

# 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 №5. Применение топлив для реактивных двигателей

#### СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИИ

##### Введение

##### Учебные вопросы:

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

##### 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. Учебник / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи – М.: ХИМИЯ, 1986. - 366

### 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. 1-262

# 1. Условия применения и требования к качеству.

**Работа АГТД** основывается на создании внутри двигателя мощного газовоздушного потока, способного вращать с высокими скоростями турбину двигателя и создать на выходе из него реактивную тягу, обеспечивающую полет самолетов с высокими скоростями.

**Широкое распространение АГТД объясняется следующими преимуществами их перед поршневыми двигателями:**

- высокий коэффициент полезного действия;
- повышение силы тяги и тяговой мощности двигателя с увеличением скорости полета, что позволяет осуществить сверхзвуковые скорости полета летательных аппаратов;
- простота конструкции – отсутствие сложного и тяжелого кривошипно-шатунного механизма;
- сравнительно меньшая удельная масса двигателя по отношению к общей полетной массе летательного аппарата;
- возможность применения более дешевых групп топлива с меньшей пожароопасностью по сравнению с высокооктановыми авиационными бензинами.

Из существующих типов АГТД наибольшее распространение получили турбореактивные и турбовинтовые двигатели (ТРД и ТВД).

## Рабочий процесс авиационного газотурбинного двигателя

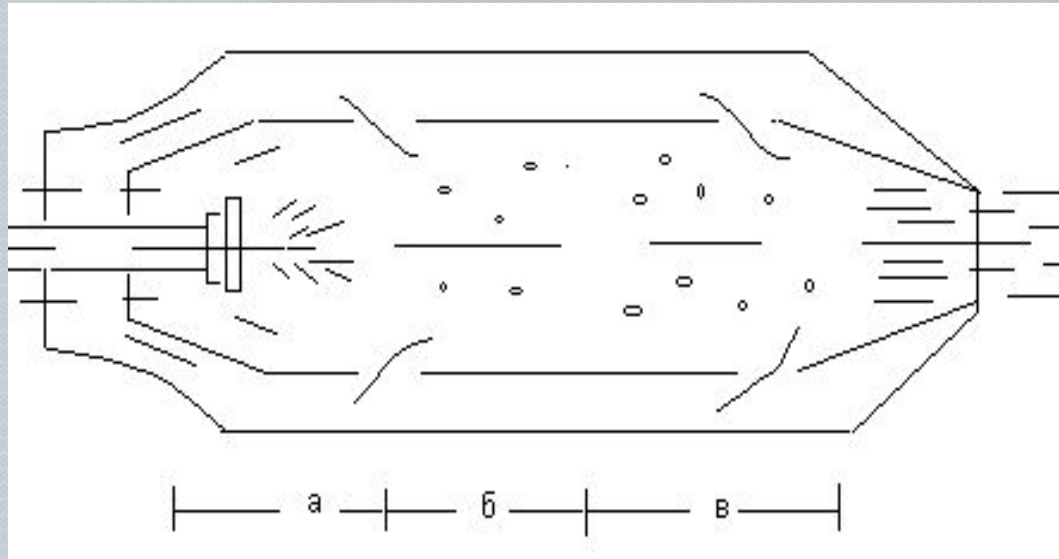


Схема развития процесса горения в ТРД:

а – зона образования горючей смеси; б – зона горения; в – зона смешения

В камере сгорания условно можно выделить **три зоны**.

**В первой** происходит распыление, испарение, смешение и образование горючей смеси с  $\alpha = 1$ .

**Во второй** осуществляется воспламенение и горение. Образовавшиеся газы имеют высокую температуру и не могут направляться непосредственно на лопатки турбин.

**В третьей зоне** продукты сгорания смешиваются с воздухом и поступают далее на направляющий аппарат с температурой до  $1270^{\circ}\text{C}$ , обеспечивающей надежность работы турбины.

## Особенности рабочего процесса АГТД:

1. Испарение капель и перемешивание паров топлива с воздухом происходит в потоке, движущемся со скоростью 40-60 м/с в связи с чем на процесс смесеобразования в АГТД отводится 0,003...0,005 с.
2. Топливо, впрыскиваемое по давлением 4-6 МПа в камеру сгорания, попадает в поток сжатого воздуха ( $P_{\text{в}} = 0,66 - 0,8$  МПа;  $t = 200-400^{\circ}\text{C}$ ). Впрыск осуществляется центробежными форсунками при этом обеспечивается топливная смесь, близкая стехиометрическому составу.
3. Горение в АГТД происходит как непрерывный процесс в быстродвижущемся турбулентном газовом потоке со скоростью 40-60 м/с.
4. Сгорание происходит без четкого разделения на стадии испарения, смесеобразования и воспламенения, осуществляется с большой скоростью и с большим тепловыделением.
5. Нарушение равенства скорости распространения фронта пламени и скорости движения топливовоздушного потока может привести к срыву пламени.
6. Процесс сгорания топлива в АГТД осуществляется при большом суммарном коэффициенте избытка воздуха (при  $\alpha = 4,5$ ).

## **Требования к качеству топлив для реактивных двигателей:**

- хорошая испаряемость для обеспечения полноты сгорания;**
- высокая полнота и теплота сгорания, определяющие дальность полета самолета;**
- хорошие прокачиваемость и низкотемпературные свойства для обеспечения подачи топлива в камеру сгорания;**
- низкая склонность к образованию отложений, характеризуемая высокой химической и термоокислительной стабильностью;**
- хорошая совместимость с материалами, низкие противокоррозионные свойства по отношению к металлам и отсутствие воздействия на резиновые технические изделия;**
- хорошие противоизносные свойства, обуславливающие небольшое изнашивание деталей топливной аппаратуры;**
- оптимальные антистатические свойства, препятствующие накоплению зарядов статического электричества, что обеспечивает пожаробезопасность при заправке летательных аппаратов.**

## **2. Марки, состав и применение для реактивных двигателей.**



## Марки топлив для реактивных двигателей

1. **ГОСТ 10227-86** Топлива для реактивных двигателей.

Технические условия.

(С 1.01.2017 г. ГОСТ 10227-2013).

Для реактивных двигателей авиации с дозвуковой скоростью предусмотрен выпуск топлив **Т-1**, **ТС-1** и **Т-2**, а также топлива **РТ**, которое, кроме того, используется для сверхзвуковых самолетов с ограниченной продолжительностью полета.

2. **ГОСТ 12308-2013** Топлива термостабильные **Т-6** и **Т-8В** для реактивных двигателей. Технические условия.

Топлива предназначены для сверхзвуковой авиации.

3. **ГОСТ Р 52050-2006, ГОСТ 32595-2013** Топливо авиационное для газотурбинных двигателей **Джет А-1** (**JET A-1**). Технические условия.

## Топлива для дозвуковой авиации

Топливо **Т-1** представляет собой прямогонную керосиновую фракцию из малосернистых нефтей, выкипающую при температуре от **130 до 280°C** ( $t^{\circ}_{\text{н.п.}}$  не выше 150°C). По термической стабильности оно не отвечает современным требованиям и уступает другим маркам авиакеросинов. Максимальная температура осадкообразования для топлива Т-1 составляет 160°C. В настоящее время производство топлива Т-1 очень ограничено.

Топливо **ТС-1** - представляет собой лигроино-керосиновую фракцию прямой переработки сернистых нефтей. Практически ТС-1 выкипает в пределах **140-250°C** ( $t^{\circ}_{\text{н.п.}}$  не выше 150°C). Конец кипения топлива ТС-1 ограничивается не более 250°C, чтобы понизить температуру начала кристаллизации (**не выше -60°C**) и уменьшить содержание сернистых соединений, смолистых веществ и нестабильных углеводородов.

## Топлива для дозвуковой авиации

Топливо **Т-2** – продукт прямой перегонки широкого фракционного состава, выкипающий при температуре от **60 до 280°C**, в основном, вырабатываемое из сернистых нефтей. Оно представляет собой смесь бензино-лигроино-керосиновых фракций. За счет вовлечения в состав топлив прямогонных бензиновых фракций позволяет увеличить выход топлива из нефти в **1,5-2 раза** по сравнению с ТС-1.

В настоящее время Т-2 не выпускается, но предназначено для массового выпуска в особый период.

Топливо **Джет А-1 (JET A-1)** проходит гидроочистку, в его составе имеются антистатическая присадка СТАДИС 450 (STADIS 450) не более  $3 \text{ мг/дм}^3$  и стабилизирующая (антиокислительная) присадки, содержащие 2,6-дитретбутилфенола, 2,6-дитретбутил-4-метилфенола, 2,4-диметил-6-третбутилфенола, а также их смеси. При производстве топлива в него может быть введено от  $15$  до  $23 \text{ мг/дм}^3$  противоизносной присадки Хайтек 580 (Hitec 580). Количество введенных присадок не должно превышать  $24 \text{ мг/дм}^3$  активных компонентов (без растворителя).

## Топливо для дозвуковой и сверхзвуковой авиации

Топливо **РТ** представляет собой фракцию, выкипающую при температуре от **135 до 280°С**, получают прямой перегонкой нефти с применением процесса гидроочистки. Топливо РТ получают из сернистых нефтей, из которых нельзя получить топливо ТС-1 из-за высокого содержания меркаптановой серы. В топливо добавляют два вида присадок: противоизносную (присадка «К», Хайтек 580 - 0,003-0,007%) и антиокислительную (Ионол, Агидол-1 - 0,002-0,004%). Может храниться до 10 лет без изменения качества и полностью обеспечивает ресурс работы двигателя.

## Топлива для сверхзвуковой авиации

Топливо **T-6** представляет собой керосино-газойлевую фракцию, выкипающую в пределах **195-315°C**. Его получают путем глубокого гидрирования газойля каталитического крекинга, в результате чего из топлив удаляются нестабильные и коррозионно-агрессивные соединения и снижается содержание ароматических углеводородов.

Для улучшения химической стабильности и повышения противоизносных свойств в топливо вводят присадки: **антиокислительную** Агидол -1 – **0,003-0,004%** и **противоизносную** «К» – **0,002-0,004%**.

Топливо **T-8В** может быть получено гидроочисткой, гидродеароматизацией прямогонных фракций нефти или гидрокрекингом вакуумного газойля. Температурные пределы выкипания топлива 165-280 °С.

Для улучшения эксплуатационных свойств в топливо добавляют те же присадки, что и в топливо T-6.

## Требования к характеристикам топлива для реактивных двигателей (ТР)

| Характеристики топлива  | Единица измерения  | Нормы в отношении                |            |                                      |
|---|--------------------|----------------------------------|------------|--------------------------------------|
|   |                    | ВС с дозвуковой скоростью полета |            | ВС со сверхзвуковой скоростью полета |
|   |                    | Джет А-1                         | ТС-1       |                                      |
| Кинематическая вязкость при температуре минус 40 °С, не более   | мм <sup>2</sup> /с | -                                | 8          | 16                                   |
| Кинематическая вязкость при температуре минус 20 °С, не более   | мм <sup>2</sup> /с | 8                                | -          | -                                    |
| Температура:<br>начала кристаллизации, не выше<br>замерзания, не выше   | °С                 | -<br>-47                         | -50<br>-   | -50<br>-                             |
| Фракционный состав:<br>10% фракции отгоняется при температуре, не выше<br>50% фракции отгоняется при температуре, не выше | °С                 | 205<br>300                       | 165<br>230 | 220<br>290                           |
| Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже   | °С                 | 38                               | 28         | 28                                   |
| Объемная* (массовая) доля ароматических углеводородов, не более   | %                  | 25*                              | 22         | 22                                   |
| Массовая доля общей серы, не более  | %                  | 0,25                             | 0,2        | 0,1                                  |
| Массовая доля меркаптановой серы, не более  | %                  | 0,003                            | 0,003      | 0,001                                |
| Высота некопящего пламени, не менее   | мм                 | 25                               | 25         | 20                                   |

**Примечание:** топлива для реактивных двигателей, применяемых в холодных и арктических климатических районах России должны иметь температуру начала кристаллизации не выше минус 60 °С.

## Требования к характеристикам топлива для реактивных двигателей (ТР)

| Характеристики топлива   | Единица измерения       | Нормы в отношении                |            |                                      |
|--|-------------------------|----------------------------------|------------|--------------------------------------|
|  |                         | ВС с дозвуковой скоростью полета |            | ВС со сверхзвуковой скоростью полета |
|  |                         | Джет А-1                         | ТС-1       |                                      |
| Содержание механических примесей и воды  | -                       | отсутствие                       | отсутствие | отсутствие                           |
| Содержание фактических смол, не более  | мг/100 см <sup>3</sup>  | 7                                | 7          | 7                                    |
| Термоокислительная стабильность при контрольной температуре*, не ниже:<br>перепад давления на фильтре, не более<br>цвет отложений на трубке (при отсутствии нехарактерных отложений), не более | °С                      | 260                              | 260        | 275                                  |
|  | мм.рт.ст.               | 25                               | 25         | 25                                   |
|  | баллы по цветовой шкале | 3                                | 3          | 3                                    |
| Термоокислительная стабильность динамическим методом при 150-180 °С*:<br>перепад давления на фильтре за 5 ч., не выше<br>отложения на подогревателе, не более                                  | кПа                     | -                                | -          | 10                                   |
|  | баллы                   | -                                | -          | 2                                    |
| Удельная электрическая проводимость*:<br>без антистатической присадки, не более<br>с антистатической присадкой   | пСм/м                   | 10                               | 10         | 10                                   |
|  |                         | 50-600                           | 50-600     | 50-600                               |

**Примечание:** \* - определяется на стадии подготовки производства и гарантируется изготовителем.

## Требования к характеристикам топлива для реактивных двигателей (ГОСТ 10227)

| Наименование показателя   | Норма для марки                                    |  |  |  |     | Метод испытания  |
|---|--|--|--|--|-----|------------------|
|   | ТС-1   | T-1С   | T-1  | T-2  | РТ  |                  |
| 1. Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не менее  | 775  | 800  |  | 755  | 775 | По ГОСТ 3900-85  |
| 2. Фракционный состав:<br>а) температура начала перегонки, °С:<br>не ниже<br>не выше<br>б) 10% отгоняется при температуре, °С, не выше<br>в) 50% отгоняется при температуре, °С, не выше<br>г) 90% отгоняется при температуре, °С, не выше<br>д) 98% отгоняется при температуре, °С, не выше<br>е) остаток от разгонки, %, не более<br>ж) потери от разгонки, %, не более | -<br>150<br>165<br>195<br>230<br>250<br>1,5<br>1,5 | -<br>150<br>175<br>225<br>270<br>280<br>-<br>- | -<br>60<br>-<br>145<br>195<br>250<br>280<br>-<br>- | 135<br>155<br>175<br>225<br>270<br>280<br>1,5<br>1,5 |     | По ГОСТ 2177-99  |
| 3. Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре:<br>20 °С, не менее<br>минус 40 °С, не более  | 1,25<br>8  | 1,5<br>16                                      | 1,05<br>6  | 1,25<br>16   |     | По ГОСТ 33-2000  |
| 4. Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее  | 42900  | 42900  | 43100  | 43120  |     | По ГОСТ 11065-90 |



## Требования к характеристикам топлива для реактивных двигателей (ГОСТ 10227)

| Наименование показателя  | ТС-1     | Т-1С     | Т-1      | Т-2      | РТ           | Метод испытания  |
|--|----------|----------|----------|----------|--------------|--|
| 5. Высота некопящего пламени, мм, не менее                                       | 25       | 20       | 20       | 25       | 25           | По ГОСТ 4338-91  |
| 6. Кислотность, мг КОН на 100 см топлива, не более в пределах                    | 0,7<br>- | 0,7<br>- | 0,7<br>- | 0,7<br>- | -<br>0,2-0,7 | По ГОСТ 5985-79 и п.4.2 настоящего стандарта                 |
| 7. Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более                               | 3,5      | 2,0      | 2,0      | 3,5      | 0,5          | По ГОСТ 2070-82  |
| 8. Температура вспышки, в закрытом тигле, °С, не ниже                            | 28       | 30       | 30       | -        | 28           | По ГОСТ 6356-75  |
| 9. Температура начала кристаллизации, °С, не выше                                | -60      | -60      | -60      | -60      | -55          | По ГОСТ 5066-91, метод Б                                     |
| 10. Термоокислительная стабильность в статических условиях при 150 °С, не более: |          |          |          |          |              | По ГОСТ 11802-88   |
| а) концентрация осадка, мг на 100 см топлива                                     | 18       | 35       | 35       | 18       | 6            |  |
| б) концентрация растворимых смол, мг на 100 см топлива                           | -        | -        | -        | -        | 30           |  |
| в) концентрация нерастворимых смол, мг на 100 см топлива                         | -        | -        | -        | -        | 3            |  |
| 11. Объемная (массовая) доля ароматических углеводородов, %, не более            | 20(22)   | 18(20)   | 18(20)   | 20(22)   | 20(22)       | По ГОСТ Р 52063-2003, ГОСТ Р ЕН 12916-2008 (По ГОСТ 6994-74) |
| 12. Содержание фактических смол, мг на 100 см топлива, не более                  | 5        | 6        | 6        | 5        | 4            | По ГОСТ 1567-97 или по ГОСТ 8489-85                          |
| 13. Массовая доля общей серы, %, не более  | 0,20     | 0,10     | 0,10     | 0,25     | 0,10         | По ГОСТ 19121-73, ГОСТ Р 51947-2002                          |

## Требования к характеристикам топлива для реактивных двигателей (ГОСТ 10227)

| Наименование показателя   | ТС-1        | Т-1С | Т-1 | Т-2   | РТ      | Метод испытания                        |
|---|-------------|------|-----|-------|---------|--|
| 14. Массовая доля меркаптановой серы, %, не более   | 0,003       | -    | -   | 0,003 | 0,001   | По ГОСТ 17323-71 или ГОСТ Р 52030-2003 |
| 15. Массовая доля сероводорода  | Отсутствие  |      |     |       |         | По ГОСТ 17323-71                       |
| 16. Испытание на медной пластинке при 100 °С в течение 3 ч  | Выдерживает |      |     |       |         | По ГОСТ 6321-92                        |
| 17. Зольность, %, не более  | 0,003       |      |     |       |         | По ГОСТ 1461-75                        |
| 18. Содержание водорастворимых кислот и щелочей   | Отсутствие  |      |     |       |         | По ГОСТ 6307-75                        |
| 19. Содержание мыл нафтеновых кислот  | Отсутствие  |      |     |       | -       | По ГОСТ 21103-75                       |
| 20. Содержание механических примесей и воды   | Отсутствие  |      |     |       |         | По п.4.5                               |
| 21. Массовая доля нафталиновых углеводородов, %, не более   | -           |      |     |       | 1,5     | По ГОСТ 17749-72                       |
| 22. Люминометрическое число, не ниже  | -           |      |     |       | 50      | По ГОСТ 17750-72                       |
| 23. Термоокислительная стабильность, определяемая динамическим методом при 150-180 °С:<br>а) перепад давления на фильтре за 5 ч, кПа, не выше<br>б) отложения на подогревателе, баллы, не более | -           |      |     |       | 10<br>2 | По ГОСТ 17751-79                       |
| 24. Взаимодействие с водой, балл, не более:<br>а) состояние поверхности раздела<br>б) состояние разделенных фаз   |             |      |     |       |         | По ГОСТ 27154-86                       |
|   |             |      |     |       |         | 1<br>1                                 |

## Требования к характеристикам топлива для реактивных двигателей (ГОСТ 10227)

| Наименование показателя   | ТС-1             | Т-1С | Т-1        | Т-2          | РТ          | Метод испытания      |
|---|------------------|------|------------|--------------|-------------|----------------------|
| 25. Удельная электрическая проводимость, пСм/м:<br>без антистатической присадки при 20 °С, не более<br>с антистатической присадкой (при температуре заправки летательного аппарата) в пределах  | 10<br><br>50-600 |      |            |              |             | По ГОСТ 25950-83     |
| 26. Давление насыщенных паров, гПа (мм рт.ст.), не более  | -                | -    | -          | 133<br>(100) | -           | По ГОСТ 1756-2000    |
| 27. Содержание суммы водорастворимых щелочных соединений  | -                | -    | Отсутствие |              | -           | По п.4.7             |
| 28. Термоокислительная стабильность при контрольной температуре не ниже 260 °С:<br>а) перепад давления на фильтре, мм рт.ст., не более<br>б) цвет отложений на трубке, баллы по цветовой шкале (при отсутствии нехарактерных отложений), не более | 25<br><br>3      |      |            | -<br><br>-   | 25<br><br>3 | По ГОСТ Р 52954-2008 |

**В топливе после длительного хранения (более 3 лет) допускается отклонение от норм, указанных в таблице:**

- по кислотности - на 0,1 мг КОН на 100 см топлива;
- по содержанию фактических смол - на 2 мг на 100 см топлива;
- по количеству осадка при определении термической стабильности в статических условиях - на 2 мг на 100 см топлива.

**Гарантийный срок хранения топлив для реактивных двигателей - 5 лет со дня изготовления.**

### **ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ**

Топлива для реактивных двигателей представляют собой ЛВЖ, выкипающую в пределах 130-280 °С для топлив РТ, ТС-1 и Т-1 и 60-280 °С для топлива Т-2; температура самовоспламенения топлив РТ, ТС-1, Т-1, Т-1С - 220 °С, топлива Т-2 - 230 °С.

| Наименование показателя                             | ТС-1, РТ | Т-1, Т-1С | Т-2 |
|---|----------|-----------|-----|
| Температурные пределы воспламенения паров, °С:      |          |           |     |
| - нижний  | 25       | 50        | -10 |
| - верхний   | 65       | 105       | 34  |
| Концентрационные пределы взрываемости, %, объемные: |          |           |     |
| - нижний  | 1,5      | 1,8       | 1,0 |
| - верхний   | 8,0      | 8,0       | 6,8 |

## ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Топлива для реактивных двигателей являются **малоопасными продуктами** и в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 относятся к **4-му классу**.

Предельно допустимая концентрация паров углеводородов топлива в воздухе рабочей зоны **300 мг/м<sup>3</sup>** в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88.

В помещении для хранения и применения топлива для реактивных двигателей **запрещается обращение с открытым огнем**.

Искусственное освещение должно быть во взрывобезопасном исполнении.

Не допускается использовать инструменты, дающие при ударе искру.

При разливе топлива для реактивных двигателей необходимо собрать его в отдельную тару, место разлива промыть горячей водой и протереть сухой тряпкой. При разливе на открытой площадке место разлива засыпать песком с последующим его удалением.

Необходимыми мерами предосторожности при работе с топливом для реактивных двигателей является применение индивидуальных средств защиты согласно типовым отраслевым нормам.

Помещение, в котором проводится работа с топливом для реактивных двигателей, должно быть снабжено приточно-вытяжной вентиляцией.

В помещениях для хранения топлива не допускается хранить кислоты, баллоны с кислородом и другие окислители.

При загорании применяют следующие средства пожаротушения: пену, при объемном тушении - углекислый газ, составы СЖБ и 3,5, перегретый пар (все средства, кроме воды).

## Требования к характеристикам Джет А-1 (ГОСТ Р 52050)

| Наименование показателя  | Норма  |
|--|--|
| Внешний вид:<br>а) визуальная оценка<br><br>б) цвет, баллы по шкале Сейболта<br>в) содержание механических примесей, мг/дм <sup>3</sup> , не более   | Чистое прозрачное, не должно содержать воды, осадка и взвешенных частиц при температуре окружающей среды<br><br>Не нормируется. Определение обязательно<br>1,0 |
| Кислотное число общее, мг КОН/г, не более  | 0,10   |
| Объемная доля ароматических углеводородов, %, не более   | 25,0   |
| Массовая доля меркаптановой серы, %, не более<br>или докторская проба  | 0,0030<br>Отрицательная  |
| Массовая доля общей серы, %, не более  | 0,25   |
| Фракционный состав, °С:<br>10 % отгона при температуре, °С, не выше<br>50 % отгона при температуре, °С<br>90 % отгона при температуре, °С<br>температура конца кипения, °С, не выше<br>остаток от разгонки, %, не более<br>потери от разгонки, %, не более | 205,0<br>Не нормируется, определение обязательно<br>То же<br>300,0<br>1,5<br>1,5   |
| Температура вспышки, °С, не ниже   | 38,0   |
| Плотность при температуре 15 °С, кг/м <sup>3</sup>   | 775,0–840,0  |
| Температура замерзания, °С, не выше  | -47,0  |
| Кинематическая вязкость при температуре минус 20 °С, мм <sup>2</sup> /с, не более  | 8,0  |
| Низшая теплота сгорания <sup>8)</sup> , МДж/кг, не менее   | 42,80  |

## Требования к характеристикам Джет А-1 (ГОСТ Р 52050)

| Наименование показателя   | Норма   |
|---|---|
| Высота некоптящего пламени, мм, не менее<br>или при объемной доле нафталиновых углеводородов не более 3 %, не менее   | 25,0  |
|   | 19,0  |
| Коррозия медной пластинки (2 ч ± 5 мин) при температуре 100 °С, не более  | 1   |
| Термоокислительная стабильность на установке ДжефтоТ (JFTOT) при 2,5 ч при температуре испытания не ниже 260 °С: перепад давления на фильтре, кПа (мм рт. ст.), не более<br>отложения на трубке, менее          | 3,3 (25)<br>3<br>при отсутствии отложений, необычных по цвету или цвета «павлина» |
| Концентрация фактических смол, мг/100 см <sup>3</sup> , не более  | 7,0   |
| Взаимодействие с водой:<br>а) оценка поверхности раздела фаз, баллы, не более<br>б) оценка светопропускания топлива микросепарометром, не менее:<br>с антистатической присадкой<br>без антистатической присадки | 1b  |
|   | 70  |
|   | 85  |
| Удельная электрическая проводимость, пСм/м, для топлива:<br>с антистатической присадкой<br>без присадки, не более   | 50–600  |
|   | 10  |
| Смазывающая способность:<br>диаметр пятна износа, мм, не более  | 0,85  |

## Требования к характеристикам Т-6 и Т-8В (ГОСТ 12308)

| Наименование показателя  | Т-6   | Т-8В  |
|--|---|---|
| Плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup> , не менее  | 840,0   | 800,0   |
| Фракционный состав, °С:<br>Температура начала перегонки, °С, не ниже<br>10 % отгона при температуре, °С, не выше<br>50 % отгона при температуре, °С<br>90 % отгона при температуре, °С<br>98 % отгона при температуре, °С<br>остаток от разгонки, %, не более<br>потери от разгонки, %, не более | 195<br>220<br>255<br>290<br>315<br>Не норм. Опред.<br>обязат.<br>Не норм. Опред.<br>обязат. | 165<br>185<br>Не норм. Опред.<br>обязат.<br>Не норм. Опред.<br>обязат.<br>280<br>Не норм. Опред.<br>обязат.<br>Не норм. Опред.<br>обязат. |
| Кинематическая вязкость, мм <sup>2</sup> /с, при температуре:<br>20 °С<br>минус 40 °С, не более  | Не более 4,5<br>60  | Не менее 1,5<br>16  |
| Низшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее  | 42900   | 42900   |
| Высота некоптящего пламени, мм, не менее   | 20  | 20  |
| Кислотность, мг КОН на 100 см <sup>3</sup> топлива:<br>в топливе без противоизносной присадки, не более<br>в топливе с противоизносной присадкой<br>на месте потребления, не более   | 0,5<br>0,4-0,7<br>0,7   | -<br>0,4-0,7<br>0,7   |
| Йодное число, г йода на 100 г топлива, не более  | 0,8   | 0,9   |
| Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже  | 62  | 45  |
| Температура начала кристаллизации, °С, не выше   | -60   | -50   |
| Объёмная (массовая) доля ароматических углеводородов, %, не более  | 8(10)   | 20(22)  |



## Требования к характеристикам Т-6 и Т-8В (ГОСТ 12308)

| Наименование показателя   | Т-6         | Т-8В                  |
|---|-------------|-----------------------|
| Массовая концентрация фактических смол, мг на 100 см <sup>3</sup> топлива, не более     | 4           | 4                     |
| Термоокислительная стабильность в статических условиях, не более:                       |             |                       |
| массовая концентрация осадка, мг на 100 см <sup>3</sup> топлива                         | 6           | 6                     |
| массовая концентрация смол, растворимых в топливе, мг на 100 см <sup>3</sup> топлива    | 60          | Не норм. Опред.обязат |
| массовая концентрация смол, не растворимых в топливе, мг на 100 см <sup>3</sup> топлива | отсутствие  | Не норм. Опред.обязат |
| Массовая доля общей серы, %, не более   | 0,05        | 0,10                  |
| Массовая доля меркаптановой серы, %, не более   | отсутствие  | 0,001                 |
| Испытание на медной пластинке   | выдерживает | выдерживает           |
| Содержание водорастворимых кислот и щелочей   | отсутствие  | отсутствие            |
| Зольность, %, не более  | 0,003       | 0,003                 |
| Содержание механических примесей и воды   | отсутствие  | отсутствие            |
| Содержание сероводорода   | отсутствие  | отсутствие            |
| Массовая доля нафталиновых углеводородов, %, не более                                   | 0,5         | 2,0                   |
| Термоокислительная стабильность в динамических условиях при 150-180 °С:                 |             |                       |
| перепад давления на фильтре за 5 ч, кПа, не выше  | 10          | 10                    |
| отложения на подогревателе, баллы, не более   | 1           | 1                     |
| Люминометрическое число, не менее   | 45          | 50                    |

## Требования к характеристикам Т-6 и Т-8В (ГОСТ 12308)

| Наименование показателя  | Т-6             | Т-8В            |
|--|-----------------|-----------------|
| Взаимодействие с водой, баллы, не более:<br>состояние поверхности раздела<br>состояние разделенных фаз   | 1<br>1          | 1<br>1          |
| Удельная электрическая проводимость, пСм/м:<br>без антистатической присадки, не более<br>с антистатической присадкой при температуре заправки<br>техники, не менее<br>при 20 °С, не более  | 10<br>50<br>600 | 10<br>50<br>600 |
| Термоокислительная стабильность при контрольной<br>температуре не ниже 275 °С<br>перепад давления на фильтре, кПа (мм рт.ст.), не более<br>цвет отложений на трубке, баллы по цветовой шкале (при<br>отсутствии нехарактерных отложений), не более | 3,3(25)<br>3    | 3,3(25)<br>3    |

**В топливе после длительного хранения (более 3 лет) допускается отклонение от норм, указанных в таблице:**

- по кислотности - на 0,1 мг КОН на 100 см топлива;
- по содержанию фактических смол - на 2 мг на 100 см топлива;
- по количеству осадка при определении термической стабильности в статических условиях - на 2 мг на 100 см топлива.

**Гарантийный срок хранения топлив для реактивных двигателей – Т-6 - 10 лет со дня изготовления, Т-8В - 5 лет.**

### **3. Основные эксплуатационные свойства топлив для реактивных двигателей.**

## Основные эксплуатационные свойства топлив для реактивных двигателей

К основным эксплуатационным свойствам топлив для реактивных двигателей относятся:

- прокачиваемость;
- противоизносные свойства;
- испаряемость;
- горючесть;
- склонность к образованию отложений;
- совместимость с конструкционными материалами;
- защитные свойства;
- биологическая стойкость;
- токсичность.



## Прокачиваемость

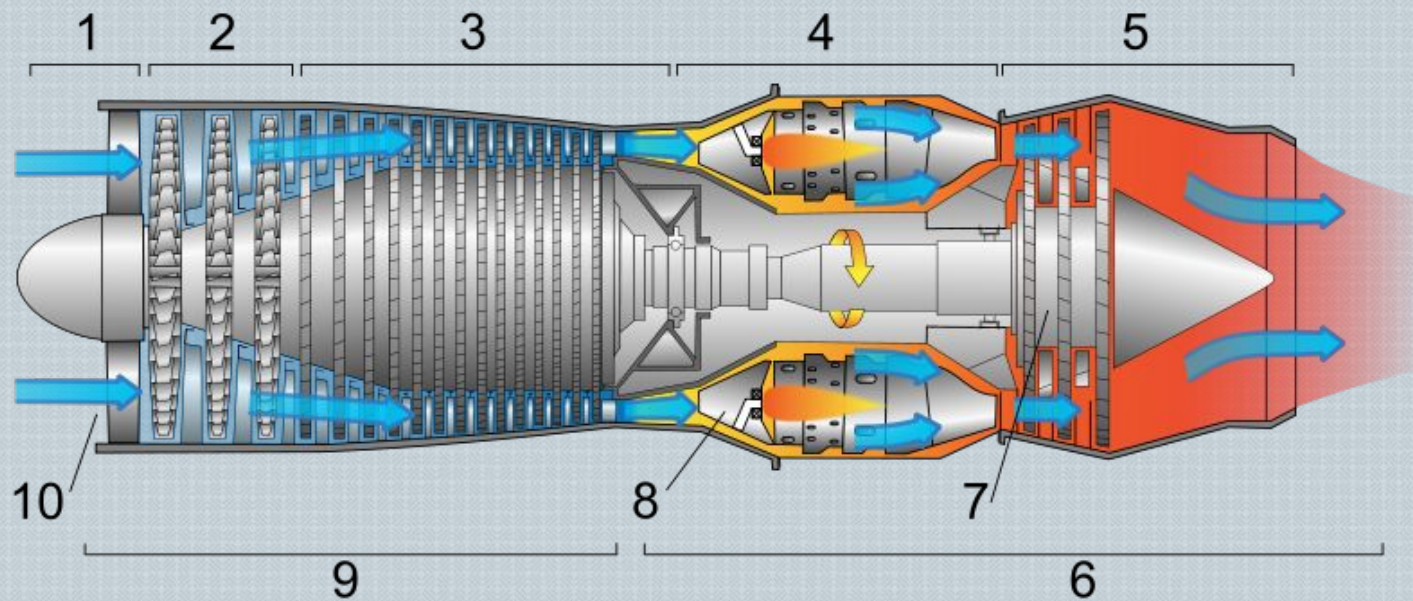
**Прокачиваемость** характеризует особенности и результат процесса прокачки топлива для реактивных двигателей по трубопроводам и топливным системам.

Нарушение подачи топлива возможно вследствие:

- повышения при охлаждении его вязкости выше расчетной величины и выделение твердой фазы (кристаллов воды или углеводородов);
- загрязнения фильтров механическими примесями и другими отложениями продуктов, находящихся в топливе и попадающих из атмосферного воздуха;
- выделения из топлива паров и растворенных газов.

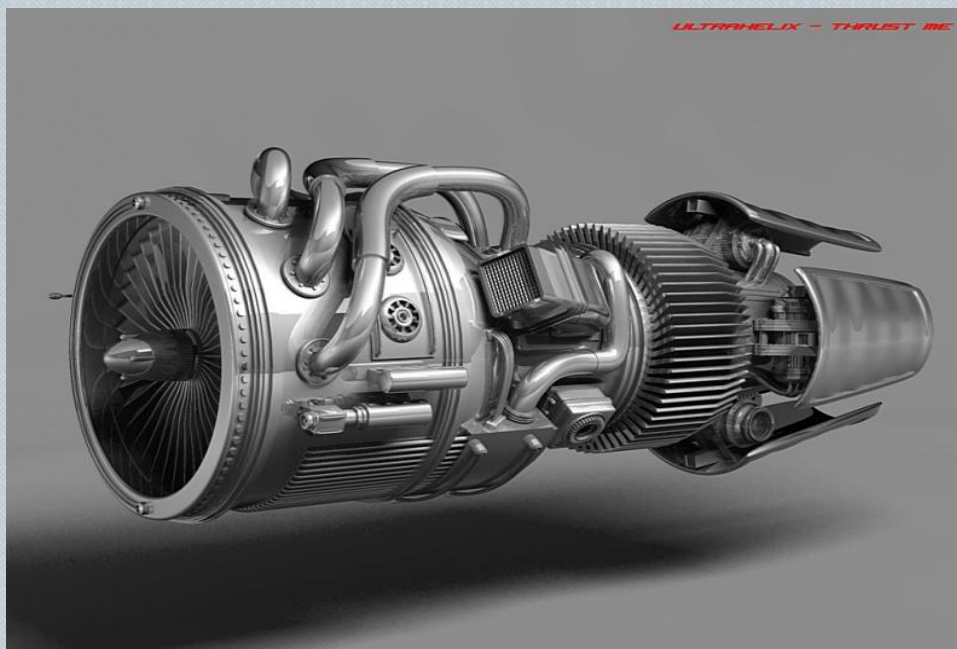
## Противоизносные свойства

В процессе эксплуатации реактивных двигателей наблюдается изнашивание топливной аппаратуры. Величина износа зависит от конструкции, технологии производства топливной аппаратуры, условий применения и от противоизносных свойств топлива, которое является смазывающей средой в узлах трения.



**Повышение противоизносных свойств топлив в целях увеличения срока службы реактивных двигателей может быть достигнуто следующими способами:**

1. Подбор сырья и оптимального углеводородного состава.
2. Введение очистки топлив на оптимальных режимах.
3. Применение противоизносных присадок.



## Испаряемость

Уровень испаряемости авиакеросинов влияет на возможность нарушения его подачи вследствие образования паровых пробок, на пуск двигателя, скорость и полноту сгорания и потери.

Испаряемость топлив для реактивных двигателей характеризуется фракционным составом и давлением насыщенных паров.

### Зависимость потерь при испарении от температуры

| Высота полета, км | Температура топлива, °С | Потери от испарения, % (об.) |                      |
|-------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|
|                   |                         | Топливо (150–280 °С)         | Топливо (195–315 °С) |
| 18                | 117                     | 51                           | 0,8                  |
| 18                | 130                     | 59                           | 3                    |



## Конструкционная совместимость, защитные свойства, токсичность

**Конструкционная совместимость топлив** для реактивных двигателей характеризует их способность не вызывать коррозию и не разрушать уплотнительные и прокладочные материалы.

Конструкционная совместимость связана с двумя основными свойствами топлив: коррозионной активностью и защитной способностью.

**Коррозионная активность** топлив характеризует скорость коррозионного воздействия с конструкционными материалами топлив и продуктов их превращения.

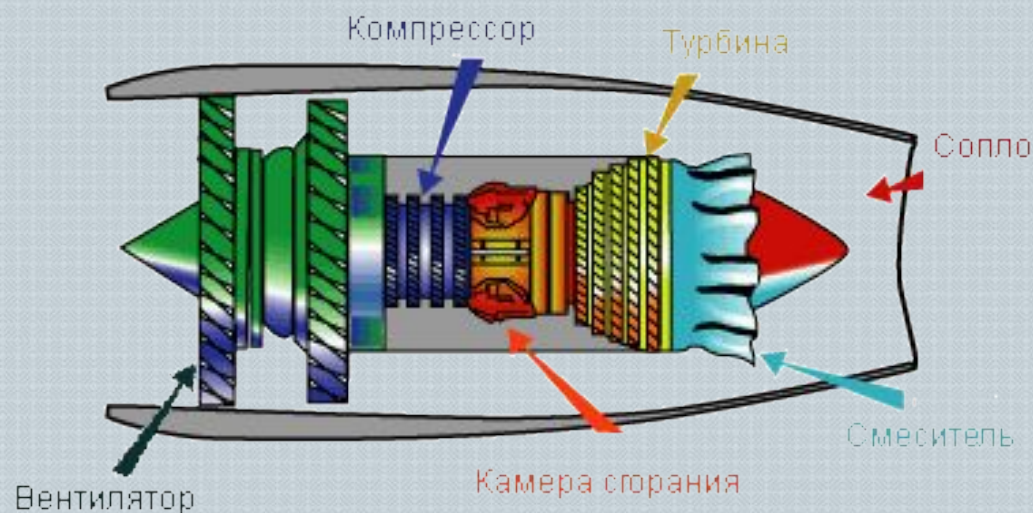
Коррозионное воздействие авиакеросинов на металлы и сплавы может приводить к снижению надежности авиатехники. К коррозионно-активным веществам, присутствующих в реактивных топливах, относятся сера и ее соединения, а также кислородные соединения в виде кислот.

Коррозионность топлив оценивают по убыли массы пластин меди и бронзы, кислотности и содержанию серы.

**Защитные свойства топлив** характеризуют их способность защищать металлы от коррозии, тормозить процесс электрохимической коррозии металлов в присутствии воды.

Уровень защитных свойств отечественных реактивных топлив и условия их применения не требуют обязательного применения ингибиторов коррозии.

**Токсичность** характеризует особенности и результат воздействия топлива и продуктов его сгорания на человека и окружающую среду. Топлива для реактивных двигателей – малоопасные вещества (относятся к 4 классу опасности) и не требуют специальных мер защиты.



## Биологическая стойкость

Основными микроорганизмами, вызывающими биоповреждения топлив, являются бактерии родов **Pseudomonas, Nicrococcus, Micobacterium**, а также грибы **Hormoconis resiniae, Aspergillus, Penicillum, Alternaria** и др.

Из сотен тысяч видов микроорганизмов с точки зрения авиационной отрасли особого внимания заслуживает гриб **Hormoconis resiniae** «керосиновый гриб» (прежнее название *Cladosporium resiniae*), т.к. его споры переносятся по воздуху, они могут легко проникать в резервуары для хранения топлива и в топливозаправщики, при этом они слишком малы и потому не могут быть удалены в процессе фильтрации.

**Граница раздела между топливом и эмульсионной водой** - это идеальная среда для роста грибов, отсюда следует необходимость в ограничении скапливания эмульсионной воды. Особенно это важно при теплом климате, т.к. в таких условиях рост спор происходит очень быстро.

**Топливо и содержащиеся в нем присадки** - это основной источник питательных веществ для микроорганизмов, благодаря которому и поддерживается их рост в водной фазе, вблизи границы раздела фаз.

## Биологическая стойкость

**Видимые признаки роста микроорганизмов** - это повышенная цветность или помутнение воды, иногда помутнение топлива. На границе раздела топливо-вода начинает плавать пена, при большом уровне загрязнения образуется грибковая пленка, обычно коричневого или черного цвета, иногда также красная, серая или белая.

При перемешивании микроорганизмы и синтезируемые ими полимеры слизи легко переходят из водной фазы и границы раздела фаз в топливную фазу.



## Биологическая стойкость

### Вред, наносимый микроорганизмами

1. Закупорка топливных фильтров ВС
2. Биообрастание топливомеров воздушных судов и резервуаров
3. Биообрастание фильтров
4. Коррозия



### Стратегии защиты топлива от микроорганизмов

1. Слив отстоя топлива и контроль чистоты со всех хранения и заправки
2. Периодический осмотр резервуаров, фильтров, цистерн и т.д.
3. Определение наличия микроорганизмов на глаз
4. Применение специальных тест-наборов для определения роста микроорганизмов
5. Использование биоцидных присадок

## Биологическая стойкость

### Стратегии защиты топлива от микроорганизмов

Слив отстоя топлива и контроль чистоты со всех хранения и заправки  
Периодический осмотр резервуаров, фильтров, цистерн и т.д.  
Определение наличия микроорганизмов на глаз  
Применение специальных тест-наборов для определения роста микроорганизмов  
Использование биоцидных присадок