

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»**

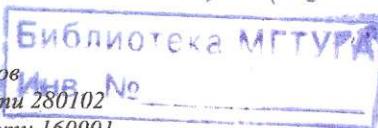
**Кафедра ремонта летательных аппаратов и
авиационных двигателей**

Е.А. Коняев, А.Н. Козлов

ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Пособие
по выполнению лабораторных работ

для студентов
II курса специальности 280102
и V курса специальности 160901
всех форм обучения



Москва - 2005

ББК 052-082-32

K65

Рецензент канд. техн. наук, доц. М.Г. Голубева

Коняев Е.А., Козлов А.Н.

K65 Горюче-смазочные материалы: Пособие по выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2005. – 56 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины ДС.02 «Горюче-смазочные материалы» по Учебному плану для студентов II курса специальности 280102 и V курса специальности 160901 всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 06.09.05г. и методического совета 20.09.05г.

Редактор И.В. Вилкова

Подписано в печать 22.12.05 г.

Печать офсетная
3,25 усл.печл.

Формат 60x84/16
Заказ № 11/324

2,97 уч.-изд. л.
Тираж 300 экз.

Московский государственный технический университет ГА

125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Редакционно-издательский отдел

125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а

© Московский государственный
технический университет ГА, 2005

СОДЕРЖАНИЕ

Техника безопасности и противопожарные меры в лаборатории авиаГСМ.....	4
Лабораторная работа № 1. Плотность топлив, масел и специальных жидкостей.....	6
Лабораторная работа № 2. Испаряемость авиационных топлив.....	15
Лабораторная работа № 3. Воспламеняемость авиационных ГСМ.....	22
Лабораторная работа № 4. Стабильность авиационных топлив.....	25
Лабораторная работа № 5. Определение вязкости жидких авиаГСМ.....	35
Лабораторная работа № 6. Растворимость воды в топливах и маслах.....	42
Лабораторная работа № 7. Определение водорастворимых кислот и щелочей.....	52
Лабораторная работа № 8. Определение кислотности топлива и масла (в соответствии с ГОСТ 59-85-59).....	55

Техника безопасности и противопожарные меры в лаборатории авиаГСМ

При работе в лаборатории с горюче-смазочными материалами, которые легко воспламеняются, необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

1. Запрещается заходить и работать в лаборатории ГСМ в верхней одежде, а также вешать одежду на спинку стульев.
2. Запрещается курить и принимать пищу.
3. Сосуды с нефтепродуктами (питающие бюретки, приемники, колбы) нельзя держать вблизи огня.
4. При сборке установки необходимо уплотнять места соединения ее частей, чтобы не допустить утечки жидкостей, паров или газов.
5. Легковоспламеняющиеся жидкости (бензин, бензол, керосин и др.) нужно нагревать только на закрытой плитке или водяной бане. Температура бани не должна значительно превышать температуру кипения нагреваемого вещества, чтобы не вызвать его бурного испарения и загазовывания помещения лаборатории.
6. При перегонке легковоспламеняющихся продуктов под прибор необходимо подставлять железный противень с высокими (8-10 см) бортами.
7. Для тушения пламени нефтепродуктов нельзя применять воду из-за их малой плотности и возможности всплытия в воде. Загоревшийся нефтепродукт следует тушить песком или струей углекислоты из огнетушителя; загоревшийся предмет следует накрыть кошмой или асbestosвым одеялом.
8. При возникновении пламени следует немедленно отключить все нагревательные приборы, находящиеся вблизи горящего предмета.
9. На рабочем месте в лаборатории количество горючего материала должно быть минимально необходимым для данного опыта или анализа.
10. При ожогах обожженное место смазывают специальной мазью или смачивают крепким раствором перманганата калия или этиловым спиртом, которые находятся в аптечке лаборатории.
11. Запрещается выливать остатки нефтепродуктов в канализацию. Такие остатки сливают в специальную посуду для слива.

Правила работы с электроприборами и установками

1. В лаборатории запрещается использовать электроприборы с нарушенной изоляцией проводов, неисправными электроразъемами.
2. Нагревательные приборы независимо от мощности должны иметь достаточную тепловую изоляцию (асбест, керамическую плитку) как снизу, так и со всех сторон.

3. При прекращении подачи тока все электроприборы и установки должны быть немедленно отключены.
4. При загорании проводов или электроприборов следует немедленно выключить электропитание, отсоединить прибор от электросети и использовать средства пожаротушения (асбестовые салфетки, а при сильном загорании – огнетушитель).
5. Все электронагревательные и электроизмерительные приборы должны быть надежно заземлены.

Правила работы с вредными веществами

При работе в лаборатории авиаГСМ приходится иметь дело с растворителями (бензолом, толуолом, дихлорэтаном, ацетоном, фенолом и др.), различными топливами и жидкостями (этилированными бензинами, керосинами, синтетическими маслами и гидравлическими жидкостями), а также ртутью, свинцом, бромом и другими веществами, которые при неосторожном обращении могут вызвать отравление. Чтобы этого не произошло, необходимо соблюдать следующие предосторожности:

1. Все работы с растворителями и летучими ядовитыми веществами проводить под тягой в вытяжном шкафу. В случае попадания растворителя на кожу сейчас же промыть ее спиртом, а затем водой.
2. Наливать растворители и ядовитые вещества следует осторожно, не разбрызгивая. Под сосуд, в который их наливают, нужно подставить противень. Пролитые горюче-смазочные вещества удаляются с поверхностей ветошью, которая хранится в железном ящике.
3. Засасывать вредные вещества, в том числе нефтепродукты, в пипетку можно при помощи груши или баллона, но не ртом.

Правила работы с кислотами и щелочами

Эти реагенты при попадании на кожу могут вызвать ожоги, при попадании в глаза – потерю зрения. Поэтому при работе с кислотами и щелочами следует быть очень внимательным. Налив этих продуктов следует проводить без разбрзгивания. Брать склянки с кислотами и щелочами нужно осторожно, поддерживая дно. Не допускать контакта кислородосодержащих кислот с топливами и легковоспламеняющимися жидкостями. При разбавлении щелочи воду к ней следует приливать медленно, непрерывно перемешивая раствор во избежание его чрезмерного разогрева. При разбавлении кислот обязательно надо лить кислоту в воду, а не наоборот.

При ожогах кислотой обожженное место промывают слабым раствором соды, при ожогах щелочью – водой или раствором слабых кислот (лимонной и др.).

Лабораторная работа № 1

ПЛОТНОСТЬ ТОПЛИВ, МАСЕЛ И СПЕЦИАЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Цель работы:

- знать четкое определение понятий «плотность», «относительная плотность», взаимосвязь этих понятий, зависимость от природы жидкостей, температуры, давления;
- изучить эксплуатационное значение этих понятий;
- уметь определять значения плотности жидкостей различными методами (в соответствии с ГОСТ 3900-47).

Теоретическое введение

1. Основные понятия и определения

Под плотностью жидкости понимается отношение массы вещества к занимаемому объему, т.е. масса единицы объема. Размерность плотности жидкости находят из равенства:

$$m = V \cdot \rho,$$

откуда

$$\rho = m / V.$$

В международной системе единиц СИ плотность выражается в кг/м³.

На практике, наряду с абсолютными значениями плотности, пользуются безразмерными величинами относительной плотности исследуемой жидкости к плотности сравниваемой с ней жидкости, обычно воды, взятой при 4°C и давлении 760 мм рт.ст.

$$d_4^t = \rho_T^t / \rho_a^4,$$

где ρ_T^t - плотность при температуре t°C;

ρ_a^4 - плотность воды при температуре +4°C;

d_4^t - безразмерная величина относительной плотности.

Плотность воды при 4°C составляет 1000 кг/м³.

Плотность углеводородов (топлив, масел, жидкостей) зависит от их химического и фракционного состава. При увеличении содержания тяжелых фракций, ароматических углеводородов и уменьшении содержания парафиновых углеводородов плотность масел и топлив повышается, причем плотность товарных партий одного и того же сорта топлива может отклоняться от средней величины на ±15 кг/м³.

Численные значения плотности реактивных топлив при стандартных атмосферных условиях и диапазон их изменения, а также рекомендуемые для настройки топливорегулирующей аппаратуры, оценки удельного расхода топлива двигателем, определения длительности полета летательного аппарата и в ряде других случаев приведены в табл.1.

Таблица 1

Топливо	Плотность, кг/м ³		
	по ГОСТ	диапазон	рекомендуемое
T-1	800	800 – 821	810
TC-1	775	775 – 785	779,6
РТ	775	777 – 782	778,0
T-8	785	785 – 790	789,5
T-8В	800	802 – 806	804,0
T-6	840	840 – 842	841,0
T-2	755	758 - 773	766,3

Все тела изменяют свой объем в зависимости от температуры, а следовательно, изменяется и плотность.

Расширение жидкости при нагревании характеризуется коэффициентом объемного расширения α_t , т.е. относительным изменением объема жидкости при изменении температуры на 1°C

$$\alpha_t = \frac{(V_t - V_0)}{V_0} \cdot \frac{1}{t - t_0}, \quad (1)$$

где V_t - объем жидкости при t ;
 V_0 - объем жидкости при первоначальной температуре t_0 .

Если известно значение коэффициента α_t , то из выражения (1) можно найти объем, который жидкость займет при нагревании на $t = t - t_0$:

$$V_t = V_0 [1 + \alpha_t (t - t_0)],$$

а также изменение объема $\Delta V = V_t - V_0$:

$$\Delta V = \alpha_t V_0 \Delta t.$$

2. Эксплуатационное значение плотности авиаГСМ

Термическое расширение жидкостей следует учитывать при заполнении емкостей. Игнорирование этого свойства при полной заправке топливных баков летательного аппарата может привести к выбросу топлива через трубопроводы дренажной системы в атмосферу либо к разрушению баков. В гидравлических системах большого объема, например, в силовых цилиндрах подъема и выпуска шасси термическое расширение рабочей жидкости может привести к резкому повышению рабочего давления и вызвать разрушения либо трубопровода, либо агрегата. Поэтому при заполнении емкостей горючим летательного аппарата предусмотрены нормы недолива топлива на 2-3% от полной емкости, а в гидравлических системах предусматривается установка специальных термических предохранительных клапанов.

Влияние плотности на эксплуатацию не ограничивается учетом термического расширения жидкостей. Особое значение имеет плотность при расчете массы ГСМ, занимающей данный объем, например, при расчете массы заправленного в топливные баки горючего, определении взлетной массы летательного аппарата.

Плотность, химический состав и строение молекул углеводородов топлив и масел связаны между собой и оказывают значительное влияние на физико-химические и эксплуатационные свойства ГСМ. Увеличение степени цикличности нафтеновых углеводородов топлив приводит к значительному увеличению плотности и объемной теплоты сгорания.

Повышение степени цикличности ароматических составляющих топлив сопровождается повышением плотности топлива и увеличению их нагарообразующей способности, что крайне нежелательно с эксплуатационной точки зрения.

3. Методы определения относительной плотности

Для определения относительной плотности обычно пользуются двумя приемами. По одному из них сопоставляют массу исследуемой жидкости с ее объемом или массой равного объема воды; другой прием основан на установлении так называемой «плавучести» или «силы выталкивания».

Определение относительной плотности путем установления «силы выталкивания» или «плавучести» основано на законе Архимеда: «тело, погруженное в жидкость теряет в своем весе столько, сколько весит равный этому телу объем вытесненной им жидкости». По этому способу относительную плотность можно находить при помощи гидростатических весов, в качестве которых могут быть использованы аналитические весы. На рис.1 представлен фрагмент гидростатических весов.

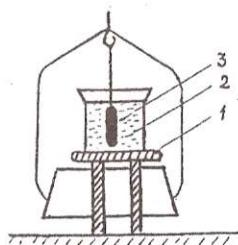


Рис.1. Гидростатические весы:
1 – столик; 2 – стакан с жидкостью;
3 – стеклянное грузило

Над левой чашкой весов внутри дужки установлен столик – 1 так, чтобы он не касался чашкой их дужки. На столик помещают цилиндрический сосуд – 2, в который наливают исследуемую жидкость К крючку, на котором висит дужка чашки, при помощи платиновой проволоки или тонкой лески подвешивают цилиндрическое стеклянное грузило, которое при взвешивании должно быть полностью погружено в жидкость. В процессе взвешивания необходимо следить, чтобы на грузиле не осталось прилипших к нему пузырьков воздуха.

Вначале взвешиванием стеклянного грузила в воздухе (P_0) и в дистиллированной воде (P_w) находят его массу и объем, после чего в результате взвешивания в исследуемой жидкости (P) получают потерю массы, равную массе такого же объема жидкости. На основании этих данных относительную плотность вычисляют по формуле:

$$d_t^t = (P_0 - P) / (P_0 - P_w).$$

Стеклянное грузило может

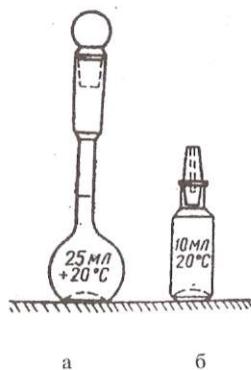
быть выполнено в виде короткого термометра, что позволит контролировать температуру. Если тело, погруженное в жидкость, не тонет, а плавает, то глубина его погружения может быть использована для определения плотности данной жидкости. На этом основано определение относительной плотности при помощи приборов, называемых ареометрами. Ареометры представляют собой стеклянные трубы соответствующей формы (рис.2). В нижней части прибора находится мелкая дробь для придания ареометру вертикального положения при погружении в жидкость. В верхней узкой части трубы помещена шкала с делениями соответствующей калибровки. Все способы определения плотности, основанные на измерении «плавучести», удобны, но требуют большого количества жидкости.



Рис.2. Ареометр

С этой точки зрения, более удобным способом является пикнометрический, основанный на измерении массы определенного объема жидкости, которую относят к массе воды, взятой в том же объеме.

Пикнометры представляют собой стеклянные колбы с узким горлом, на котором имеется круговая метка, определяющая точный объем жидкости, либо колбы с пришлифованной толстостенной трубкой и проходящем внутри ее капилляром. В пикнометрах, чем выше соотношение между емкостью и сечением канала, где находится метка объема, тем выше его точность. На рис.3 показаны два типа пикнометров из большого их разнообразия. Наиболее точно относительную



Rис.3. Пикнометры:
а - колбочный; б - с капиллярной трубкой

плотность устанавливают по формуле:

$$\frac{d_t^t}{m_t - m_0} = \frac{m - m_0}{d_{возд.(t, P)}}, \quad (2)$$

где m – масса пикнометра с жидкостью;

m_t – масса пикнометра с водой при температуре измерения;

m_0 – масса пустого пикнометра;

$d_{возд.(t, P)}$ – относительная плотность воздуха при данных температуре и давлении.

Величина $d_{возд.(t, P)}$ служит для пересчета массы тела, полученного путем взвешивания в воздухе на массу того же тела в вакууме. Обычно этой поправкой не пользуются и формула (2) имеет вид:

$$\frac{d_t^t}{m_t - m_0} = \frac{m - m_0}{d_4^t}.$$

Относительную плотность d_t^t при необходимости пересчитывают на d_4^t . Очень важно всегда одинаково отмечать совпадение мениска жидкости с меткой на канале пикнометра, как это показано на рис.4.

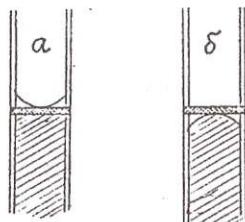


Рис.4. Установка уровня жидкости в пикнометре при наличии вогнутого (а) или выпуклого (б) мениска

Экспериментальная часть

1. Определение относительной плотности ГСМ ареометром

В чистый сухой стеклянный сосуд емкостью 250 см³ наливают испытываемую жидкость, которую некоторое время выдерживают при окружающей температуре.

В сосуд с жидкостью медленной и осторожно опускают сухой и чистый ареометр (или нефтеденсиметр, снабженный вставленным в него термометром) держа его за верхний конец и не допуская касания стенок сосуда. Не рекомендуется резко опускать ареометр в жидкость, так как он может удариться о дно сосуда и разбиться.

После того, как прекратятся колебания ареометра, производят отсчет показаний плотности по шкале ареометра. Температуру испытываемой жидкости определяют по термометру нефтеденсиметра или посредством лабораторного термометра, погруженного в сосуд с жидкостью.

Значение плотности при температуре испытания берется на шкале ареометра по верхнему мениску путем приведения нижнего края вогнутого мениска к верхнему краю метки, которая нередко имеет весьма заметную толщину. Если мениск выпуклый, то показания ареометра устанавливают по совпадению верхнего края мениска с нижним краем метки. Очень важно при измерении показаний одинаково отмечать совпадение мениска жидкости с меткой на шкале ареометра.

Если температура при испытании не равна 20°C, то приведение плотности к 20°C проводится по уравнению:

$$d_4^{20} = d_4^t + \gamma (t - 20), \quad (3)$$

где γ_t - средняя температурная поправка плотности на 1°C (табл.2);

d_4^t - плотность жидкости по ареометру при температуре испытания.

Если жидкость, плотность которой следует определить, очень вязкая (200 сст и выше), испытываемый нефтепродукт разбавляют равным количеством керосина (реактивного топлива). Полученную смесь

тщательно перемешивают, а затем производят замер плотности ареометром.

Зная плотность смеси и плотность керосина, вычисляют относительную плотность нефтепродукта по формуле:

$$d_4^t = 2 d_4^t(\text{см.}) - d_4^t(\text{кер.}),$$

где d_4^t - относительная плотность нефтепродукта при ${}^0\text{C}$;

$d_4^t(\text{см.})$ - относительная плотность смеси нефтепродукта с керосином;

$d_4^t(\text{кер.})$ - относительная плотность керосина.

Для приведения относительной плотности к стандартной (d_4^{20}) пользуются формулой (3).

После определения плотности ареометр обмывается растворителем (или водой, если производилось измерение плотности растворимой в воде жидкости), вытирают и убирают в специальный футляр.

Таблица 2
Значение средних температурных поправок к определению
плотности нефтепродуктов

Относительная плотность	Температурная поправка на 1^0C	Относительная плотность	Температурная поправка на 1^0C
0,700-0,710	0,000897	0,830-0,840	0,000725
0,710-0,720	0,000884	0,840-0,850	0,000712
0,720-0,730	0,000870	0,850-0,860	0,000699
0,730-0,740	0,000857	0,860-0,870	0,000686
0,740-0,750	0,000844	0,870-0,880	0,000673
0,750-0,760	0,000831	0,880-0,890	0,000660
0,760-0,770	0,000818	0,890-0,900	0,000647
0,770-0,780	0,000805	0,900-0,910	0,000633
0,780-0,790	0,000792	0,910-0,920	0,000620
0,790-0,800	0,000778	0,920-0,930	0,000607
0,800-0,810	0,000765	0,930-0,940	0,000594
0,810-0,820	0,000752	0,940-0,950	0,000581
0,820-0,830	0,000738	0,950-0,960	0,000568

2. Определение относительной плотности гидростатическими весами

Перед началом определения плотности устанавливают над левой чашкой аналитических весов специальный столик (рис.2) и устанавливают шкалу весов на ноль. К крючку, на котором подвешена дужка чашки весов,

подвешивают стеклянное грузило и производят взвешивание его на воздухе (P_o). На столик помещают стакан с дистиллированной водой, опускают в него грузило и производят взвешивание его в воде, записывают значение его веса (P_w) и температуру воды, при которой производилось взвешивание t .

Заменив воду на испытываемый нефтепродукт (если используется тот же самый стакан, последний должен быть тщательно высушен), производят взвешивание стеклянного грузила в нефтепродукте (P), также отметив температуру жидкости лабораторным термометром.

Относительную плотность нефтепродукта вычисляют по формуле:

$$d_t^t = \frac{P_o - P}{P_o - P_w} .$$

Для приведения относительной плотности к стандартной (d_4^{20}) получение значение относительной плотности пересчитывают в действительную плотность жидкости (d_t^t) по формуле: $d_4^t = (0,99823 - 0,0012) d_t^t + 0,0012$ или $d_4^t = 0,99823 d_t^t + 0,0012$, где 0,99823 – значение плотности воды при 20^0C ;

0,0012 – значение плотности воздуха при 20^0C и 760 мм рт.ст.

Полученное значение относительной плотности d_4^t пересчитывают в стандартное по формуле (3):

$$d_4^{20} = d_4^t + \gamma (t - 20) .$$

После окончания экспериментов рабочее место приводят в порядок.

3. Определение относительной плотности нефтепродуктов пикнометром

Сухой и чистый пикнометр (рис.3) взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г (m_o) и затем заполняют его дистиллированной водой немного выше метки. После выдержки пикнометра при окружающей температуре в течение некоторого времени для выравнивания температуры жидкости и пикнометра, избыток воды в пикнометре удаляют фильтровальной бумагой, таким образом, чтобы уровень жидкости проходил через нижний край вогнутого края мениска жидкости и верхней метки. После этого пикнометр тщательно вытирают и взвешивают с точностью до 0,002 г (m_b). После взвешивания пикнометра с водой, последнюю удаляют из прибора и тщательно высушивают в сушильном шкафу. После его охлаждения до комнатной температуры в пикнометр наливают исследуемую жидкость и устанавливают ее уровень, как это делалось для воды. Взвешивание пикнометра с нефтепродуктом проводят с точностью до 0,0002 г (m_k). Плотность нефтепродукта вычисляют по формуле:

$$d_t^t = \frac{m_x - m_0}{m_b - m_0}$$

Полученное значение плотности пересчитывают на действительную по формуле:
 $d_4^t = (0,99823-0,0012) d_t^t + 0,0012$
и в стандартное значение по формуле (3)
 $d_4^{20} = d_4^t + \gamma (t-20)$.

Сравнить полученные значения плотности с заданными значениями в технических условиях на топливо.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте понятия абсолютной плотности и относительной плотности.
2. Рассмотрите влияние температуры на плотность.
3. Как определить объем, который жидкость займет при изменении температуры от 5°C до 25°C ?
4. В чем заключается практическое значение плотности?
5. Что такое стандартная и действительная относительные плотности?
6. В чем заключается ареометрический способ определения стандартной относительной плотности?
7. В чем заключается определение стандартной относительной плотности гидростатическими весами?
8. В чем заключается определение стандартной относительной плотности пикнометрическим способом?

Лабораторная работа № 2

ИСПАРЕЯЕМОСТЬ АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ

Цель работы:

- изучить одно из основных свойств топлив – испаряемость;
- построить кривую разгонки топлива, отметить на ней характерные точки, соответствующие началу перегонки и выкипания 10%, 50%, 90% и 98% исходного объема;
- знать влияние показателей испаряемости авиационных топлив на эксплуатационные свойства авиадвигателей и топливных систем ЛА.

Теоретическое введение

Топливо в двигателе перед сгоранием должно перейти в парообразное состояние, образуя топливо-воздушную смесь. Испаряемость топлив в системе питания двигателя - это процесс, состоящий из динамического испарения и кипения.

Испаряемость топлива, представляющего собой смесь углеводородов с различными температурами кипения, происходит в разных температурных интервалах. При нагревании испаряются прежде всего те углеводороды, которые имеют наиболее низкую температуру кипения. По мере повышения температуры испаряются более высококипящие углеводороды.

На испаряемость топлива в двигателе влияют такие факторы, как температура среды, скрытая теплота парообразования, теплоемкость, величина поверхностного натяжения, скорость потока воздуха, процесс распыления топлива и др. Более полное и быстрое испарение топлива гарантирует легкий запуск, быстрый прогрев двигателя, получение большей тяги двигателя при одном и том же расходе топлива.

При запуске малолетучее топливо может частично выделяться в капельно-жидким состоянии на стенках камер сгорания двигателя и, таким образом, воспламенение может запоздать. В результате этого произойдет накопление топлива, которое затем внезапно воспламенится в пусковой период, что может привести к тепловому перенапряжению деталей двигателя. С другой стороны, слишком низкая температура испарения основной массы топлива будет увеличивать потери топлива при хранении, транспортировке, а при работе двигателя на таком топливе возникает опасность образования газовых пробок в топливной системе самолета, особенно при выполнении высотных полетов.

В лабораторных условиях испаряемость оценивается по его фракционному составу и упругости его паров.

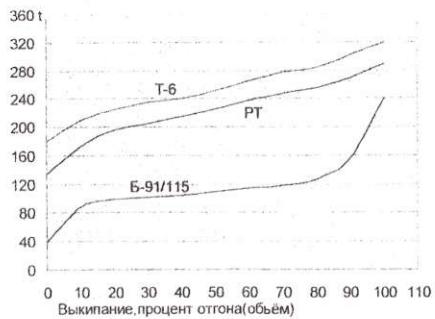


Рис. 1. Кривые фракционной разгонки авиатоплив

Оценка топлива по результатам разгонки и давлению насыщенных паров

Результат разгонки представляется в виде графика (рис.1). Кривая разгонки позволяет судить о фракционном составе топлива, содержащего компоненты с различным давлением насыщенных паров и температурными пределами выкипания.

На основании кривой разгонки можно оценить испаряемость топлива, а также произвести сравнительную оценку топлив.

Следует отметить, что оценка испаряемости топлива по результатам фракционной разгонки не отражает действительного поведения топлива в двигателе, так как в двигателе происходит процесс динамического испарения и кипения, а не кипения и конденсации, как это имеет место при разгонке топлива в колбе. Однако ряд исследований и практика эксплуатации показали, что между некоторыми точками кривой разгонки и отдельными параметрами в работе двигателя имеются определенные зависимости.

Такими характерными точками кривой разгонки являются:

- 1) температура начала кипения $t_{н.к}$
- 2) температура отгона 10% топлива $t_{10\%}$
- 3) температура отгона 50% топлива $t_{50\%}$
- 4) температура отгона 90% топлива $t_{90\%}$
- 5) температура отгона 98% топлива $t_{98\%}$

Температура начала кипения ($t_{н.к.}$) характеризует высотность топлива. Слишком низкая температура начала кипения приводит к тому, что в топливной системе будет образовываться большое число паровых пузырьков. Особенное интенсивное выделение паровоздушных пузырьков и образование паровоздушных пробок будет происходить или при повышении температуры окружающего воздуха, или при понижении давления,

так как последнее сильно влияет на кипение жидкостей.

Следовательно, высотными характеристиками реактивных топлив условно принято называть те свойства топлив, которые оказывают влияние на работу топливной системы самолета на большой высоте. Наиболее важными из них являются давление насыщенных паров, вскипание и вспенивание топлива на большой высоте, а также его летучесть при сильном разрежении атмосферного воздуха, чем и обуславливаются потери топлива из баков самолетов во время полета.

Давление насыщенных паров топлив в значительной мере определяет, при какой степени разрежения, т. е. на какой высоте данный сорт топлив будет «кипеть», и как велика будет летучесть топлива, определяющая его потери из баков самолетов во время высотных полетов.

Термином «кипение топлива» условно принято называть явление относительно бурного выделения из топлива пузырьков пара и воздуха при понижении внешнего атмосферного давления.

С возникновением «кипения» во время высотных полетов связаны два опасных явления:

- а) нарушение работы топливной системы самолета (кавитация);
- б) потеря топлива из баков самолета из-за испарения.

«Кипение» топлива, сопровождающееся выделением паров топлива и воздуха, может происходить не только в топливных баках, но и в топливопроводах. Известно, что при прохождении топлива по трубопроводам местные сопротивления в топливной магистрали (стыки, резкие повороты, краны и т. д.) могут создать местное ускорение потока, которое вызывает падение давления в этой зоне топливопровода. В результате падения давления топливо может «закипеть» в топливной магистрали. Так как выделяющиеся при «кипении» пары невозможно отвести из топливопровода, они будут тормозить поступление топлива к двигателю.

Поэтому очень важно знать, при какой степени разрежения начнет топливо «кипеть». Высота, на которой начинается «кипение» топлива, есть та граница, выше которой при полетах возможно нарушение работы топливной системы самолета.

При более высоких температурах «кипение» топлива возникает на более низкой высоте, т. е. при меньшем разрежении атмосферного воздуха.

Топливо Т-1 при температуре +10°C «закипает» только на высоте 23000 м, а при температуре +30° С - на высоте 19 000 м.

Топливо Т-2 с давлением паров 100 мм рт. ст. при температуре +10°C закипает на высоте 18700 м, а при температуре + 30° С - на высоте 13900 м.

Авиабензин Б-70 с давлением паров 200 мм рт. ст. при температуре +10° С закипает на высоте 14000 м, а при температуре +30° С - на высоте 9600 м.

Авиабензин Б-95/130 с давлением паров 300 мм рт. ст. при температуре +30° С «закипает» на высоте 7500 м.

Так как температура оказывает сильное влияние на высотные характеристики топлива, то опасность возникновения «кипения» наиболее вероятна во время летней эксплуатации, особенно в районах Средней Азии при заправке самолета сильно нагретым топливом. Так, например, если баки самолета будут заправлены топливом с давлением паров 130 мм рт. ст. при температуре +40°C, то на высоте 10 500 м это топливо может «закипеть».

Наибольшая опасность возникновения «кипения» и нарушения работы топливной системы самолета будет во время набора высоты и в первый период горизонтального полета, когда топливо еще не охладилось и имеет высокую температуру. При длительном высотном полете топливо в баках самолета будет охлаждаться, благодаря чему снизится давление его паров и тем самым уменьшится опасность возникновения «кипения» топлива. Поэтому заправка самолета охлажденным топливом может в значительной мере устраниить опасность возникновения «кипения» топлива в баках самолета.

Температура выкипания 10% топлива характеризует пусковые качества топлива. Для того чтобы запустить двигатель, необходимо к началу запуска иметь пусковой заряд—смесь воздуха сарами топлива—в отношении не больше 25: 1 что соответствует нижнему пределу воспламенения керосинов. Создание такого заряда, особенно при низких температурах, может быть достигнуто при наличии в топливе 10%-й фракции, выкипающей при возможно более низкой температуре: чем ниже температура выкипания 10% топлива ($t_{10\%}$), тем легче запустить двигатель при низких температурах наружного воздуха. Для авиационных керосинов величина температуры выкипания 10% должна находиться в определенных пределах, причем минимум нижнего предела должен определяться возможностью легкого запуска холодного двигателя на данном керосине, а максимум верхнего предела должен гарантировать работу двигателя без образования паровоздушных пузырьков.

Температура выкипания 50% керосина ($t_{50\%}$) характеризует среднюю испаряемость топлива и влияет на длительность прогрева двигателя, устойчивость работы на малых оборотах и его приемистость.

Установлено, что быстрый прогрев авиационного двигателя до момента перехода на полный газ возможен, если $t_{50\%}$ при разгонке находится в пределах не выше указанных ГОСТом. Чем выше $t_{50\%}$, тем хуже керосин испаряется и тем больше время прогрева двигателя. Приемистость и устойчивость работы двигателя будет тем лучше, чем ниже температура, при которой выкипает 50% керосина.

Температура выкипания 90% ($t_{90\%}$) и температура конца разгонки ($t_{k,p}$) керосина характеризуют полноту его испарения в смесеобразующей системе двигателя.

Если температуры выкипания ($t_{90\%}$, $t_{98\%}$) высокие, то не будет обеспечена полнота испарения керосина. Это вызовет снижение тяги двигателя вследствие ухудшения качества смеси, поступающей в камеру сгорания, увеличение удельного расхода топлива и, следовательно, уменьшение дальности полета самолета.

Современные авиационные двигатели требуют, чтобы применяемые керосины имели $t_{90\%}$ не выше 270°C и t_{98} не выше 315°C .

Неперегнанный остаток в колбе характеризует склонность топлива к нагарообразованию. Большое количество остатка приводит к тому, что в камере сгорания образуется большой нагар, он создает на стенках жаровых труб местные теплоизолированные участки, что вызывает их коробление и растрескивание. Отложение нагара на пусковых агрегатах вызывает отказ их при запуске.

Для авиационных керосинов остаток в колбе и потери не должны превышать 2%.

Определение фракционного состава топлива (согласно ГОСТ 2177-59)

Перед испытанием нефтепродукт обезвоживают. Удаление значительного количества воды из нефтепродукта производят предварительно отстаиванием и последующим сливанием нефтепродукта. Дальнейшая осушка для разных продуктов достигается различно.

Фракционную разгонку топлива производят в приборе (рис.2), который состоит из следующих основных частей:

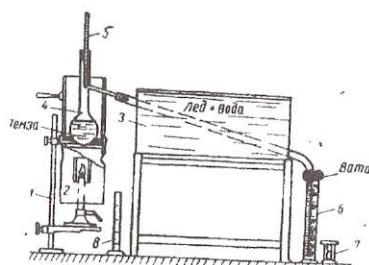


Рис.2. Аппарат для разгонки топлива

- 1) металлического щитатива 1;
- 2) металлического кожуха 2, прикрепленного к щитативу 1, состоящего из двух частей;
- 3) холодильника 3 с впаянной в него трубкой, установленного на подставке и наполненного кусками льда и водой;
- 4) колбы 4 стандартных размеров;
- 5) термометра 5 от 0° до 360° , градуированного через 1° и укрепленного в колбе на пробке;
- 6) мерного цилиндра 6 на 100 мл для налива топлива и приема дистиллята;
- 7) мерного цилиндра 8 на 5—10 мл с делением через 0,1 мл;
- 8) песочных часов 7;
- 9) пемзы;
- 10) ваты.

Порядок работы

Сухим и чистым мерным цилиндром отмеривают 100 мл обезвоженного нефтепродукта. Отсчитывают количество продукта по нижнему краю мениска, как показано на рис.3.



Рис.3. Отсчет уровня топлива

Рис.4. Установка термометра
в горлышко колбы

После этого переливают нефтепродукт в промытую легким бензином и высушеннную воздухом колбу так, чтобы жидкость не попала в отводную трубку колбы. Бросают в колбу один-два кусочка пемзы для того, чтобы не было слишком бурного кипения. Колбу закрывают хорошо пригнанной пробкой, через которую вставляют термометр так, чтобы верхний край ртутного шарика находился на уровне нижнего края отводной трубы колбы (рис. 4). После этого колбу устанавливают на асбестовую прокладку нижней половины кожуха. Отводную трубку колбы с холодильником соединяют пробкой так, чтобы отводная трубка входила в трубку холодильника на 25—40 мм и не касалась ее стенок. Все пробочные соединения тщательно замазывают коллодием.

Колба должна стоять на прокладке строго вертикально, термометр должен быть укреплен в колбе также вертикально. Мерный цилиндр, служащий для залива нефтепродукта в колбу, ставят, не высушивая, под конец трубы холодильника и закрывают ватой. Трубка холодильника должна входить в цилиндр не менее чем на 25 мм, но не ниже метки 100 мл. При перегонке бензина цилиндр ставят в стакан с водой, налитой до высоты градуированной части цилиндра. Чтобы цилиндр не всплывал, на его ножку накладывают подковообразный груз.

Собрав прибор, зажигают горелку и устанавливают ее под колбу. Пламя регулируют таким образом, чтобы первая капля конденсата упала при разгонке бензина не раньше, чем через 5 мин. и не позднее, чем через 10 мин, а при разгонке керосина не раньше, чем через 10 мин. и не позже, чем через 15 мин.

Температуру, которую показывает термометр при падении в приемник первой капли, отмечают, как начало кипения. После этого регулируют скорость перегонки так, чтобы в 1 с падало две капли (не менее 4 мл и не более 5 мл в 1 мин.). Соблюдение скорости перегонки является самой ответственной частью работы; при несоблюдении ее полученные результаты

будут неверными.

После установления температуры начала перегонки измерительный цилиндр подвигают к концу трубы холодильника, чтобы дистиллят стекал по стенке цилиндра. При проверке скорости перегонки по количеству капель конец трубы холодильника должен находиться в центре цилиндра.

В процессе перегонки производят записи температур, соответствующих отгону 10%; 20%; 30%; 40%; 50%; 60%; 70%; 80%; 90%, и в зависимости от технических условий на топливо определяют или температуру конденсации 98% топлива, или температуру конца разгонки.

При достижении конечной температуры, установленной техническими условиями на испытуемый нефтепродукт (для легких топлив температура перегонки 96%; 97,5% или 98%), нагрев колбы прекращают, дают стечь дистиллят в течение 5 мин. и записывают объем жидкости в цилиндре.

Полученную температуру при перегонке приводят к стандартным условиям путем введения температурной поправки Δt на барометрическое давление, которую вычисляют по формуле

$$\Delta t = 0,00012 (760 - P) (273 + t),$$

где P - барометрическое давление, мм рт. ст.;

t - фактическая температура, $^{\circ}\text{C}$.

Поправку прибавляют, если давление ниже 750 мм рт. ст., и вычитают, если давление выше 770 мм рт. ст. В пределах барометрического давления от 750 мм рт. ст. до 770 мм рт.ст. поправок не вносят.

Построить кривую фракционной разгонки испытуемого топлива, сравнить ее с требованиями ТУ и сделать вывод о соответствии испаряемости требованиям ТУ.

Контрольные вопросы

1. Что такое испаряемость? Чем испарение отличается от кипения?
2. Какими основными показателями характеризуется испаряемость топлив?
3. Дайте оценку эксплуатационного значения характерных точек кривой фракционной разгонки топлив.
4. Рассмотрите влияние испаряемости на высотные характеристики ЛА.
5. Рассмотрите влияние испаряемости на приемистость работы двигателя.
6. Рассмотрите влияние группового и фракционного состава топлив на нагарообразование и дайте оценку точки выкипания 98% керосинов.
7. Рассмотрите влияние испаряемости на возникновение кавитационных режимов и покажите физическую сущность процесса кавитации.
8. Рассмотрите отрицательные стороны повышенной испаряемости топлив на работу топливной системы двигателя и летательного аппарата.
9. Рассмотрите положительное влияние повышенной испаряемости топлив на работу топливной системы двигателя и летательного аппарата.

Лабораторная работа № 3

ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ АВИАЦИОННЫХ ГСМ

Цель работы:

- уметь определять температуру вспышки топлив и масел в соответствии с ГОСТ 6356-75 и знать количественные значения этих показателей для топлив и масел.

Теоретическое введение

Пожаро- и взрывоопасность веществ определяется по температуре их вспышки, воспламенения и самовоспламенения, а также концентрационными и температурными пределами воспламенения.

Температура вспышки - это наименьшая температура, при которой выделившиеся из горючего вещества газы и пары вспыхивают при поднесении открытого пламени или от электрической искры.

При этом само вещество из-за малой скорости образования паров не горит вследствие недостаточности тепла, образовавшегося при вспышке, и пламя, возникнув, гаснет.

Если жидкость подогреть до температуры более высокой, чем температура вспышки, скорость образования паров может достичь значений, достаточных для поддержания горения смеси паров горючего и окислителя в момент вспышки. Эта температура называется температурой воспламенения. Следовательно, температура воспламенения - это наименьшая температура, при которой вспыхивают и продолжают гореть пары горючего, если к нему поднести источник воспламенения.

Температура самовоспламенения есть наименьшая температура вещества, при которой за счет более интенсивного выделения тепла (почти мгновенно) в небольшом объеме горючей смеси температура резко повышается и наступает самовоспламенение смеси при отсутствии источника воспламенения (искры или открытого пламени).

Эксплуатационное значение

Чем ниже температура вспышки, тем выше его испаряемость, а следовательно, облегчается запуск двигателя и повышается полнота сгорания топлива.

Экспериментальная часть

Определите температуру вспышки топлив и масел в закрытом тигле (в соответствии с ГОСТ 6356-75).

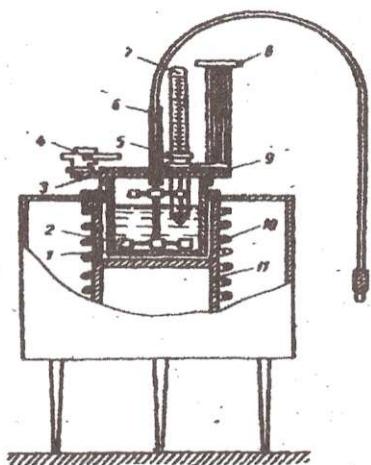


Рисунок. Прибор для определения температуры вспышки закрытого тигля

Схема прибора для определения температуры вспышки в закрытом тигле представлена на рисунке. Основным узлом прибора является тигель - 1, изготовленный из латуни. В тигле имеется круговой уступ для контроля объема нефтепродукта. Крышка тигля - 3 оборудована заслонкой - 9 с механизмом её перемещения и устройством для зажигания - 4, гнездом для термометра - 7 и мешалкой - 2 с гибким валиком - 6 для её вращения. В крышке имеются трапециевидные отверстия, которые в нерабочем состоянии закрываются заслонкой с двумя отверстиями, соответствующими среднему и боковому отверстиям крышки. При вращении рукоятки - 8 открываются отверстия крышки, а зажигательное устройство наклоняется к отверстию в крышке. Тигель помещается в стакан крышки - 11 электрического нагревателя, помещённого внутри корпуса. Питание нагревателя - 10 осуществляется от сети переменного тока напряжением 220В через регулятор напряжения (ЛАТР). Тигель закрывают крышкой, вставляют термометр и помещают в стакан корпуса нагревателя. Фитильное устройство зажигания заполняют лёгким маслом и регулируют пламя фитиля так, чтобы форма его была близкой к шару диаметром 4мм.

За прибором устанавливают экран из листовой стали высотой 500 мм с окрашенной в чёрный цвет внутренней поверхностью.

Прибор подключают к сети и автотрансформатором устанавливают напряжение около 100 В, чтобы дать прогреться прибору, а затем регулируют его так, чтобы скорость подъёма температуры составляла 1°C в минуту для продуктов, имеющих температуру вспышки ниже 50°C.

При нагреве нефтепродукта ведётся непрерывное перемешивание его вращением гибкого валика мешалки, и прерывают вращение только в момент испытания на вспышку. Испытание на вспышку начинают проводить при температуре на 10°C ниже ожидаемой для нефтепродуктов с температурой вспышки до 50°C. Для проведения испытания на вспышку убеждаются в готовности поджигающего устройства и вращением рукоятки 8 открывают на 1с отверстие в крышке. Если вспышка произошла, то над поверхностью появляется синее пламя, а за температуру вспышки принимается температура, показанная термометром в этот момент.

Если вспышка не произошла, продукт продолжают нагревать, непрерывно перемешивая и повторяя операцию поджигания через каждый 1°C.

При барометрическом давлении, отличающемся от 760 мм рт. ст. на 15 мм и более, в показанную термометром температуру вводят поправку (Δt), которую вычисляют по формуле:

$$\Delta t = 0,0345(760 - P),$$

где Р- барометрическое давление в мм рт.ст. Поправку прибавляют к показателю термометра, если Р выше 760 мм рт. ст. и вычитают, если Р ниже стандартного значения. Температурные поправки на барометрическое давление даны в таблице.

Таблица

Температурная поправка на барометрическое давление

P, мм рт.ст.	Поправка, °C
630 – 658	+ 4
659 – 687	+ 3
688 – 716	+ 2
717 – 745	+ 1
775 – 803	- 1

Контрольные вопросы

1. Что называется температурой вспышки?
2. Что называется температурой воспламенения?
3. Что подразумевается под температурой самовоспламенения?
4. Укажите эксплуатационные значения температуры вспышки для запуска двигателей и полноты сгорания топлива.

Лабораторная работа № 4

СТАБИЛЬНОСТЬ АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ

Цель работы:

- изучить основные представления о стабильности топлив, закономерности изменения ее и факторы, определяющие сохранение и изменение стабильности;
- изучить влияние стабильности топлив на работу топливной системы летательного аппарата и двигателя;
- уметь определять термическую стабильность топлив в статических условиях в соответствии с ГОСТ 9144-79.

Теоретическое введение

1. Основные понятия и представления о стабильности топлив

Под стабильностью топлив понимается их способность сохранять неизменными свой состав и свойства в процессе хранения, транспортировки и прокачки по топливной системе летательного аппарата и двигателя.

Причиной изменения свойств топлив является их окисление кислородом воздуха (автоокисление), в результате которого в топливах могут образовываться перекиси, спирты, продукты их полимеризации и поликонденсации (смолы), кислоты, альдегиды, эфиры и другие продукты окислительного уплотнения.

Интенсивность автоокисления зависит от химического и фракционного состава топлив, от температуры, давления и наличия, катализирующих процессы окисления металлов.

Состав образующих нерастворимых продуктов окислительного уплотнения сложен. В состав органической части осадков (взятых с топливных фильтров) входило 14% карбенов и карбоидов, 14% асфальтенов, 72% масел и нейтральных смол и составляло до 61% от веса осадков.

Неорганическая часть осадков составляла 39%, в которую входило 21,8% кремнезема и 78,2% окислов различных металлов.

Из углеводородной части топлив наиболее легко окисляются непредельные углеводороды, в связи, с чем содержание их в топливах нормируется стандартами. Было установлено, что скорость смолообразования при нормальных температурах пропорциональна числу двойных связей в молекулах и образующиеся при их окислении вещества вызывают окисление и полимеризацию предельных углеводородов.

Углеводороды в газовой и жидкой фазах окисляются по механизму цепных реакций с вырожденным разветвлением цепей. На процессы

окисления существенное влияние оказывает весовая концентрация кислорода в зоне реакции. Об этом свидетельствует тот факт, что атмосфере азота образование значительно снижается.

Увеличение температуры способствует значительному увеличению скорости и глубины окисления вещества. Максимальная температура жидкофазного окисления топлив составляет 150°C , что соответствует температуре выкипания приблизительно 50% топлива на кривой фракционной разгонки. При более высокой температуре топливо начинает интенсивно кипеть и из зоны реакции удаляется растворенный в топливе кислород. Это способствует затуханию процессов окисления. Следует отметить, что с повышением температуры топлива образовавшиеся частицы нерастворимых веществ начинают укрупняться, что объясняется снижением вязкости топлива и увеличением числа соударений и слипания частиц.

Влияние конструкционных металлов на стабильность топлив определяется их каталитическим влиянием на процессы образования нерастворимых соединений, особенно, при повышенных температурах. Каталитическое влияние некоторых металлов и сплавов на окисление топлива Т-1 иллюстрируется данными (рис. 1).

Установлено, что окисление реактивных топлив катализируется конструкционными материалами. По скорости окисления их можно расположить в следующем порядке: чистые металлы – Pb>Cu>Sn>Cr>Fe>Al; стали- 12Х18Н9Т > 12Х13 > 13ХПН2В2МФШ; сплавы - БрОС1О-10 > ЛС59-1 > БрАЖН1О-4-4 > БрАЖМц10-3-1,5 > ВБ24 > Л62. Ингибиторющее действие на окисление реактивных топлив оказывают следующие металлы: V>Mo>Mg>W>Ni.

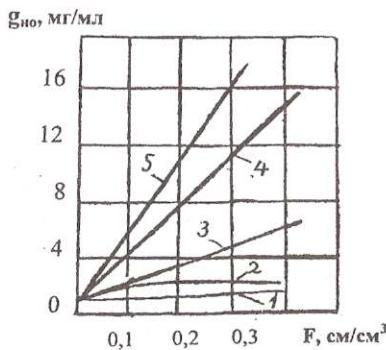


Рис. 1. Масса нерастворимого осадка g_{no} при термоокислении топлива Т-1 в зависимости от отношения величины поверхности пластин металла к объему топлива $P=S/V$: 1-сталь 12ХН3А; 2-дюралиминий Д1Т; 4-бронза ВБ24; 5-медь

Катализ окисления углеводородов проявляется при контакте топлив с солями металлов и их ионами и с самими металлами. Термоокислительная

стабильность при высоких температурах снижается в присутствии смолистых и сернистых соединений и особенно меркаптанов. В их присутствии уменьшается индукционный период и в результате образования нерастворимых продуктов окисления ограничивается эксплуатационная температура прямогонных топлив (Т-1, ТС-2, Т-2) в пределах 100-120⁰С.

В процессе гидроочистки и гидрогенации из топливных дистилляторов почти удаляются полностью гетероатомные соединения, а меркаптаны полностью. Поэтому гидроочищенные и гидрированные топлива (РТ, Т-8В, Т-6) можно применять при температурах до 300-330-350⁰С, не опасаясь образования большого количества нерастворимых осадков.

2. Методы оценки стабильности топлив

Стабильность следует рассматривать в трех характерных для эксплуатации условиях:

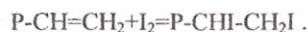
- при длительном хранении, когда окисление происходит при температуре воздуха;
- в топливной системе дозвукового летательного аппарата, где температура топлива не поднимается выше 60-70⁰С;
- в топливной системе сверхзвукового летательного аппарата, где нагрев топлива может превышать 100-150⁰С.

О стабильности топлив можно судить по следующим показателям качества:

- содержание ФАКТИЧЕСКИХ СМОЛ, которые представляют собой твердый или полужидкий остаток после быстрого и полного выпаривания 100 мл и выражают в мг/100мл топлива.

По своей природе фактические смолы представляют собой вещества еще растворимые в углеводородах топлива. Дальнейшее их окисление приводит к образованию уже нерастворимых продуктов окислительного уплотнения и выделению из топлив в виде осадка. Количество фактических смол для топлив прямой перегонки сернистых дистилляторов должно быть менее 5мг/100мл, а для малосернистых и гидроочищенных топлив не менее 4мг/100мл.

Стабильность топлив можно оценивать и по иодному числу (ИЧ), т.е. количеству грамм йода, присоединившегося по месту разрыва двойных связей ненасыщенных углеводородов, входящих в 100 мл топлива. ИЧ оценивается в г I₂/100мл топлива. Присоединение йода по месту двойных связей протекает по схеме:



Для топлив прямой перегонки сернистых нефлей ИЧ не должно быть выше 3,5 , а для малосернистых и гидроочищенных топлив – 2 и 0,5;

- индукционный период характеризуется временем, в течение которого топливо не меняет своих свойств в условиях хранения.

Такая характеристика стабильности топлив необходима, поскольку в процессе хранения возможны процессы окислительного уплотнения углеводородов топлив, что приводит к резкому увеличению количества осадков, отлагающихся в топливной системе в процессе прокачки топлива по топливной системе летательного аппарата;

- термическая стабильность топлив характеризует способность их сохранять неизменными эксплуатационные свойства в условиях работы при повышенных температурах.

Для отечественных топлив термическая стабильность (реактивных топлив) оценивается по количеству образовавшегося нерастворимого осадка при выдержке топлива в течение 4 часов при 150°C в контакте с воздухом в над топливном пространстве и медной пластинкой (мг/100мл топлива).

В динамических условиях термическая стабильность топлив оценивается по перепаду давления на контрольном фильтре при прокачке нагретого до 150°C топлива в течение определенного времени.

3. Эксплуатационное значение стабильности топлив

Интенсивность образования осадков в реактивных топливах в первую очередь зависит от температуры их нагрева. На рис. 2 представлен график образования массы осадков в зависимости от температуры для различных реактивных топлив. При прокачке по топливной системе топливо в зоне повышенных температур находится доли секунды, но этого времени достаточно для образования нерастворимого осадка.

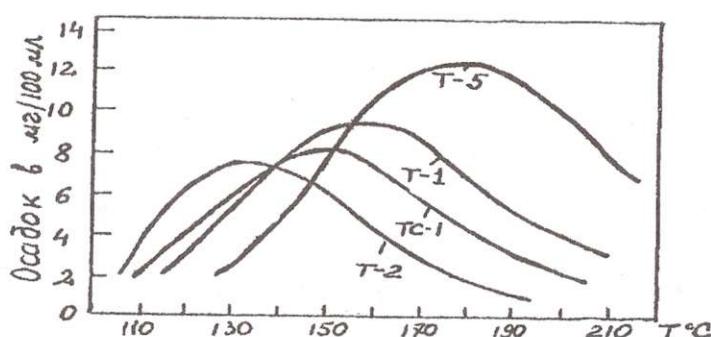


Рис. 2. Влияние температуры на образование осадков в реактивных топливах

Причиной этого является наличие в топливах смолистых веществ, которые по своему составу находятся на грани перехода в нерастворимое состояние с формированием твердых осадков.

При сравнительно невысоких температурах наблюдается потемнение топлива вследствие его окисления и накапливания растворимых углеводородов топлива в виде смолистых соединений, окрашивающих топливо в светло-коричневый цвет. Смолистые соединения полимеризуются с образованием твердых смолистых микрочастиц до 1 микрона.

Последующее их нагревание приводит к коагуляции микрочастиц с увеличением их размера до 40-50 мкм, которые способны выпадать в осадок. При нагреве топлива в газовое пространство переходит наиболее летучая часть его, которая может вытеснять воздух и тем самым способствовать замедлению процессов окислительного уплотнения. На рис.3 показано влияние газовой фазы на забивку фильтров осадками, образующимися при окислении топлива ТС-1.

Ранее уже отмечалось влияние конструкционных металлов на образование осадков. Помимо металлов и химического состава топлив, существенное влияние на осадкообразование оказывают микро загрязнения топлив. Твердые микрочастицы загрязнения в сочетании с твердыми смолистыми соединениями образуют крупные частицы осадка, чему способствует повышенная температура.

В условиях эксплуатации температура топлива перед топливорегулирующей аппаратурой достигает $120-130^{\circ}\text{C}$, в механизмах управления лентами перепуска воздуха -150°C , в механизмах управления створками сопла- 180°C .

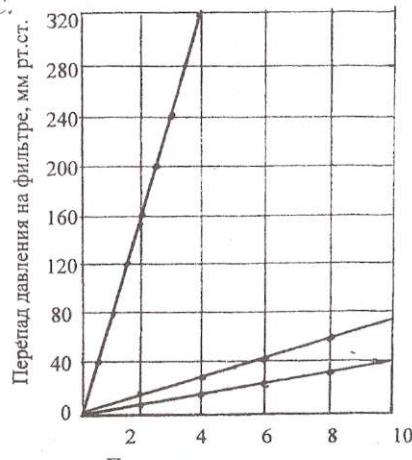


Рис.3. Влияние газовой среды на забивку фильтра осадками топлива ТС-1:
1- в среде воздуха при 150°C ; 2- в среде азота (+ 5% O_2);
3- под давлением собственных паров при 200°C

Большому нагреву подвергаются топлива в топливных коллекторах, которые обдуваются горячими газами с температурой $600-800^{\circ}\text{C}$, в форсажных камерах. Вследствие этого в условиях эксплуатации может

происходить забивка осадками форсунок форсажного контура. Большое количество осадков образуется в топливомасляных радиаторах, нарушая условия теплопередачи и вызывая перегрев масла. Термоокислительная стабильность реактивных топлив в статических условиях, определяемая в присутствии меди при температуре 150⁰С, представлена в таблице.

Таблица

Топливо	Содержание, мг/100 мл топлива		
	нерасторимого осадка		растворимых смол
	норма	фактически	
T-1	35	21-31	21-28
TC-2	18	9-15	11-14
PT	6	9,5-3	11-14
T-8	6	1,5-2	15-25
T-8B	6	0,6-3	11
T-6	6	1-3	30-40
T-2	-	10-12	27-30

Кроме забивных фильтров, осадки, накапливающиеся в реактивных топливах, вызывают образование отложений на деталях топливных насосов-регуляторов. Обычно отложения образуются на внутренних поверхностях корпуса и крышки насосов, на поверхности ротора насоса и других деталях, особенно изготовленных из меди.

Образование отложений в гнездах плунжеров насосов приводит к зависанию плунжеров, что сопровождается повреждением сферических поверхностей плунжеров и рабочей поверхности наклонной шайбы.

Образование отложений наблюдается при повышенных температурах и в шестеренчатых топливных насосах, в том числе на сепараторах подшипников топливного насоса. Забивка топливных форсунок приводит к струйчатому распылу топлива, изменяя характер горения топлива.

Экспериментальная часть

Определение термической стабильности топлив в статических условиях в соответствии с требованиями ГОСТ 9144-79

Термоокислительная стабильность топлив для реактивных двигателей в статических условиях оценивается по количеству осадка растворимых и нерастворимых смол, образующихся при окислении топлив при температуре 150⁰ в течение 4 часов в присутствии пластиинки меди.

Для определения термоокислительной стабильности топлив применяют прибор типа ЛСАТР (или аппарат ТСРТ-2), представленный на рис. 4.

Прибор представляет собой металлический электротермостат, в котором размещены 4 гнезда - 2 для герметически закрывающихся стальных бомбочек, изготовленных из нержавеющей стали. Гнезда закрываются крышками - 5 из дюрали. Нагрев термостата осуществляется электронагревателем, встроенным в нижнюю часть термостата. Для установки и контроля температуры в термостате предусмотрены гнезда для контактного и палочного термометров - 1. К корпусу термостата прикреплено реле, к которому подключается контактный термометр посредством двух клемм на панели реле. Установка контактного термометра на заданную температуру производится вращением винта магнитной головки термометра. При вращении винта против часовой стрелки контактор термометра опускается в капилляр и при соприкосновении со ртутью замыкает реле и выключает нагревательный элемент. Температура, на которую настраивается термометр, определяется по положению нижнего обреза овальной гайки на верхней шкале термометра.

Температура в термосе поддерживается с точностью $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Точность установленной температуры контролируется лабораторным термометром, по показанию которого проводится коррекция температуры.

Испытуемое топливо наливают в стеклянный стакан - 3 в количестве 50 мл. Полная вместимость стальной бомбы 225 мл, а соотношение объема топлива к объему воздуха в бомбе составляет 1:3,5.

Герметичность бомб достигается при помощи крышек, имеющих уплотнительные прокладки из паранита. Для проведения опыта необходимо:

- 1) цилиндр измерительный на 100 мл;
- 2) промывалка на 200-250 мл;
- 3) воронка стеклянная;
- 4) эксикатор;
- 5) сушильный шкаф;
- 6) стаканчики типа СВ-4, СВ-5;
- 7) медные пластинки размером 30x8x2 мм;
- 8) спирт этиловый;
- 9) спиртобензольная смесь 1:4;
- 10) бензин Б-70;
- 11) петролейный эфир;
- 12) хромовая смесь;
- 13) бумажные беззолочные фильтры типа «белая лента» диаметром 9 см.

Подготовка к испытанию

Обеззоленные бумажные фильтры, промытые на воронке, их промывают петролейным эфиром, сушат в сушильном шкафу при температуре 105°C в стаканчиках для взвешивания и взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,0002 г до достижения постоянного веса.

Стальные бомбы промывают бензином Б-70 и высушивают струей воздуха (воздушное полотенце).

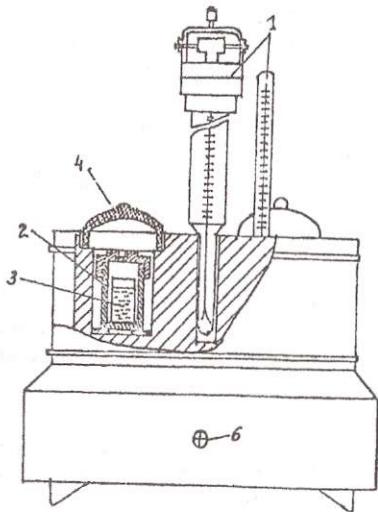


Рис. 4. Схема прибора ЛСАТР для определения термоокислительной стабильности топлив в статических условиях испытания:
1-термометры; 2-гнездо для установки металлической бомбы; 3-стакан с топливом;
4-крышка гнезда бомбы; 5-разъем электронагревателя термостата; 6-клемма заземления термостата

Стеклянные стаканы для топлива моют спиртобензольной смесью, затем хромовой смесью, промывают водопроводной и дистилированной водой и сушат в сушильном шкафу.

Медные пластинки шлифуют пастой ГОИ до блеска на войлоке, промывают бензином Б-70, этиловым спиртом и высушивают между листами фильтровальной бумаги.

Испытуемое топливо фильтруют через бумажный фильтр и наливают 50 мл его в стакан для топлива с помощью измерительного цилиндра.

В каждый стакан помещают по одной подготовленной медной пластинке, после чего стаканы с топливом помещают в стальные бомбы.

Бомбы закрывают навинчивающейся крышкой гаечным ключом в специальном приспособлении (или в слесарных тисках) и проверяют на герметичность путем погружения бомбы в горячую (90-98°C) воду.

Если из бомбочки при погружении ее в воду начинает выходить газ, т.е. появляются пузырьки воздуха, крышку бомбы вновь подтягивают, а при необходимости заменяют уплотнительную прокладку. Если бомба с топливом герметична, то можно приступить к испытанию.

Проведение испытания на термостабильность

Герметично закрытые бомбы с испытуемым топливом помещают в гнезда прибора ЛСАТР и накрывают крышками. Затем включают нагрев прибора.

Испытание проводят путем выдержки в течение одного часа после того, как температура в термостате достигнет 150⁰С.

После окончания выдержки выключают обогрев прибора и извлекают бомбы из его гнезд, которые охлаждают, не открывая, до комнатной температуры. Затем бомбы открывают и вынимают стаканы с топливом.

Пробу топлива фильтруют через предварительно промытый, высушенный до постоянного веса и взвешенный на аналитических весах фильтр.

Фильтр после фильтрации через него пробы топлива помещают в сушильный шкаф и высушивают до постоянного веса, значение которого записывают как вес фильтра с образовавшимися осадками.

Обработка результатов испытания

Термическую стабильность топлива в статических условиях выражают в мг осадка на 100 мл топлива и рассчитывают по формуле:

$$N_{14} = 2(G_2 - G_1); \\ N = 4N_{14},$$

где G_1 - вес беззольного фильтра, мг;

G_2 - вес фильтра с осадком, мг;

N_{14} - термостабильность для 1 ч выдержки топлива при 150⁰С;

N -термостабильность для 4 ч выдержки топлива при 150⁰С.

Термостабильность топлива вычисляют как среднее арифметическое двух параллельных испытаний топлива.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под стабильностью топлив и какими показателями она может быть оценена?
2. Дайте определения понятия «фактические смолы», съясните механизм их образования и факторы, влияющие на их накопление.
3. Что понимается под термической стабильностью топлив?
Охарактеризуйте методы оценки термической стабильности топлив.
4. Рассмотрите влияние химического состава на стабильность.
5. Рассмотрите влияние температуры на стабильность топлив.
6. Рассмотрите влияние состава газовой фазы на термостабильность.

7. Объясните отрицательное влияние твердых микрозагрязнений топлив на их стабильность.
8. Рассмотрите катализирующее действие конструкционных материалов на термостабильность и укажите их расположение в ряду каталитической активности.
9. Какие компоненты топлив оказывают отрицательное влияние на стабильность топлив и почему?
10. В чем заключается эксплуатационное значение стабильности топлив?
11. На работе каких узлов и агрегатов топливной системы летательного аппарата и двигателя отражается снижение стабильности топлив и в чем это влияние отражается?
12. Какое воздействие оказывают цветные металлы и сплавы на стабильность реактивных топлив?

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКИХ АВИАГСМ

Цель работы:

- изучить закономерности течения жидкостей;
- уметь связывать характер течения жидкостей с их природой, составом, строением молекул, наличием посторонних примесей, температурой и давлением;
- знать влияние реологических характеристик жидкостей на эксплуатацию летательных аппаратов и двигателей;
- уметь определять реологические характеристики жидких авиационных горюче-смазочных материалов.

Теоретическое введение

Одной из наиболее характерных особенностей жидкостей является способность изменять свою форму под действием внешних сил. Это свойство жидкости объясняется лёгкой подвижностью (скольжением) её молекул относительно друг друга.

Вязкостью или внутренним трением называют свойство жидкости сопротивляться взаимному перемещению её частиц, вызываемому действием приложенной к жидкости силы. Одна и та же сила создает в различных жидкостях разные скорости перемещения слоев, отстоящих один от другого на одинаковые расстояния.

Для нормальных «ньютоновских» жидкостей, представляющих собой индивидуальные вещества, или молекулярно-дисперсные смеси, или растворы, внутреннее трение (вязкость) при данных температуре и давлении является постоянным физическим свойством.

Вязкость характеризуется величиной, входящей в формулу Ньютона

$$F = \eta S dV/dx$$

в виде коэффициента. Эта величина называется «динамической вязкостью».

Термин «динамическая вязкость» соответствует физическому смыслу η , так как η входит в уравнение, связывающее силу внутреннего трения с изменением скорости на единицу расстояния, перпендикулярного к плоскости движущейся жидкости.

Впервые формулировка динамической вязкости была выведена врачом Пуазейлем в 1842 г. при изучении процессов циркуляции крови в кровеносных сосудах.

За единицу динамической вязкости η принимают силу сопротивления,

которую жидкость оказывает при относительном движении двух слоев площадью 1 м², отстоящих друг от друга на расстоянии 1 м, под влиянием силы в 1 Н при скорости перемещения в 1 м/с.

Кроме динамической вязкости в технике используют понятие кинематической вязкости.

Кинематическая вязкость - это отношение динамической вязкости данной жидкости к ее плотности при той же температуре:

$$\nu = \eta / \rho .$$

Размерность динамической вязкости в системе СИ

$$\eta = \text{кг} / \text{м с} .$$

Размерность кинематической вязкости в системе СИ

$$\nu = \text{м}^2 / \text{с} .$$

Наиболее удобным способом измерения вязкости при движении жидкости относительно твердого тела является наблюдение над истечением исследуемых жидкостей из капиллярных трубок.

Для расчета значений вязкости при движении каких-либо тел в жидкости может быть применен ряд формул, в которых учитывается характер движения и форма движущегося тела. Из этих формул наибольшее значение имеет приводимая ниже формула Стокса для расчета вязкости по скорости падения твердого шарика в жидкости:

$$\eta = 2/9 \cdot r^2 / V(\rho_{ш} - \rho_{ж}) g ,$$

где η - динамическая вязкость;

g - ускорение силы тяжести;

$\rho_{ш}$ - плотность шарика;

$\rho_{ж}$ - плотность жидкости;

r - радиус шарика;

V - установившаяся скорость шарика.

Способы измерения вязкости, основанные на истечении жидкости из капиллярных трубок, широко распространены. Напротив, способы, построенные на принципе движения твердого тела определенной формы в вязкой жидкости, применяются сравнительно редко.

Зависимость вязкости от давления

С увеличением давления вязкость жидкостей возрастает. Влияние давления на вязкость объясняется некоторой их сжимаемостью и изменением расстояния и сил взаимодействия между молекулами жидкости.

Повышение вязкости при повышении давления начинает проявляться при давлениях 50 кг/см² и выше, что несомненно имеет большое

практическое значение. Зависимость вязкости от давления выражается формулой Волоровича:

$$\eta_p = \eta_o \cdot a^P,$$

где a - коэффициент, составляющий для минеральных масел 1,002 - 1,004;

η_o , η_p - вязкость при атмосферном и рабочем давлении соответственно;

P - рабочее давление, кг/см².

Чем выше давление, тем больше зависимость вязкости от температуры. Чем ниже температура, тем больше зависимость вязкости от давления.

Зависимость вязкости от температуры

Для многих жидкостей зависимость вязкости от температуры подчиняется уравнению де Гузмана

$$1/\eta = A \cdot e^{-\Delta E^*/RT},$$

где ΔE^* - энергия активации вязкого течения;

$1/\eta$ - текучесть жидкости;

R и T - газовая постоянная и абсолютная температура, К.

Вязкое течение определяется скоростью реакции, имеющей энергию активации ΔE^* и отвечающей разрыву достаточного числа межмолекулярных связей, в результате чего становится возможной диффузия молекул одного слоя в другой.

В зависимости от условий применения топлива, масла и специальные жидкости должны сохранять свою подвижность при температурах до -20 - -60°C и в то же время обладать оптимальными значениями вязкости при высоких температурах. Вязкостно-температурные свойства масел характеризуются вязкостно-температурной характеристикой (ВТХ). На рис.1 представлена зависимость некоторых функций масел от ВТХ. Точка А графика зависимости кинематической вязкости от температуры характеризует максимальную вязкость, при которой возможен запуск двигателя при низких температурах.

Точка Б определяет значение вязкости масла, при которой обеспечиваются условия охлаждения и разбрзгивания масла; точка В соответствует минимальному значению вязкости, при которой отсутствует утечка масла и обеспечивается герметичность.

В точке Г масло имеет минимальную вязкость, при которой еще обеспечивается гидродинамический режим смазки (создается масляный

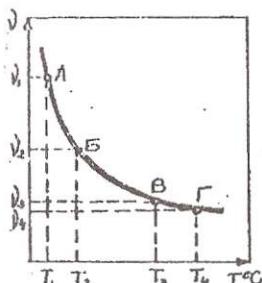


Рис. 1. Зависимость вязкости масла от температуры

клини). Получить масло, обладающее идеальной ВТХ, т.е. не изменяющей вязкостные характеристики в широком диапазоне температур, невозможно, однако улучшить эти свойства можно путём введения в масло специальных загущающих (вязкостных) присадок.

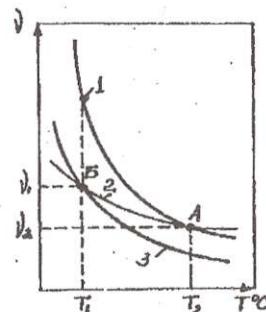


Рис. 2. Изменение ВТХ исходных и загущенных масел: 1 – незагущенное высоковязкое масло; 2 – загущенное маловязкое масло; 3 – исходное маловязкое масло. А – минимальный уровень вязкости при высоких температурах; Б – максимально допустимый уровень вязкости при низких температурах

Загущенные масла, как правило, имеют ту же пологость ВТХ, что и исходные, но обладают заданной величиной вязкости в рабочем диапазоне температур, что показано на рис. 2. В качестве вязкостных присадок используются некоторые полимерные вещества с молекулярным весом 8000-12000. В настоящее время в качестве показателя пологости температурной кривой вязкости принимается средний температурный коэффициент вязкости в пределах температур между 0° и 100° С, сокращенно обозначаемый КВ (коэффициент вязкости):

$$KB = (v_0 - v_{100}) / v_{50},$$

где v_0 , v_{50} , v_{100} – вязкость испытуемого масла соответственно при 0, 50 и 100° С.

Чем ниже величина КВ, тем предпочтительнее такое масло для применения в узлах трения механизмов и машин.

Эксплуатационное значение

Влияние реологических свойств (в том числе и вязкости) топлив, масел и гидравлических жидкостей на работу соответствующих систем летательных аппаратов и двигателей весьма значительно.

Нормальная работа топливных систем реактивных двигателей, в частности, рабочих форсунок, во многом определяется вязкостью топлива. Повышение вязкости за счет переохлаждения в условиях полета при низких температурах приводит к снижению степени распыла топлива, увеличению

размера капель и уменьшению угла распила. Это, в свою очередь, приводит к ухудшению испаряемости топлива и полноты его горения.

Для определения температурных кривых вязкостей нефтепродуктов существуют номограммы.

В условиях жидкостной смазки, когда трещицеся пары разделены слоем смазки, закон жидкостной смазки (трения) выражается формулой Петрова:

$$F = \eta V S / h,$$

где F - потери на трение;

V - скорость скольжения;

S - площадь контакта трещицеся пар;

h - толщина масляного слоя между трещицеся парами;

η - динамическая вязкость масла.

Из формулы следует, что повышение вязкости масла приводит к повышению потерь мощности на трение, связанное с прокачкой масла по системе. Если учесть, что при повышении силы трения, температура масла возрастает и вязкость уменьшается, то можно сказать, что при жидкостной смазке узел трения работает в условиях вязкостно-температурного саморегулирования. Это означает, что уменьшение вязкости приводит к уменьшению зазора h , и, напротив, уменьшение числа оборотов уменьшает силу трения F , приводит к повышению вязкости за счет снижения температуры и увеличению масляного клина в подшипнике.

Способы определения вязкости масла

Прибор для определения вязкости масла называется вискозиметром. В настоящее время существует большое количество разнообразных типов вискозиметров, однако наиболее широко распространены вискозиметры капиллярного типа для определения вязкости в соответствии с выведенной Пуазейлем формулой для подслойного течения вязкой жидкости в капиллярной трубке:

$$\eta = I/V \cdot \pi r^4 / 8 l \cdot P \tau,$$

где η - динамическая вязкость;

V - объем резервуара;

r - радиус капилляра;

l - длина капилляра;

τ - время течения жидкости объема через капилляр;

P - давление жидкости.

Обычно жидкость вытекает под давлением:

$$P = h g \rho,$$

где h – высота столба жидкости;

ρ – плотность жидкости;

g – ускорение силы тяжести.

Подставляя это выражение для P в формулу Пуазейля, получим:

$$\eta = I/V \cdot \pi r^4 h g \rho / 8 l \cdot \tau.$$

Разделив обе части этого уравнения на ρ и учитя, что $\eta/\rho = v$, найдем следующее выражение для определения кинематической вязкости:

$$v = I/V \cdot \pi r^4 h g / 8 l \cdot \tau.$$

В это уравнение входят величины (V , r , h , I), зависящие от размеров прибора и являющиеся постоянными в условиях опыта. Поэтому можно написать:

$$v = c \cdot \tau.$$

Постоянная вискозиметра c вычисляется по его размерам, вносится в его паспорт и выражается в стоксах, деленных на секунду (ст/с).

Проведение испытания

Вискозиметр заполняют исследуемым маслом и устанавливают в термостат так, чтобы уровень термостатирующей жидкости находился на несколько сантиметров выше верхнего расширения вискозиметра. Проверяют вертикальность расположения капилляра вискозиметра с помощью отвеса.

Заполненный вискозиметр выдерживают в термостате в течение 30 мин и затем определяют время истечения испытуемого топлива через капилляр вискозиметра от метки M_1 до метки M_2 (рис.3).

Испытания проводят при четырех значениях температуры: +20°C; +30°C; +40°C; +50°C.

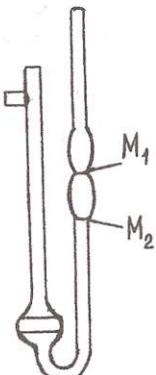
Обработка результатов

Кинематическую вязкость исследуемого топлива (v) в квадратных миллиметрах в секунду или сантистоках (mm^2/s или cSt) вычисляют по формуле

$$v = C \tau,$$

Рис.3. Общий вид вискозиметра

где C – постоянная вискозиметра, mm^2/s^2 (cSt/s);
 τ – время истечения контрольного объема V через капилляр.



По результатам измерения вязкости при 4-х температурах построить вязкостно-температурную характеристику (ВТХ) в виде графической зависимости $V = v(t)$. Сделать вывод о возможности применения масла путем сравнения полученных экспериментальных данных с требованиями ГОСТа на этот материал.

Контрольные вопросы

1. Что характеризует динамическая вязкость жидкости?
2. Что называется кинематической вязкостью и в каких единицах она измеряется?
3. Что такое вязкостно-температурная характеристика и что она характеризует?
4. Дайте определение минимально- и максимально – допустимой вязкости с точки зрения эксплуатационных характеристик смазываемого агрегата (например, авиационных ГТД).

Лабораторная работа № 6

РАСТВОРИМОСТЬ ВОДЫ В ТОПЛИВАХ И МАСЛАХ

Цель работы:

- изучить научные основы обводнения топлив и масел, факторы, влияющие на обводнение топлив и масел;
- знать методы борьбы с обводнением топлив и масел и эксплуатационное значение этого показателя;
- уметь количественно и качественно определять наличие воды в топливах в соответствии с ГОСТ.

Введение

Растворимость воды в углеводородах и топливах

Молекула воды имеет малый молекулярный вес, малый молекулярный объем и большой дипольный момент ($\mu = 1,84 \text{ Д}$). Вода за счет водородных связей способна ассоциироваться с другими молекулами воды.

Молекулы углеводородов, как правило, имеют большой молекулярный объем и не способны образовывать водородные связи, они чаще всего неполярны. Притяжение между молекулами воды и углеводородов обычно ограничиваются силами индукционного и дисперсионного взаимодействия и потому очень незначительны. Наблюдающаяся растворимость воды в углеводородах определяется, с одной стороны, дисперсионными силами неполярных молекул, вызванных возникновением флюктуирующих диполей и появлением постоянно возобновляющихся сил притяжения, с другой стороны, способностью неполярных молекул поляризоваться под действием электрического поля диполя воды. На поляризумость неполярных молекул большое влияние оказывает внутреннее строение углеводородов, молекулярный вес, плотность, температура, давление и относительная влажность окружающей среды.

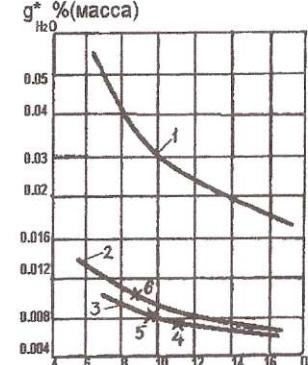


Рис. 1. Максимальная растворимость воды g^ в углеродах и топливах в зависимости от числа атомов углерода при 20°C и давлении 0,1 МПа: 1 – ароматические; 2 – нафтеновые; 3 – парафиновые; 4 – топливо T-1; 5 – топливо TC-1; 6 – топливо T-2*

- а) Влияние природы и структуры углеводородов на растворимость воды.
- Наибольшим значением средней молекулярной поляризации характеризуются ароматические углеводороды, тогда как парафиновые и нафтеновые углеводороды имеют значительно меньшую поляризумость (рис.1).

С повышением молекулярного веса растворимость воды в них уменьшается, например, в ряду бензол (C_6H_6) - толуол ($C_6P_5CP_3$) - ксиол ($C_6P_4C_2P_6$). Из этого примера следует, что увеличение длины боковых цепей и усложнение их структуры приводят к уменьшению растворимости воды, так как при этом затрудняется индуцирование дипольных молекул и ассоциация их с молекулами воды.

Растворимость воды в непредельных углеводородах выше, чем в ароматических углеводородах.

Продукты окисления углеводородов также оказывают влияние на повышение растворимости воды, и в этом случае большое влияние оказывает природа продукта окисления.

Поскольку в состав топлив входит ряд неуглеводородных соединений содержащих серу-, азот-, кислород- и другие гетероатомы, то их присутствие также оказывает влияние на растворимость воды.

б) Влияние температуры на растворимость воды в топливах.

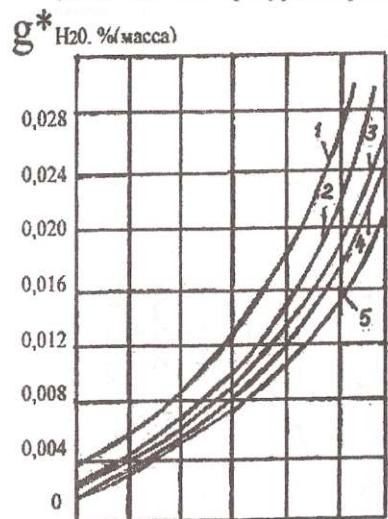


Рис. 2. Максимальная растворимость воды g^*_{H2O} в зависимости от температуры при давлении 0,1 МПа для топлив: 1 – Б70; 2 – Т-2; 3 – ТС-1; 4 – Т-1; 5 – Т-6

в) Влияние давления паров воды и относительной влажности на растворимость воды в топливах и маслах.

Исследование растворимости воды в углеводородах показало, что молекулы воды при насыщении углеводородов не ассоциированы, т.е. находятся в состоянии молекулярного дробления (иначе - в газообразном

С повышением температуры растворимость воды во всех углеводородах повышается, при этом наиболее значительно в ароматических соединениях. Понижение температуры приводит к снижению растворимости воды и в этом случае может наступить состояние, при котором количество поглощенной топливом воды превысит ее растворимость для данной температуры. Это приведет к выделению избыточной воды в виде капелек и образованию новой фазы. Максимальная растворимость воды в различных марках авиационных топлив, в зависимости от температуры при постоянном давлении представлена на рис. 2. При нагревании топлива влага из надтопливного пространства переходит в топливо, растворяясь в нем, тогда как при охлаждении, как уже отмечалось, воды при быстром охлаждении может образовывать микроэмulsionи или водный отстой, не успев перейти в воздух.

состоянии), а, следовательно, подчиняются закону Генри, связывающему весовую концентрацию паров воды в топливе с давлением ее паров в надтопливном пространстве.

Закон Генри применим к очень разбавленным растворам и так как растворимость воды в топливах незначительна, то применительно к топливам закон Генри выражается:

$$g^*_{\text{H}_2\text{O}} = K P_{\text{H}_2\text{O}}, \quad (1)$$

где $g^*_{\text{H}_2\text{O}}$ - максимальная растворимость воды при данных условиях (%мас);

$P_{\text{H}_2\text{O}}$ - давление паров воды над раствором;

K - константа Генри.

На рис.3, рис.4 и рис.5 представлены зависимости растворимости воды в топливах при различных значениях плотности, их температуры и относительной влажности (Ψ), рассчитанные по видоизмененной формуле закона Генри:

$$g^*_{\text{H}_2\text{O}} = g^*_{\text{o}} \cdot \Psi \cdot P/P_o (T/T_o)^n,$$

где P - давление воздуха в надтопливном пространстве;

P_o - давление воздуха, равное 0,1 МПа;

T - температура топлива и воздуха; $T_o = 273\text{K}$;

n - показатель степени, равный 11,5 для авиационных топлив ТС-1, РТ.

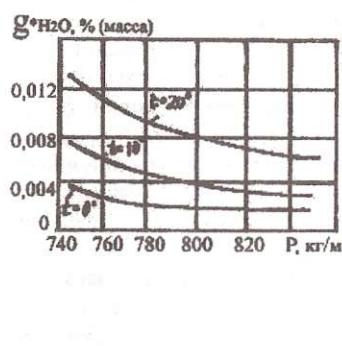


Рис. 3. Максимальная растворимость воды $g^*_{\text{H}_2\text{O}}$ в топливах при 100 % относительной влажности в зависимости от плотности топлива и T (рассчитаны по видоизмененной формуле закона Генри):

$$g^*_{\text{H}_2\text{O}} = g^*_{\text{o}} \cdot \Psi \cdot P/P_o (T/T_o)^n$$

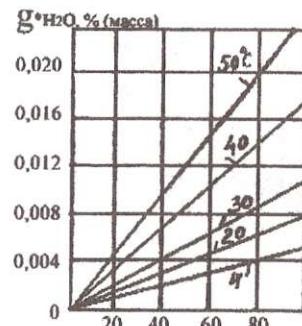


Рис. 4. Максимальная растворимость воды $g^*_{\text{H}_2\text{O}}$ в топливе Т-1 в зависимости от Ψ при давлении 0,1 МПа и различных T

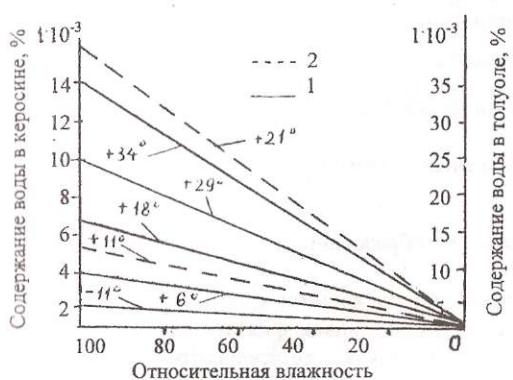


Рис. 5. Влияние относительной влажности на растворимость воды в различных углеводородах:
1 – керосин; 2 – толуол

Так как относительная влажность непостоянна, то переменно и содержание воды. С повышением влажности воздуха топливо насыщается водой. При понижении температуры топливо оказывается пересыщенным водой и последняя начинает выделяться в виде отдельной фазы. Если температура топлива ниже температуры воздуха, а относительная влажность достигает такой величины, что $P_{\text{H}_2\text{O}}$ превышает $P_{\text{H}_2\text{O}}(\text{нас})$, т.е. относительная влажность, отнесенная к температуре топлива, превышает 100%, происходит

конденсация паров воды из воздуха в топливо. Чем больше разница между температурами топлива и воздуха, тем при меньшем значении относительной влажности произойдет конденсация паров воды в топливо. Понижение давления воздуха также приводит к снижению содержания воды в топливе, как и при одновременном снижении температуры воздуха и топлива при постоянной (или при повышении) влажности.

Замерзание выделившейся из топлива растворенной воды

При резком снижении давления водяных паров и с понижением температуры, растворенная вода не успевает за время охлаждения перейти из топлива в воздух, конденсируется в виде второй жидкой фазы, образуя микроэмulsion или водный отстой. Микрокапельки воды при низких температурах способны замерзать с образованием снежинок или кристаллов льда. Если скорость понижения температуры не высока, микрокапельки воды успевают агрегироваться и не склонны к переохлаждению и, следовательно, образуют кристаллы льда тем быстрее, чем выше степень их агрегирования. Кристаллы льда, находящиеся в топливе, находятся в состоянии подвижного равновесия с растворенной в топливе водой. Поскольку растворенная вода находится в молекулярном состоянии, то происходит непрерывное испарение мелких кристаллов льда, у которых вследствие большой кривизны поверхности, давление насыщенных паров выше, чем над более крупными кристаллами льда.

Ввиду насыщенности топлива водой испарившаяся вода конденсируется на более крупных кристаллах, способствуя их росту.

Испарение кристаллов льда при повышении температуры возможно при условии, что давление паров в воздушном пространстве баков будет ниже

давления насыщенных паров воды. В противном случае будет происходить конденсация паров воды на поверхности топлива с образованием новых кристаллов льда.

Меры предупреждения образования кристаллов льда в топливах

К ним относятся конструктивные и физико-химические методы.

а) Конструктивные методы

Конструктивные методы борьбы с образованием льда в топливах включают:

1. Подогрев топлива и фильтра в момент забивки фильтра кристаллами льда.
2. Впрыск жидкостей, растворяющих кристаллы льда на фильтре.
3. Осушка топлива, находящегося в баках летательного аппарата пропусканием над топливом или через него осущеного воздуха, идущего от компрессора двигателя.

Указанные методы имеют ряд недостатков: они не предотвращают образование льда и предназначены для его плавления; требуют установки дополнительного оборудования для подогрева топлива и фильтра, установки специальных форсунок для впрыска жидкости или для барботажа воздуха. Кроме того, они не эффективны при обмерзании агрегатов, установленных до фильтра или теплообменника. Осушка топлива горячим воздухом сопряжена с возможностью воспламенения и не эффективна для удаления льда или воды до допустимых концентраций, а также протекает очень медленно и не гарантирует удаление воды до безопасных концентраций. Поэтому эти способы применяются ограниченно.

б) Физико-химический метод

Заключается в образовании с выделившейся водой из топлива низко замерзающих растворов (антифризов) при добавлении в топливо специальных присадок, растворимых в углеводородах топлива и воде.

К физико-химическим методам относят также установку в баках самолетов специальных патронов с твердыми адсорбентами воды (силикагель, хлористый кальций), а также вымораживание воды путем охлаждения топлива и последующей фильтрацией его от льда.

Наиболее широкое применение получил метод, основанный на образовании антифризов. Образование антифризов базируется на закономерном понижении давления насыщенного пара чистого растворителя над образовавшимся раствором (см. закон Рауля). Такое понижение давления пара приводит к понижению температуры замерзания раствора, что показано на рис.6. Из закона Рауля следует очень важное следствие, согласно которому понижение температуры пропорционально молярной концентрации растворенного вещества:

$$\Delta T = K_{kp} \cdot m = K_{kp} (g_1 \cdot 1000 / M \cdot g_2) \quad (2)$$

где $\Delta T = T_1 - T_2$ - разность температур замерзания раствора и чистого растворителя;
 m - молярная концентрация раствора (г моль/1000г.);
 M - молекулярный вес растворенного вещества;
 g_1 и g_2 - вес растворителя и растворенного вещества, г;
 K_{cp} - криоскопическая постоянная растворителя.

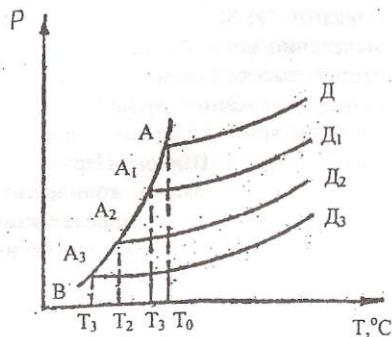


Рис. 6. Зависимость давления насыщенного пара от температуры: АД – чистая жидкость; А₁Д₁, А₂Д₂, А₃Д₃ – растворы различных концентраций; ВД – давление насыщенного пара твердого чистого растворителя

В реальных условиях уравнение (2) не выполняется и требует поправок.

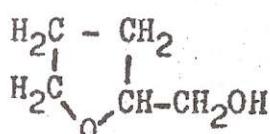
На рис. 6. кривая АД показывает зависимость давления насыщенного пара чистого растворителя от температуры, кривая ВД – давление насыщенного пара чистого твердого растворителя, а кривые А₁Д₁, А₂Д₂ и А₃Д₃ – давление пара над раствором нелетучего вещества с концентрациями С₁ < С₂ < С₃. Точки пересечения этих кривых с кривой ВД определяют температуры начала затвердевания чистого

растворителя и раствора. Присадка, добавляемая в топливо, кроме способности образовывать антифризы, должна хорошо растворяться в топливах без образования расслаивающихся смесей. Молекулы присадки должны иметь дифильное строение, т.е., с одной стороны, быть полярными веществами и хорошо растворяться в воде, с другой стороны, должны иметь неполярный радикал, обеспечивающий наибольшее сродство к углеводородным компонентам топлива и хорошо растворяться в них.

В качестве таких присадок используетсяmonoэтиловый эфир этиленгликоля или этилцеллозолье (HO-CH₂-CS₂-CC₂H₅) под маркой жидкость «И».

Кроме жидкости «И» в качестве присадки против образования льда в топливах используется жидкостью «ТГФ» – тетрагидрофурфуриловый спирт.

Температура замерзания жидкости «И» повышается с увеличением в растворе воды. На рис. 7 представлена графическая зависимость температур замерзания водных растворов



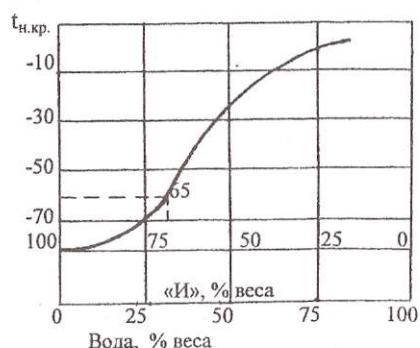
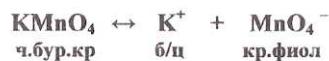


Рис. 7. Температура кристаллизации смесей жидкости «И» с водой

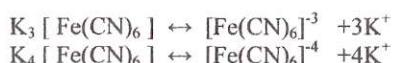
при сливе отстоя воды из топлива с присадкой в условиях эксплуатации.

Методы определения обводнения топлив и масел

Качественные методы определения воды в светлых нефтепродуктах основаны на свойствах некоторых веществ (солей) изменять свою окраску при диссоциации на ионы в присутствии воды. К таким веществам относится марганцовокислый калий, диссоциирующий по схеме:

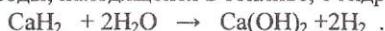


В присутствии воды ионы MnO_4^- окрашивают раствор в красно-фиолетовый цвет. Смесь солей красной и желтой кровяной солей окрашивают бумагу, пропитанную этими солями в синеголубой цвет. Соли диссоциируют по схеме:



Наличие капельно-взвешенной воды в топливах можно определить визуально по помутнению топлива. Наличие воды в маслах качественно можно определить путем нагревания пробы масла до температуры выше температуры кипения воды. В этом случае наличие воды можно определить по характерному потрескиванию лопающихся пузырьков пара воды.

Количественный метод определения воды в топливах заключается во взаимодействии воды, находящейся в топливе, с гидридом кальция:



Измерив объем выделившегося водорода, рассчитывают количество воды, необходимое для получения его, а затем пересчитывают это количество на 1 кг топлива и определяют процентное содержание воды в нем.

жидкости «И». Кроме жидкости «И» и «ТГФ» ввиду того, что эти жидкости находят широкое применение в народном хозяйстве (в качестве растворителей) используются их смеси с 50% метилового спирта (CH_3OH) под марками "И-М" и "ТГФ-М". При выделении воды из топлива в виде отстоя, вместе с водой выносится и присадка. Это происходит в соответствии с законом распределения Шилова-Нернста и соответствует такому количеству, которое определяется коэффициентом распределения присадки между топливом и водой $K = C_t/C_{\text{H}_2\text{O}}$. Это следует учитывать

Количественно определить воду можно путем перегонки 100 мл нефтепродукта. При этом вода, имевшая большую плотность, собирается в нижней части ловушки, образуя с топливом двухслойную смесь. Определив объем воды, и зная ее плотность, рассчитывают ее процентное содержание в испытуемом нефтепродукте.

Эксплуатационное значение

При подъеме летательного аппарата в результате понижения давления водяных паров с высотой должно уменьшаться и содержание растворенной воды в топливе. Однако, если высота полета будет достигнута за короткий промежуток времени, то часть растворенной воды может выделяться из топлива в зависимости от температуры в виде жидкой фазы или кристаллов льда. Кроме свободной воды в топливе может присутствовать микроэмulsionная вода, представляющая собой ассоциаты молекул, образующиеся в результате перехода с охлаждением растворенной воды в свободную. Диаметр капель микроэмulsionии от 0,1 мкм до 70 мкм. Присутствие капель диаметром 0,1 мкм проявляется в слабом помутнении топлива. Общее содержание воды в топливах достигает 0,008-0,010% (масс), в том числе растворенной в пределах 0,002-0,007. Норма на содержание свободной воды в заправляемом топливе 0,003%. На рис. 8 показана растворимость воды в зависимости от давления.

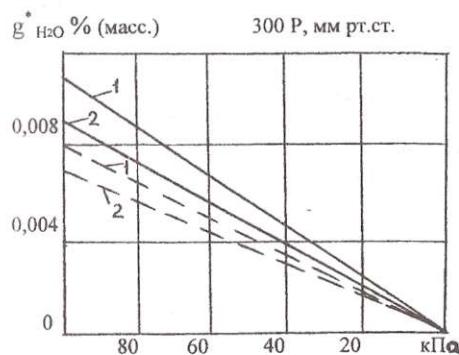


Рис. 8. Растворимость воды в топливах в зависимости от давления Р при относительной влажности воздуха 100% (—); 75% (- - -) для 1 – ТС-1 и 2 – Т-1

изменится. Поэтому для данного топлива при давлении насыщенного пара воды Р_{H2O}(нас)= 6,54 мм рт. ст. На высоте 9000 м

$$g_{H2O}^* = (g_{H2O}^*/P_{H2O}^{nac}) P = (0,005/6,54)0,04 = 0,00003\%,$$

т.е. практически из топлива выделится вся растворенная вода и создаются условия для образования кристаллов льда, забивки фильтров, а также интенсификации процессов коррозии деталей системы.

Насколько снижается содержание растворенной воды в топливе при подъеме самолета на высоту 9000 м свидетельствует следующий пример. Допустим, что температура заправленного топлива +5°C, содержит растворенной воды 0,0043%. На высоте 9000 м температура воздуха -40°C, Р=300 мм.рт.ст. При этой температуре давление насыщенных паров воды составит 0,093 мм рт.ст., а с учетом атмосферного давления всего 0,04 мм рт.ст. Температура топлива из-за высокой склонности не

+5°C g_{H2O}=0,005%, а давление

Экспериментальная часть

Определение свободной воды и механических примесей в реактивных топливах экспресс-методом в соответствии с требованиями ГОСТ 19820-74.

Метод основан на изменении цвета индикаторного элемента в местах протекания топлива при контакте со свободной (эмulsionированной) водой и механическими примесями. Чувствительность метода по воде 0,001%, по

механическим примесям - 0,0001%. Схема прибора дана на рис.9.

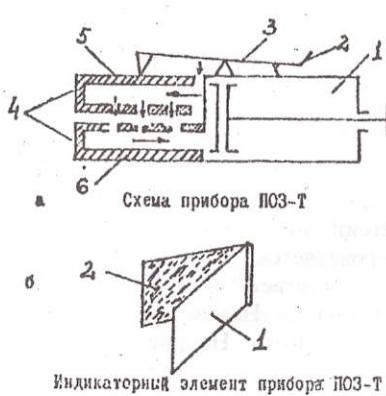


Рис. 9. Схема прибора П03-Т и индикаторного элемента

датчика. Подвижная и неподвижная части датчика имеют каналы. Два топливных канала имеют калиброванные отверстия. Механизм открытия и закрытия датчика состоит из подпружиненного рычага 3 с хвостовиком 2. При подъеме хвостовика крышка датчика под действием отжимкой пружины поднимается, при опускании - кулачек хвостовика прижимает крышку датчика к основанию и фиксирует ее в закрытом положении. Индикаторный элемент изготовлен из двух прямоугольных отрезков аналитической ленты НЭЛ-4, сложенных в два слоя и скрепленных между собой по одному краю. Первый слой со стороны входа топлива - белый, пропитан солью трехвалентного железа Fe^{+3} , второй - желтый, пропитан смесью красной и желтой кровяными солями ($[\text{Fe}(\text{CH}_6)_6\text{K}_3$ и $[\text{K}_4 \text{Fe}(\text{CN})_6]$). Первый слой индикаторного элемента должен быть обращен в сторону подвижной части датчика и служит для определения механических примесей, второй для определения воды обращен к неподвижной части датчика прибора.

Проведение испытаний

1. Топливо, в количестве 300-100 мл, отбирают в чистую и сухую посуду из стекла или органического стекла.
2. Открывают датчик прибора и вкладывают индикаторный элемент, обращенный белой полосой в сторону подвижной части датчика прибора.

3. Закрывают датчик хвостовиком и опускают датчик и часть шприца в испытуемое топливо, засасывая в течение 7-10 с топливо.
4. Сделав после всасывания топлива выдержку в 3-4 с, вынимают его из топлива, поднимают хвостовик и, открыв крышку датчика, извлекают индикаторный элемент, а топливо из шприца выталкивают поршнем путем нажатия на шток.
5. Оценка топлива на содержание воды и механических примесей производится следующим образом:
 - а) при отсутствии на индикаторном элементе синеголубых отпечатков свободной воды менее 0,001%;
 - б) при наличии одного или двух бледно-голубых отпечатка на желтом слое индикатора содержание свободной воды составляет $0,0012 \pm 0,0002\%$;
 - в) при наличии двух голубых и одного бледно-голубого отпечатка содержание свободной воды составляет $0,002 \pm 0,0005\%$. В этом случае топливо допускается для заправки после дополнительного отстаивания с последующей повторной проверкой;
 - г) при наличии трех хорошо заметных голубых отпечатков содержание воды в топливе более 0,0025%. Такое топливо к заправке не допускается и должно быть подвергнуто повторному сепарированию.
6. Содержание механических примесей в топливе определяется путем сравнения полученных на белой полосе индикаторного элемента отпечатков с эталонными отпечатками. Сравнение производится непосредственно после получения отпечатков. При получении отпечатков более темных, чем эталонные, топливо к заправке непригодно.

Контрольные вопросы

1. Рассмотрите основные силы взаимодействия между молекулами воды и углеводородов топлива, определяющие их взаиморастворимость.
2. Рассмотрите влияние природы и структуры молекул углеводородов на растворимость в них воды.
3. Рассмотрите физико-химические основы влияния температуры на растворимость воды в топливах.
4. Как влияет давление паров воды и относительной влажности на растворимость воды в топливах?
5. Рассмотрите процессы выделения воды из топлив в виде отдельной фазы и замерзание ее при низких температурах.
6. Рассмотрите научные основы физико-химического метода борьбы с образованием льда в топливах.
7. Как меняется содержание растворенной воды в топливах в условиях высотных полетов при низких температурах?
8. Какие жидкости используются для предотвращения образования льда?
9. Рассмотрите качественные и количественные методы определения свободной воды в топливах и маслах.
10. Рассмотрите конструктивные методы борьбы с обводнением топлив.

Лабораторная работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДРАСТВОРИМЫХ КИСЛОТ И ЩЕЛОЧЕЙ

Цель работы:

- уметь определять нейтральность топлива и масла;
- изучить эксплуатационное значение наличия кислот и щелочей в топливе.

Теоретическое введение

Наличие свободных минеральных кислот и щелочей в нефтепродуктах может объясняться рядом причин. Появление их в очищенных нефтепродуктах вызывается либо неполной нейтрализацией после кислотной очистки, либо плохой отмыткой свободной щелочи при щелочной очистке, иногда присутствие минеральных кислот щелочей вызывается небрежным хранением, неправильной транспортировкой и т.д.

Минеральная кислотность нефтепродуктов почти всегда определяется присутствием серной кислоты. Другие минеральные кислоты редко обнаруживаются в нефтепродуктах. Бывают случаи нахождения следов соляной кислоты в нефтепродуктах, транспортируемых в железных бидонах. Щелочность в основном объясняется присутствием NaOH и Na₂CO₃. Присутствие минеральных кислот и щелочей в нефтепродуктах недопустимо, так как эти соединения вызывают коррозию и нарушают прочность металлов и других материалов, соприкасающихся с ними в условиях производства, применения и хранения.

К числу минеральных кислот можно отнести также и производные серной кислоты: сульфокислоты и кислые эфиры, которые по химическому действию эквивалентны минеральным кислотам.

Для определения минеральных кислот и щелочей в нефтепродуктах существуют качественные и количественные способы, причем в большинстве стандартизованы только первые. Указанное положение можно объяснить тем, что присутствие даже ничтожных следов минеральных кислот и щелочей не может быть терпимо в авиатопливах. Поэтому нефтепродукты, содержащие следы минеральных кислот и щелочей, должны браковаться.

Экспериментальная часть

Аппаратура и реактивы

1. Делительная воронка, укрепленная в лапке штатива.
2. Химические стаканы – 2 шт.
3. Пробирки.

4. 10%-й спиртовой раствор фенолфталеина.
5. 1%-й раствор метилового оранжевого (метилоранж).
6. Дистиллированная вода.

Подготовка к испытанию

Пробу испытуемого жидкого нефтепродукта хорошо перемешивают трехминутным встряхиванием в склянке, заполненной не более чем на $\frac{3}{4}$ емкости. Вязкие и парафинистые нефтепродукты предварительно нагреты до $40\text{-}50^{\circ}\text{C}$.

При испытании консистентных смазок с поверхности испытуемого образца шпателем снимают и отбрасывают верхний слой, затем в нескольких местах (не менее трех) берут пробу примерно в равных количествах не вблизи стенок сосуда. Пробы складывают вместе в фарфоровую чашку и тщательно перемешивают.

Проведение испытания

При испытании светлых нефтепродуктов (бензин, лигроин, керосин) воронку 1 (рисунок) наливают 50 мл испытуемого нефтепродукта и 50 мл дистиллированной воды.

Содержимое делительной воронки взбалтывают в течение 5 мин. После отстоя водную вытяжку сливают в две пробирки по 1-2 мл в каждую.

В одну из пробирок с водной вытяжкой испытуемого нефтепродукта прибавляют две капли раствора метилоранжа и сравнивают цвет водной вытяжки раствора с цветом такого же объема дистиллированной воды, налитой в третью пробирку, в которую добавлено также две капли раствора метилоранжа. Окрашивание испытуемой водной вытяжки в розовый цвет указывает на наличие в испытуемом нефтепродукте водорасторимых кислот. Во вторую пробирку с водной вытяжкой прибавляют три капли раствора фенолфталеина. Окрашивание раствора в малиновый цвет указывает соответственно на слабощелочную или щелочную реакцию (таблица).

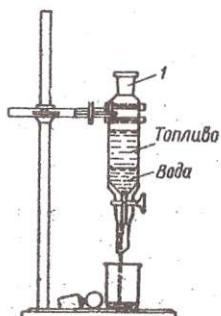


Рисунок. Прибор для определения нейтральности

Таблица

Реакции	Индикаторы	
	фенолфталеин	метилоранж
Нейтральная	Бесцветный	Желтый
Щелочная	Малиновый	Желтый
Кислая	Бесцветный	Розовый

Выводы по работе

Сделать вывод о соответствии испытуемого топлива техническим условиям по исследованным показателям качества.

Контрольные вопросы

1. Каковы причины попадания минеральных кислот и щелочей в топливо?
2. В чем опасность наличия водорастворимых кислот и щелочей в топливе?

Лабораторная работа № 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ ТОПЛИВА И МАСЛА (в соответствии с ГОСТ 59-85-59)

Цель работы:

- определить кислотность топлива;
- определить кислотное число масла.

Теоретическое введение

Из органических соединений нефти кислого характера наиболее распространены карбоновые кислоты состава $C_nH_{2n}COOH$ – производные нафтенов.

Помимо карбоновых кислот, в состав некоторых нефтей входят и другие соединения с кислотными свойствами, но содержание их по сравнению с кислотами незначительно. К ним, в первую очередь, относятся фенолы (найдены крезолы, ксиленолы, этилфенолы).

Так как карбоновые кислоты (как и вообще кислые соединения) нефти представляют собой смеси индивидуальных химических соединений, то в технике кислотность нефти или нефтепродукта обычно выражают не в процентах карбоновых кислот, а в миллиграммах KOH, необходимых для нейтрализации 1 г нефтепродукта.

Обычно при анализе нефтепродуктов определяют не органическую, а общую кислотность, т.е. сумму органической и минеральной, но так как в подавляющем большинстве случаев минеральная кислотность в нефтепродуктах отсутствует, то определяемая кислотность почти всегда соответствует органической.

Наличие кислот сообщает коррозионное свойство топливу. Поэтому содержание органических кислот в топливах не должно превышать определенного предела. Испытание топлив на органическую кислотность является обязательным.

Аппаратура и реактивы

При испытании применяют следующую аппаратуру и реактивы:

- 1) колбы конические вместимостью 250 мл;
- 2) холодильники обратные или трубы стеклянные длиной 750 мм и внутренним диаметром 10-12 мм;
- 3) меры вместимости стеклянные технические: цилиндры измерительные с носиком вместимостью 25, 50 и 100 мл, микробюретки вместимостью 2 и 5 мл;
- 4) чашка или стакан фарфоровые;
- 5) шпатель;
- 6) секундомер;

- 7) спирт этиловый – ректификат 85%-й водный раствор, для приготовления которого смешивают 89 мл спирта и 11 мл дистиллированной воды;
- 8) кали едкое – 0,005 Н спиртовой титрованный раствор;
- 9) индикатор нитрозиновый желтый (дельта), 0,5%-й водный раствор, для приготовления которого растворяют 0,25 г индикатора в 50 мл дистиллированной воды;
- 10) вода дистиллированная.

Определение кислотного числа топлива

Схема установки для определения кислотности топлив и масел представлена на рисунке.

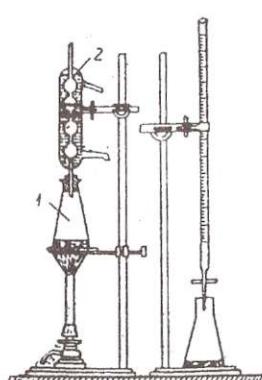


Рисунок. Установка для определения кислотности топлива

Метод определения кислотности топлив состоит в извлечении кислот, находящихся в топливе, спиртом с последующим его титрованием 0,05 Н спиртовым раствором едкого кали. При титровании реакция протекает следующим образом:



В коническую колбу (1) (рисунок) наливаю 50 мл 85%-го этилового спирта, закрывают колбу пробкой со вставленным в нее обратным холодильником (2) и кипятят содержимое в течение 5 мин. для удаления растворенной углекислоты.

В прокипяченный спирт добавляют 4-5 капель индикатора нитрозинового желтого (дельта) и нейтрализуют в горячем состоянии при непрерывном взбалтывании 0,005 Н раствором едкого кали до первого изменения окраски от желтой до зеленой. Нейтрализовать необходимо горячую смесь, потому что пары предохраняют спирт от окисления при соприкосновении его с воздухом. В колбу с нейтрализованным спиртом приливают 50 мл испытуемого нефтепродукта. Затем колбу закрывают пробкой с вставленным в нее обратным холодильником. Содержимое колбы кипятят в течение 5 мин. при непрерывном помешивании.

После кипения в смесь добавляют 4-5 капель индикатора нитрозинового желтого (дельта) и в горячем состоянии титруют 0,05 Н спиртовым раствором едкого кали при непрерывном интенсивном взбалтывании до первого изменения окраски нижнего слоя или смеси от темной (или желтой с оттенками) до зеленой (или зеленой с оттенками). При наличии синей или сине-зеленой окраски титрование щелочью не производят и записывают, что органические кислоты в испытуемом нефтепродукте отсутствуют.

Кислотность топлива в миллиграммах КОН на 100 мл вычисляют по формуле:

$$K = \frac{VT100}{50} ,$$

где V - объем 0,05 Н раствора КОН, пошедшего на титрование, мл;
T - титр 0,05 Н раствора едкого кали, мг;
100 - коэффициент для приведения кислотности к 100 мл нефтепродукта;
50 - объем топлива, взятый для испытания, мл.

Определение кислотного числа масла

При испытании масел в коническую колбу берут навеску масла 8-10 г с точностью до 0,01 г. В другую колбу наливают 50 мл 85%-го этилового спирта, кипятят и нейтрализуют так, как и для испытания топлива. Нейтрализованный горячий спирт переливают в колбу с навеской масла. Затем колбу закрывают пробкой со вставленным обратным холодильником и кипятят. Далее проделывается все так, как и для топлива.

Кислотное число масла в миллиграммах КОН на 1 г вычисляют по формуле:

$$K_f = \frac{V_f T}{G} ,$$

где V_f - объем 0,05 Н раствора КОН, пошедшего на титрование, мл;
T - титр 0,05 Н КОН, мг;
G - навеска масла, г.

Полученное значение кислотного числа сравнить с допуском, заданным техническими условиями на топливо или масло и сделать вывод о соответствии испытуемого ГСМ предъявляемым требованиям по данному показателю качества.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под кислотностью нефтепродуктов и от каких факторов она зависит?
2. В чем состоит опасность присутствия органических кислот в топливах и маслах?
3. Как влияет присутствие коррозионно-активных компонентов топлив на резинотехнические изделия в топливной системе?
4. Почему нельзя хранить в оцинкованной таре реактивные топлива, содержащие противокристаллизационные присадки?
5. В чем заключается опасность присутствия в топливах меркаптановой серы в условиях ее контакта с цветными сплавами?
6. Дайте общую характеристику влияния коррозионных процессов на надежность и долговечность работы агрегатов топливной системы.