



**«Развитие требований к современным маслам для авиационных газотурбинных двигателей.
Оптимизация применения авиационных масел на парке ВС компаний, оказывающих услуги в области санитарной авиации»**

**Богданов А.М.
Технический директор**

**г. Волгоград
2021**

Требования предъявляемые к маслам для авиационных ГТД

- Длительная химическая и физическая стабильность в рабочих режимах в пределах заданных значений параметров;
- Способность хорошо поглощать и отводить тепло от узлов и деталей, омываемых маслом;
- Вязкостно-температурные характеристики, обеспечивающие:
 - прокачиваемость через трубопроводы, фильтры, сепараторы, отверстия и зазоры;
 - несущую способность гидродинамического масляного клина (EHLD);
- Низкий уровень испаряемости и воспламеняемости, (пожаро- и взрывобезопасность смеси паров масла с воздухом, низкие потери масла);
- Стойкость к образованию твердых и гелеобразных отложений (вопрос коксообразования и термоокислительной стабильности);
- Смазывающая способность, предотвращающая все виды износа поверхностей в условиях граничного трения;
- Совместимость с уплотнительными и конструкционными материалами;
- Консервационные свойства, защита металлических поверхностей от воздействий окружающей среды.

Типы базовых основ авиационных масел

СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ

Свойства	Минеральные масла	Полиальфаолефиновые	Эфиры двухосновных кислот	Эфиры неопентилполиолов	Фторсилоксаны
Вязкостно-температурные	умеренные	очень хорошие	превосходные	очень хорошие	умеренные
Низкотемпературные	умеренные	очень хорошие	хорошие	хорошие	хорошие
Текучесть	умеренная	очень хорошая	очень хорошая	очень хорошая	плохая
Стойкость к окислению (инг.)	умеренная	очень хорошая	очень хорошая	очень хорошая	превосходная
Испаряемость	высокая	средняя	низкая	очень низкая	средняя
Антикоррозионные	превосходные	превосходные	умеренные	умеренные	умеренные
Совместимость с ЛКП	превосходная	превосходная	хорошая	умеренная	хорошая
Гидролитическая стабильность	превосходная	превосходная	превосходная	умеренная	очень хорошая
Термическая стабильность	умеренная	умеренная	хорошая	очень хорошая	превосходная
Набухание эластомеров	легкое	отсутствует	умеренное	сильное	умеренное
Огнестойкость	плохая	плохая	умеренная	умеренная	превосходная
Смазочные свойства	хорошие	умеренные	очень хорошие	очень хорошие	умеренные
Стоимость	низкая	средняя	средняя	средняя	очень высокая
Примеры	МС-8П, TN321 ASTO 3SP	ИПМ-10, МТ319А2, TN210А	ВНИИНП-50-1-4у, TN160 ASTO 390	МЖО II, TN600 ASTO560, ЕТО2380, МЖО254, МЖО387, ЕТО2197	ВТ-301

- Длительная химическая и физическая стабильность в рабочих режимах в пределах заданных значений параметров;
- Способность хорошо поглощать и отводить тепло от узлов и деталей, омываемых маслом;
- Вязкостно-температурные характеристики, обеспечивающие:
 - прокачиваемость через трубопроводы, фильтры, сепараторы, отверстия и зазоры;
 - несущую способность гидродинамического масляного клина (EHLD);
- Низкий уровень испаряемости и воспламеняемости, (пожаро- и взрывобезопасность смеси паров масла с воздухом, низкие потери масла);
- Стойкость к образованию твердых и гелеобразных отложений (вопрос коксообразования и термоокислительной стабильности);
- Смазывающая способность, предотвращающая все виды износа поверхностей в условиях граничного трения;
- Совместимость с уплотнительными и конструкционными материалами;
- Консервационные свойства, защита металлических поверхностей от воздействий окружающей среды.

Типы базовых основ авиационных масел

СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ СИНТЕТИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ МАСЕЛ

Свойства	Минеральные масла	Полиальфаолефиновые	Эфиры двухосновных кислот	Эфиры неопентилполиолов	Фторсиликоны
Вязкостно-температурные	умеренные	очень хорошие	превосходные	очень хорошие	умеренные
Низкотемпературные	умеренные	очень хорошие	хорошие	хорошие	хорошие
Текучесть	умеренная	очень хорошая	очень хорошая	очень хорошая	плохая
Стойкость к окислению (инг.)	умеренная	очень хорошая	очень хорошая	очень хорошая	превосходная
Испаряемость	высокая	средняя	низкая	очень низкая	средняя
Антикоррозионные	превосходные	превосходные	умеренные	умеренные	умеренные
Совместимость с ЛКП	превосходная	превосходная	хорошая	умеренная	хорошая
Гидролитическая стабильность	превосходная	превосходная	превосходная	умеренная	очень хорошая
Термическая стабильность	умеренная	умеренная	хорошая	очень хорошая	превосходная
Набухание эластомеров	легкое	отсутствует	умеренное	сильное	умеренное
Огнестойкость	плохая	плохая	умеренная	умеренная	превосходная
Смазочные свойства	хорошие	умеренные	очень хорошие	очень хорошие	умеренные
Стоимость	низкая	средняя	средняя	средняя	очень высокая
Примеры	МС-8П, TN321 ASTO 3SP	ИПМ-10, МТ319А2, TN210А	ВНИИ НП-50-1-4у, TN160 ASTO 390	МЖО II, TN600 ASTO560, ETO2380, МЖО254, МЖО387, ETO2197	BT-301

Эволюция стандартов масел для авиационных ГТД и соответствия базовой основы масел



Рост теплонапряженности авиационных ГТД значительно повышает требования к уровню термостойкости / термостабильности масел:

- Минимизация всех типов высокотемпературных отложений
- Длительный срок службы с медленным темпом деградации характеристик масла - «старения»
- Минимизация расхода масла от потерь на испарение.
- Минимизация воздействия на уплотнительные материалы в течение длительных сроков эксплуатации ГТД.

Ужесточение требований к характеристикам масел со стороны разработчиков авиационных ГТД гражданского назначения – формирование международного гражданского стандарта SAE AS 5780. (порядка 45 марок масел, одобренных на соответствие MIL-PRF-23699, не удовлетворяют требованиям SAE AS 5780)

Классификация авиационных масел

- **MIL-PRF-23699G** – военный стандарт (требования BMC) – 5-сСт масла
 - **class STD** – стандартный класс
 - **class HTS** – повышенная термостабильность
 - **class EE** – «улучшенный эфир»
- **SAE AS 5780D** – международный гражданский стандарт – 5-сСт масла
 - **class SPC** – стандартные характеристики
 - **class HPC** – повышенные характеристики

Особые условия эксплуатации (под наблюдением):

- **MIL-PRF-7808L** – военный стандарт (требования BBC)
 - **grade 3** – кинематическая вязкость не менее 3 сСт
 - **grade 4** – кинематическая вязкость не менее 4 сСт

Значения кинематической вязкости при 100 град.С

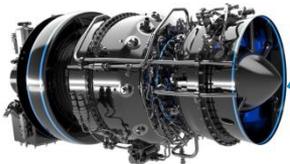
Типовое назначение разработчиком ГТД перечня используемых масел



TV3-117BM



BK-650B



BK-1600B

- Российские;
- ПЕРЕЧЕНЬ ЦИАМ:

Отдельные масла
MIL-PRF-23699
AS 5780

Двигатели высокой
теплонпряженности.
Ведутся переговоры
о применении масел
НРС-класса
4-го поколения

ОДК-Авиадвигатель ПД-14 (МС-21)

AS 5780:

- TN600
- MJO II
- ETO 2380

ПД-35 ШФДМС

AS 5780:

- MJO 387 (НРС) 4 Gen
- MJO II
- TN 600
- TN 640 (НРС) 4 Gen
- ETO 2380

ОДК-Сатурн ПД-8 SukhoiSJ - new

AS 5780:

- MJO 387 (НРС) 4 Gen
- MJO II
- TN 600
- TN 640 (НРС) 4 Gen
- ETO 2380



Arriel 2D

AS 5780
(6) Класс SPC
(2) Класс НРС
Ограничения
ASTO 560
ETO 2380



Arrius 2G

AS 5780
(6) Класс SPC
(2) Класс НРС
Ограничения
ASTO 560
ETO 2380



PW 207K

AS 5780
(7) Класс SPC
нет класса НРС

Перечень масел согласно ЭТД

Масло согласно PW EMM PW-207K:

- ASTO 500
- ASTO 560
- TN 600
- MJO II
- C 5000
- ETO 2380

Порядок смены масла:
"Top Up" без слива

Масло Гл. редуктора, Хв. редуктора:

- Б-3В
- ETO 2380
- TN 600
- MJO II
- MJO 254
- C 5000
- ASTO 560

Порядок смены масла:
Слив, промывка, заправка

Зарубежные масла РТЭ Ми-8МТВ-1:

- TN 98
- TN35M
- MJO II
- MJO 254
- TN 600
- TN 699
- C 5000
- ETO 25

Порядок смены масла:
Слив, промывка, заправка

Зарубежные масла РТЭ ВР-14:

- TN 98
- MJO II
- MJO 254
- TN 600
- TN 699
- C 5000
- ETO 2380
- ETO 25

Порядок смены масла:
Слив, промывка, заправка

Масло ПР и ХР:

- CM9
- 50/50

Зарубежные масла РЭиТО ВСУ Safrir 5K/G:

- AS 5780 / MIL-PRF-23699

Порядок смены масла: Слив, промывка, заправка



Стандарт MIL-PRF-23699G

METRIC

MIL-PRF-23699G
13 March 2014
SUPERSEDING
MIL-PRF-23699F
21 May 1997

PERFORMANCE SPECIFICATION

LUBRICATING OIL, AIRCRAFT TURBINE ENGINE,
SYNTHETIC BASE, NATO CODE NUMBERS: O-152, O-154, O-156, and O-167

This specification is approved for use by all Departments and Agencies of the Department of Defense.

1. SCOPE

1.1 Scope. This specification covers four classes of gas turbine engine lubricating oils, primarily used for aircraft engines, which have a nominal viscosity of 5 centistokes at 100 °C and which are typically made with neopentyl polyol ester base stocks. This oil is identified by NATO Code Numbers O-152, O-154, O-156, and O-167.

1.2 Classification. The lubricating oil is furnished in the following classes as specified:

Class	Type of Oil	NATO Code
CI	Corrosion Inhibiting	O-152
HTS	High Thermal Stability	O-154
STD	Standard (Non-Corrosion Inhibiting)	O-156
EE	Enhanced Ester	O-167

Стандарт MIL-PRF-23699G



Qualified Products Database

Main Search Reports Help



Governing Spec: MIL-PRF-23699G

The Qualified Product List for the following governing specification was last updated on 25-NOV-2019

QA	FSC	QPL Number	Governing Spec	Doc Date	Doc Status	Title	QPL Notes
AS	9150	QPL-23699	MIL-PRF-23699	13-MAR-2014	Active	Lubricating Oil, Aircraft Turbine Engine, Synthetic Base, NATO Code Numbers: O-152, O-154, O-156, and O-167	Preamble Footnotes

Search > QPL > Government Parts

Based on the selected QPL above,

Filter for: Filter by:

Total part count = 3 Click on the appropriate link to see more. If not link, no qualified source

Page 1 of 1

▼▲ Govt Designation	▼▲ NSN	▼▲ Spec Sheet	▼▲ CSI	Notes
C/I -- NATO CODE O-156/O-152 (SEE NOTES)				[notes]
HTS -- NATO CODE O-156/O-154 (SEE NOTES)				[notes]
STD -- NATO CODE O-156 (SEE NOTES)				[notes]

Page 1 of 1

WARNING: UNAUTHORIZED ACCESS TO THIS UNITED STATES GOVERNMENT COMPUTER SYSTEM AND SOFTWARE IS PROHIBITED BY PUBLIC LAW 99-474 (THE COMPUTER FRAUD AND ABUSE ACT OF 1986) AND CAN RESULT IN ADMINISTRATIVE, DISCIPLINARY OR CRIMINAL PROSECUTION.

Source: Qualified Products Database

10/24/2016 6:04:08 AM
STD -- NATO CODE O-156 (SEE NOTES)

The Qualification Dataset for the following governing specification was last updated on 09/08/2016

Qualifying Activity	FSC Code	Document Date	Document ID	QPL Number	Status	Title
AS	9150	03/13/2014	MIL-PRF-23699G	QPL-23699	Active	Lubricating Oil, Aircraft Turbine Engine, Synthetic Base, NATO Code Numbers: O-152, O-154, O-156, and O-167

Total manufacturer count: 55

Manufacturer Designation	Source Information
AEROSHELL TURBINE OIL 500 NOTES:	<p>Cage Code: KA832</p> <p>Company Name: SHELL AVIATION LTD</p> <p>Address: SITE OFFICE LONDON, SE1 7NA GBR</p> <p>Phone:</p> <p>Website: HTTP://WWW.SHELL.COM/AVIATION</p> <p>Certified Status: GREEN</p> <p>SAM Status: Active</p> <p>Stop Ship: NO</p> <p>Source Type: Manufacturer</p> <p><i>Test Reference: O-3B-2 dtd 9 Mar 83</i></p> <p>Cage Code: 07950</p>
	<p>Company Name: CHEMTURA CORPORATION ANDEROL DIVISION</p> <p>Address: 215 MERRY LN EAST HANOVER, NJ 079363900 USA</p> <p>Phone:</p> <p>Website:</p> <p>Certified Status: GREEN</p>



Гражданская спецификация (предпосылки)

- **Особенности MIL-PRF-23699**

- военное назначение масла и мобилизационные критерии при его оценке
- малые ресурсы военной техники
- политика управления изменениями не предусматривает вовлечения Производителей АТ, которые должны иметь информацию о изменениях в производстве и рецептуре масел, оценивать влияние изменений на надежность работы изделий
- **итог:** действующие сертификаты на 55 (!) марок масел.

- **Потребности Производителей двигателей гражданской авиации:**

- высокие значения межремонтной наработки по состоянию (30 и более тыс. часов)
- низкие расходы масла и отсутствие практики замены масла в эксплуатации
- смена используемого масла другой маркой методом «Topping off», «Top up»
- обеспечение ETOPS

- **Итог:**

- существенное ужесточение требований к характеристикам масел, уже одобренных ранее по военной спецификации MIL-PRF-23699G.
- выработка собственных критериев оценки, разработка спецификаций GE D50TF, PWA-521, RR.
- допуск ограниченного перечня масел, соответствующих критериям Производителей
(не более 3-8 марок масел).

Гражданская спецификация SAE AS 5780

Downloaded from SAE International by Alexey Bogdanov, Wednesday, September 26, 2018



AEROSPACE STANDARD	AS5780™	REV. D
	Issued 2000-09 Revised 2018-03	
	Superseding AS5780C	
Specification for Aero and Aero-Derived Gas Turbine Engine Lubricants		

RATIONALE

At the 2017 Fall meeting SAE committee E-34 decided that the Def Stan 05-50 (Part 61) method 9 oxidative stability test is out of control due to a shift in results compared with previously accepted data and should therefore be moved from table 3 to Appendix A while the reasons for this are investigated. This draft implements that decision.

1. SCOPE

This specification defines basic physical, chemical, and performance limits for 5 cSt grades of gas turbine engine lubricating oils used in aero and aero-derived marine and industrial applications, along with standard test methods and requirements for laboratories performing them. It also defines the quality control requirements to assure batch conformance and materials traceability, and the procedures to manage and communicate changes in oil formulation and brand. This specification invokes the Performance Review Institute (PRI) product qualification process. Requests for submittal information may be made to the PRI at the address in Appendix D Section D.2, referencing this specification. Products qualified to this specification are listed on a Qualified Products List (QPL) managed by the PRI. Additional tests and evaluations may be required by individual equipment builders before an oil is approved for use in their equipment. Approval and/or certification for use of a specific gas turbine oil in aero and aero-derived marine and industrial applications is the responsibility of the individual equipment builders and/or governmental authorities and is not implied by compliance with or qualification to this specification.

2. REFERENCES

2.1 Applicable Documents

The publications referred to in this specification are listed in Appendix D, Section D.1. Reference in this specification to any related document means the edition and all amendments current at the date of use of that document. In the event of a conflict between the text of this document and references cited herein, the text of this document shall take precedence.

2.2 Other Applicable References

Other applicable references are listed in Appendix D, Section D.2 for information purposes only.

- Распространяется только на масла «grade 5» класса «SPC» и «HPC»
- Определение контролируемых показателей:
 - методы заимствованные из MIL-PRF-23699 BMC и у Rolls-Royce
 - новые методы: HLPs, WAM, VPC, TFO
 - нет испытаний масла на эталонном турбовальном двигателе Т63
- Сертификация дополнительных показателей качества
- Допуск производства
- Политика Управления изменениями, «прозрачность» для производителей авиационных ГТД и пределы по качеству.

Гражданская спецификация SAE AS 5780



MIL-PRF-23699

- - требования к маслам класса SPC и NPC отличаются

SAE AS 5780

Сертификация

- Проводится [Performance Review Institute \(PRI\)](#), являющимся филиалом [SAE Int.](#)
- Производитель масла предоставляет материалы в [PRI](#) который, после их рассмотрения, направляет производителю два документа для заполнения:
 - [Formulation information](#)
 - [Performance data](#)
- [PRI](#) передает эти документы группе экспертов, называемой [Qualified Product Group \(QPG\)](#), которая объединяет Производителей АТ и представителей ВС:

[Hamilton Sundstrand](#), [German Ministry of Defence](#), [GE Aircraft Engines](#), [Honeywell](#), [Snecma / Turbomeca](#), [QinetiQ](#), [P&W Canada](#), [Airbus](#), [Boeing](#), [Bombardier](#), [BAE](#), [Rolls Royce](#), [UK Ministry of Defence](#), [Pratt & Whitney](#), [Hamilton Sundstrand \(UTC AS\)](#), [AICC – China](#), [COMAC - China](#)

- В течение 45 дней [QPG](#) выносит решение:
 - или необходима дополнительная информация
 - или масло получает одобрение и вносится в [PRI-QPL](#)

Гражданская спецификация SAE AS 5780

Динамическая база данных одобренных продуктов eAuditNet

eAuditNet
Home | About Us | Contact Us | FAQ | Logout

Resources ▾
Welcome, Aleksey Bogdanov

Qualified Products Listing Search Results

Select a manufacturer to view its details

This list has been prepared for use in the procurement of products covered by the subject standard. All products listed herein have been qualified under the requirements for qualification listed in the latest issue of the applicable standard. Qualification is specific for each product, manufacturer and plant location. Only products manufactured by the given manufacturer at the given plant location are deemed to have met the requirements of the standard. Listing of products is not intended to and does not connote endorsement of the product by PRI or any particular user.

This QPL has been prepared by PRI in accordance with the procedures established in PD 2000. For information concerning this QPL contact:

Performance Review Institute
 Attention: QPLs
 161 Thorn Hill Road
 Warrendale, PA 15086-7527
 724/772-1616
 Fax: 724/772-1699

Displaying 24 of 24 records.

QPL	Standard	Product Code	Manufacturer's Name	Manufacturer's Designation	QRN	Type of Part	Qualification Ref	Original Listing Date	Requalified Listing Date	Expiration Date
1	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	AeroShell Turbine Oil 500	Shell Aviation Limited	Rebrand Alternative Basestock ROYCO 500	RO01-2-3-R1	SPC PRI Ltr #0367 dtd 25JAN10 - Approval Ltr #0604 dtd 12NOV12 Change - PRI Approval Ltr #0731 dtd 08JAN14	25-январь-10	08-январь-14	31-январь-19
2	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	AeroShell Turbine Oil 500	Shell Aviation Limited	Rebrand Original Formulation ROYCO 500	RO01-1-3-R1	SPC PRI Ltr #0367 dtd 25JAN10 - Approval Ltr #0604 dtd 12NOV12 Change - PRI Approval Ltr #0731 dtd 08JAN14	25-январь-10	08-январь-14	31-январь-19
3	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	ASTO 560	Shell Aviation Limited	ASTO 560	SA02-1-2	SPC PRI Approval Ltr #0244 dtd 23-JAN-08 Rev Exp Date Ltr #0333 dtd 28MAY09 - Periodic Review Ltr #0368 dtd 25JAN10 Final Periodic Review Ltr dtd 27OCT10 - PRI Approval Ltr #0730 dtd 08JAN14, PRI Approval Ltr #0777 dtd 26Aug14 Project 401, Project 727	23-январь-08	08-январь-14	31-январь-19
4	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	Eastman TO 2380 / BPTO 2380	Eastman Chemical Company	Eastman TO 2380 / BPTO 2380 - Original Facility	BP01-1-7	SPC PRI Approval Ltr #202 dtd 25JUN07, Periodic Review Ltr dtd 25AUG08, Change Notification Approval Ltr #0340 dtd 20JUL09 Change Notification Approval Ltr #0410 dtd 29OCT10 - Extension Granted 19JAN12 Changed from 01OCT11 to 29FEB12 - PRI Requal Ltr dtd 26JAN12 Proj #033 - PRI Approval Ltr #0673 dtd 26JUN13 Change Notification Approval Ltr #0740 dtd 13MAR14, Project 606	01-октябрь-06	22-октябрь-14	31-октябрь-16
5	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	Eastman TO 2380 / BPTO 2380	Eastman Chemical Company	Eastman TO 2380 / BPTO 2380 - Original Facility	BP01-2-7	SPC PRI Approval Ltr #202 dtd 25JUN07, Periodic Review Ltr dtd 25AUG08, Change Notification Approval Ltr #0340 dtd 20JUL09 Change Notification Approval Ltr #0410 dtd 29OCT10 - Extension Granted 19JAN12 Changed from 01OCT11 to 29FEB12 - PRI Requal Ltr dtd 26JAN12 Proj #033 - PRI Approval Ltr #0673 dtd 26JUN13 Change Notification Approval Ltr #0740 dtd 13MAR14, Project 606	01-октябрь-06	22-октябрь-14	31-октябрь-16
6	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	Eastman TO 2380 / BPTO 2380	Eastman Chemical Company	Eastman TO 2380 / BPTO 2380 - Original Facility	BP01-3-7	SPC PRI Approval Ltr #202 dtd 25JUN07, Periodic Review Ltr dtd 25AUG08, Change Notification Approval Ltr #0340 dtd 20JUL09 Change Notification Approval Ltr #0410 dtd 29OCT10 - Extension Granted 19JAN12 Changed from 01OCT11 to 29FEB12 - PRI Requal Ltr dtd 26JAN12 Proj #033 - PRI Approval Ltr #0673 dtd 26JUN13 Change Notification Approval Ltr #0740 dtd 13MAR14, Project 606	01-октябрь-06	22-октябрь-14	31-октябрь-16
7	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	Eastman TO 2380 / BPTO 2380	Eastman Chemical Company	Eastman TO 2380 / BPTO 2380 - Original Facility	BP01-4-7	SPC PRI Approval Ltr #202 dtd 25JUN07, Periodic Review Ltr dtd 25AUG08, Change Notification Approval Ltr #0340 dtd 20JUL09 Change Notification Approval Ltr #0410 dtd 29OCT10 - Extension Granted 19JAN12 Changed from 01OCT11 to 29FEB12 - PRI Requal Ltr dtd 26JAN12 Proj #033 - PRI Approval Ltr #0673 dtd 26JUN13 Change Notification Approval Ltr #0740 dtd 13MAR14, Project 606	01-октябрь-06	22-октябрь-14	31-октябрь-16
8	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	Eastman TO 2380 / BPTO 2380	Eastman Chemical Company	Eastman TO 2380 / BPTO 2380 - Original Facility	BP01-6-7	SPC PRI Approval Ltr #202 dtd 25JUN07, Periodic Review Ltr dtd 25AUG08, Change Notification Approval Ltr #0340 dtd 20JUL09 Change Notification Approval Ltr #0410 dtd 29OCT10 - Extension Granted 19JAN12 Changed from 01OCT11 to 29FEB12 - PRI Requal Ltr dtd 26JAN12 Proj #033 - PRI Approval Ltr #0673 dtd 26JUN13 Change Notification Approval Ltr #0740 dtd 13MAR14, Project 606	01-октябрь-06	22-октябрь-14	31-октябрь-16
9	Propulsion Lubricants	PRI-QPL-AS5780	Eastman TO 2380 / BPTO 2380	Eastman Chemical Company	Eastman TO 2380 / BPTO 2380 - Original Facility	BP01-7-7	SPC PRI Approval Ltr #202 dtd 25JUN07, Periodic Review Ltr dtd 25AUG08, Change Notification Approval Ltr #0340 dtd 20JUL09 Change Notification Approval Ltr #0410 dtd 29OCT10 - Extension Granted 19JAN12 Changed from 01OCT11 to 29FEB12 - PRI Requal Ltr dtd 26JAN12 Proj #033 - PRI Approval Ltr #0673 dtd 26JUN13 Change Notification Approval Ltr #0740 dtd 13MAR14, Project 606	01-октябрь-06	22-октябрь-14	31-октябрь-16

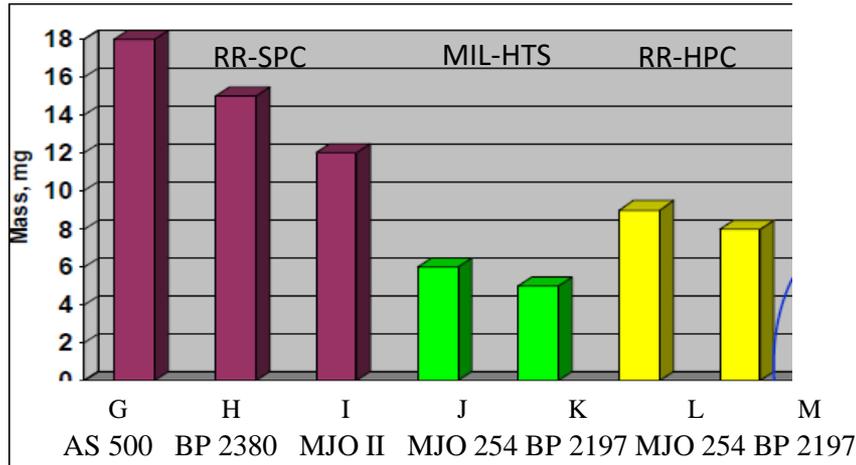


- **Физические характеристики (физико-химические характеристики)**
 - кинематическая вязкость; стабильность вязкости; температура застывания; температура вспышки; температура самовоспламенения; потери на испарение; вспениваемость.
- **Химические характеристики**
 - кислотное число; осадкообразование; взаимная совместимость с квалифицированными маслами; совместимость с уплотнительными материалами; **содержание металлов**.
- **Характеристики стабильности (термоокислительная стабильность)**
 - окисление и коррозионная активность (FED-STD-791 M5308); окислительная стабильность (Def Stan 05-50 (part 61) M9)
- **Характеристики стойкости к образованию отложений**
 - квалификационный подшипниковый тест **ERDCO** (FED-STD-791 M3410); динамическое формирование отложений на тестере **HLPS** (ARP5996); формирование отложений на установке **Alcor HTDT**; формирование отложений в газообразной фазе (ARP5921); отдельные тест-методики разработчиков масел.
- **Трибологические характеристики**
 - тест на несущую способность (редукторная машина Райдера, FED-STD-791 M6508), тест на несущую способность WAM (AIR4978).

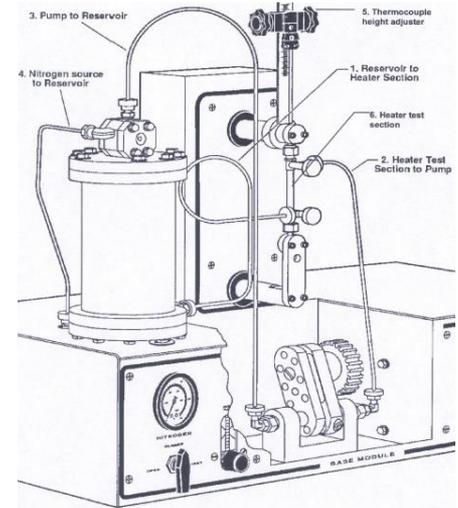
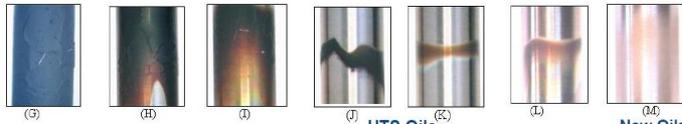
Высокотемпературные отложения и термическая стабильность в жидкой фазе

Hot Liquid Process Simulator Test (HLPS) Rolls-Royce, ARP 5996

Индустриальный метод, демонстрирующий склонность масла к формированию отложений в маслопроводах подачи масла в зоне высоких температур.
(к вопросу закоксованности маслопроводов)



Дополнительно:
(SAE ARP 5996)
TN 600 (20h) 0,6 мг
MJO 387 (40h) 0,4 мг



Test Description

-This test was developed by Rolls-Royce to differentiate jet oil coking performance

-The test oil is heated (375C) and pressurized (1380 kPa) as circulates over a heated rod for 20 and 40 hours. The deposit weight on the rod at the end of the test is a measure of the oil's coking propensity in oil pressure lines

-Deposits formed on the heated rod are measured to the nearest 0.1 mg

•Industry Standard Test (ARP 5996)

-Used to set HPC limits in SAE AS5780:

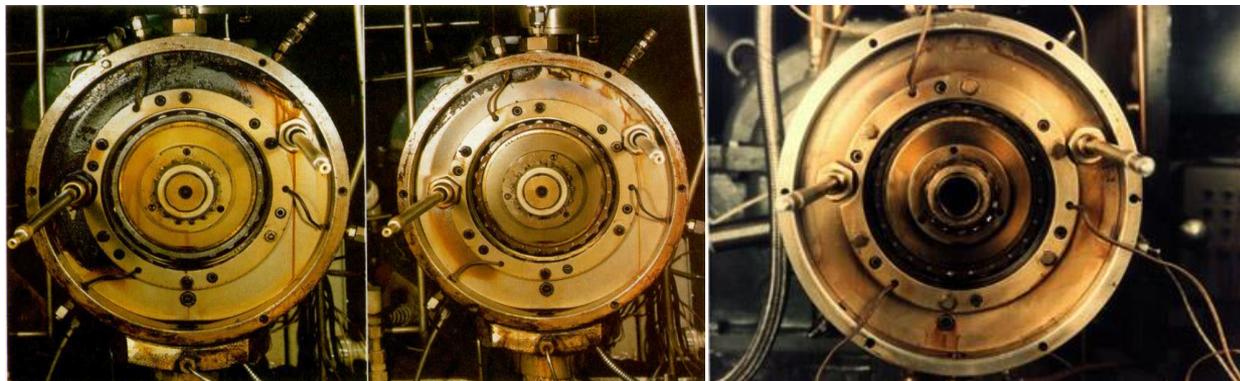
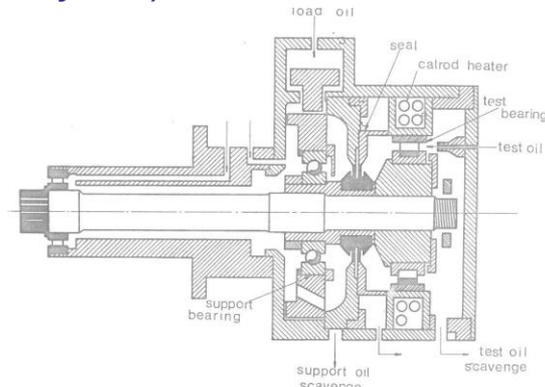
20 hours = 0.4 mg maximum

40 hours = 0.6 mg maximum

-Used to demonstrate batch quality control

Высокотемпературные отложения и термическая стабильность – подшипниковый тест ERDCO (FED-STD 791 Method 3410, severity 1.5)

Наименование показателя	Метод	SPC Пределы	HPC Пределы
ERDCO Подшипниковый тест Визуальная оценка (0 = чистый)	FED-STD-791 Метод 3410	80 макс.	40 макс.
Вес отложений, г.	Уровень нагружения 1.5	3.0 макс.	1.5 макс.
Расход масла, мл		2,000 макс.	4000 макс.
Изменение вязкости при 40°C, %		-5 до +30	0 до 35
Изменение кислотного числа, мг КОН/г		3.0 макс.	2.0 макс.



STD A class R 45,4

HTS class R 21,7

STD B class R 39,4-41,5

Продолжительность:
SPC – 100 час.
HPC – 200 час.

Высокотемпературные отложения в газообразной фазе

- Опыт эксплуатации показал, что некоторые масла дают повышенный уровень отложений в газообразной фазе, формируя их в суфлирующих полостях и каналах. По этой причине могут быть разрушены уплотнения и потеряно масло.

Метод ARP 5921 применялся до появления SAE AS 5780, куда впоследствии был включен. Использовался дополнительно к методикам, изложенным в военном стандарте MIL-PRF-23699G.



505 mg

ASTO 500



294 mg

ASTO 560



Avg = 244 mg

MJO II



Avg = 213 mg

MJO 254



Avg = 179 mg

BPTO 2197

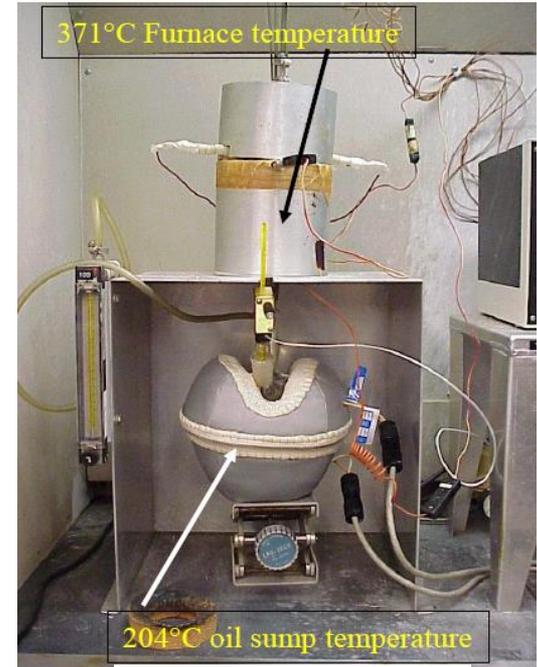


Avg = 178 mg

MJO 387

SPC - class

HPC - class



Проведение теста:

- продолжительность: 18 часов
- объем масла 900 мл.
- аэрация: 12.7 мл возд./мин.

данные TN-600 Avg = 229 mg

Смазывающие свойства авиационных масел



Трибологические характеристики AIR 4978



Окружная скорость:
 $V_{\text{окр. шара}} = 7,21 \text{ м/с}$;
 $V_{\text{окр. диска}} = 7,21 \text{ м/с}$;
 Ориентация: угол между $V_{\text{окр. шара}}$ и $V_{\text{окр. диска}}$ составляет 75° ;
 Составляющие скорости:
 $V_{\text{сумм. геом.}} = 5,72 \text{ м/с}$;
 $V_{\text{скольж.}} = 8,78 \text{ м/с}$;
 Нагрузка: - увеличивается экспоненциально, от 1,8 кгс до 63,6 кгс за 30 «шагов»;

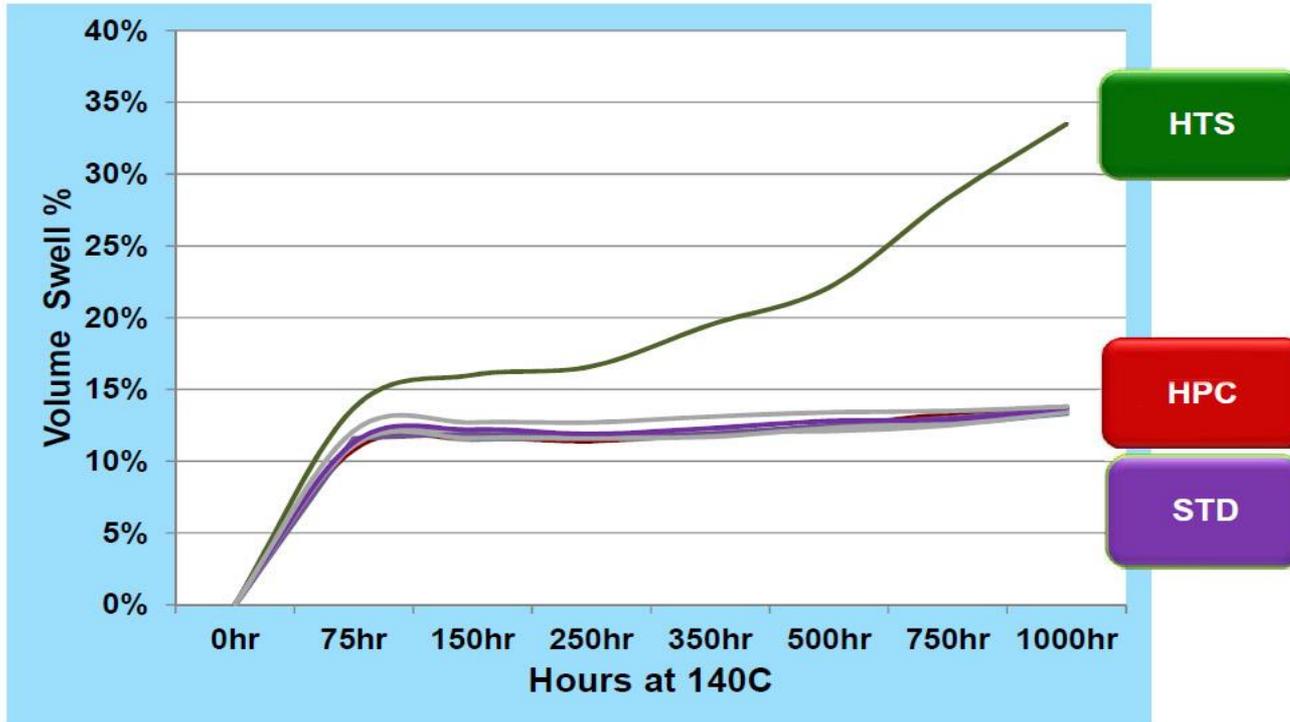
WAM – трибостенд	HPC	STD	HTS	Требования
WAM	29	>30	20	15 minimum
Ryder Gear	104	115	106	102 minimum

- STD масла обеспечивает защиту от износа, превосходящую возможности масел «третьего поколения».
- Проблема низких противозносных свойств высокотермостабильных масел решена в маслах «четвертого поколения».

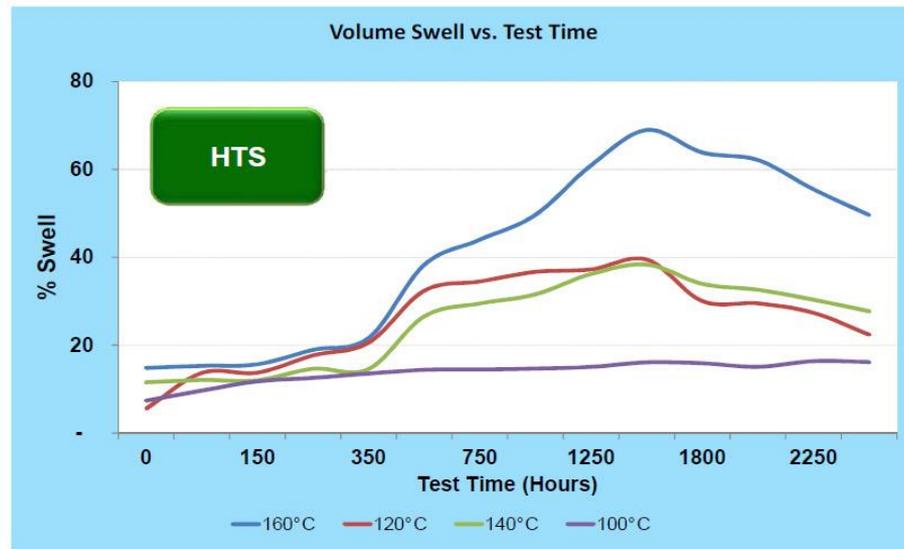
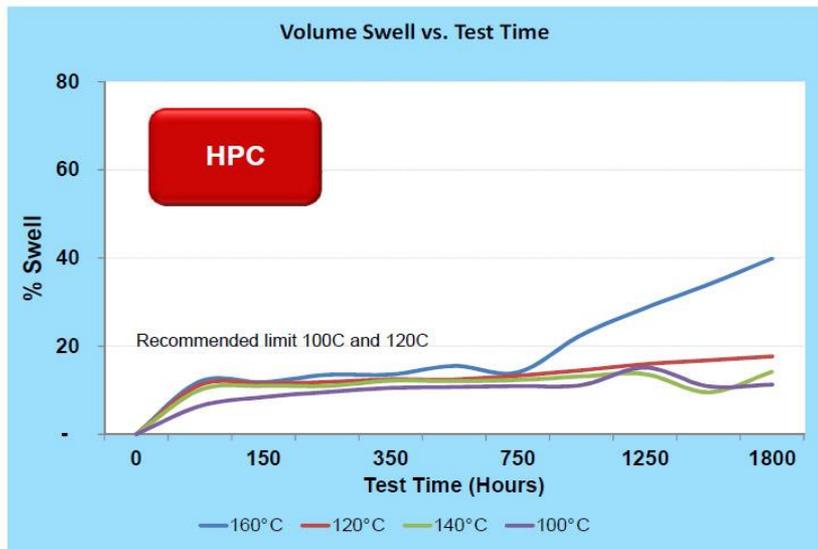
* В настоящее время противозносные характеристики определяют на автоматизированной установке WAM (Wedeven Associates Machine). В перспективе, она должна заменить распространенный Ryder Gear Test, не вполне отвечающий современным требованиям определения противозносных характеристик масел для ГТД.

Совместимость с эластомерами

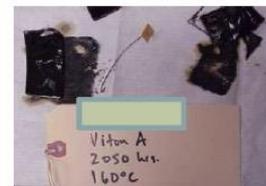
Пролонгированные испытания эластомера, соотв. AMS 3217/4 при T=140C
По методике FED STD 791 Method 3604, AS5780 & US Navy (стандартно при T=204C; 72 часа)



Метод Спесста (SAE AS 5780)



Untested: Original size Tested: New size



Untested: Original size Tested: New size

Заключение

- Зарубежные производители современных теплонапряженных двигателей допускают к использованию синтетические масла, производимые исключительно на основе неопентильных эфиров полиолов, соответствующие стандартам MIL-PRF-23699G и SAE AS 5780D, больше ориентируясь на последний.
- В высокоэффективных двигателях предпочтительно или необходимо применять масла класса высокой термостабильности для повышения надежности их работы, однако существуют вопросы повреждения уплотнений при использовании масел «Третьего поколения» (**MIL-PRF-23699G class HTS**) которые имеют и другие «врожденные» недостатки.
Тенденции дальнейшего повышения эффективности авиационных ГТД будут ориентировать авиационную индустрию на характеристики передовых масел, соответствующих **SAE AS 5780D class HPC** ведущих производителей масла и базовых эфиров.
- С нашей точки зрения, оптимальный выбор качественного современного масла может значительно повлиять на эффективную работу санитарной авиации, постоянную готовность АТ к выполнению поставленных задач во всех ожидаемых условиях эксплуатации.