИСО 2719, ГОСТ 6356

## Требования безопасности

Топливо является малоопасной жидкостью и относится к **4-му классу опасности**.

Топливо раздражает слизистую оболочку и кожу человека, вызывая ее поражение и возникновение кожных заболеваний. Постоянный контакт с топливом может вызвать острые воспаления и хронические экземы.

ПДК паров у/в в воздухе рабочей зоны - **900/300 мг/м<sup>3</sup>**.

Топливо представляет собой ЛВЖ с температурой самовоспламенения **310 °С**; ТПРП: нижний - **69 °С**, верхний - **105 °С**. Взрывоопасная концентрация паров топлива в смеси с воздухом **2%-3%** (по объему).

*При работе с топливом выполнять все меры безопасности, что и с бензинами.*

### **3. Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив.**

## **Основные эксплуатационные свойства дизельных топлив**

**Наибольшее влияние на полноту и качество сгорания, а следовательно, на эффективность и надежность использования техники оказывают следующие эксплуатационные свойства дизельных топлив:**

- испаряемость;**
- воспламеняемость и горючесть;**
- прокачиваемость;**
- стабильность и склонность к образованию отложений;**
- совместимость с конструкционными материалами.**

## Испаряемость

**Испаряемость** оказывает влияние на легкость и продолжительность запуска холодного двигателя, скорость и теплоту сгорания топлива в цилиндре дизеля и, в конечном счете, на эффективность рабочего процесса. Испаряемость зависит главным образом от **фракционного состава**.



## Воспламеняемость и горючесть

**Воспламеняемость** – способность топлива воспламеняться в условиях применения.

**Воспламеняемость оказывает влияние** на продолжительность запуска, мощность, экономичность и надежность работы двигателя, и оценивается цетановым числом.

**Цетановое число** - показатель самовоспламеняемости топлива численно равный процентному (по объему) содержанию цетана в такой его смеси с альфаметилнафталином, которая по самовоспламеняемости при стандартных условиях испытания на специальном одноцилиндровом двигателе эквивалентна испытываемому топливу.

Чем выше цетановое число, тем ниже скорость нарастания давления, менее жестко работает двигатель. Однако при повышении цетанового числа топлива сверх оптимального, обеспечивающего работу двигателя с допустимой жесткостью, ухудшается его экономичность и повышается дымность отработавших газов.

## Воспламеняемость и горючесть

В качестве специальных моторных установок используют установки ИТ9-3М, ИТ9-3, ИТД-69 с рабочим объемом цилиндра двигателя 652 см<sup>3</sup> и переменной степенью сжатия.

Испытуемые и эталонные топлива сравнивают по периоду задержки воспламенения.

Одним из показателей, характеризующих воспламеняемость дизельных топлив, является **температура вспышки** – самая низкая температура топлива (в стандартных условиях), при которой над его поверхностью образуются пары, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для дальнейшего горения.

## Прокачиваемость

**Прокачиваемость** характеризует особенности и результат процесса прокачки дизельного топлива по трубопроводам и топливным системам.

Прокачиваемость дизельных топлив характеризуется такими показателями качества, как **вязкость, предельная температура фильтруемости, содержание механических примесей и воды, температуры помутнения.**

## Стабильность и склонность к образованию отложений

Дизельные топлива представляют собой среднестиллятные нефтяные фракции с высокой физической стабильностью. Химическая стабильность топлив также достаточно высокая. Они могут храниться без значительного изменения качества в течение 3–5 лет.

На образование отложений влияют такие физико-химические характеристики топлива, как фракционный состав, общее содержание сернистых соединений, содержание меркаптановой серы, содержание и характер смолистых веществ. Более тяжелые дизельные топлива образуют больше нагара.

## Совместимость с конструкционными материалами

Для обеспечения длительной надежной эксплуатации двигателей дизельные топлива не должны химически взаимодействовать с деталями топливной аппаратуры и уплотнительно-прокладочными материалами.

**Коррозионная активность дизельных топлив** зависит главным образом от содержания и строения углеродсодержащих примесей. Общее содержание таких примесей, влияющих на коррозионную агрессивность (кислородные и сероорганические соединения), в дизельных топливах в 3–5 раз больше, чем в автомобильных бензинах.

**Совместимость с материалами** оценивается следующими показателями качества:

- массовой долей серы;
- содержанием сероводорода;
- содержанием водорастворимых кислот и щелочей;
- кислотностью;
- испытанием на медной пластинке.