

Л.С. Яновский<sup>1</sup>, В.М. Ежов<sup>1</sup>, А.А. Молоканов<sup>1</sup>,  
К.В. Шаранина<sup>1</sup>, А.В. Кирсанов<sup>1</sup>

## СМАЗОЧНЫЕ МАСЛА ДЛЯ ТУРБОВАЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И РЕДУКТОРОВ ВЕРТОЛЕТОВ

*Рассмотрены особенности работы масел для авиационных турбовальных двигателей и редукторов вертолетов. Приведены достоинства и недостатки современных отечественных и зарубежных марок масел данного класса. Сравниваются новые перспективные отечественные масла для турбовальных двигателей, разработанные ведущими предприятиями отрасли, с существующими отечественными и зарубежными аналогами.*

**Ключевые слова:** масла для турбовальных двигателей, авиационные масла, авиационные газотурбинные двигатели.

L.S. Yanovskiy<sup>1</sup>, V.M. Ezhov<sup>1</sup>, A.A. Molokanov<sup>1</sup>, K.V. Sharanina<sup>1</sup>, A.V. Kirsanov<sup>1</sup>

## LUBRICATING OILS FOR AIRCRAFT TURBOSHAFT ENGINES AND HELICOPTERS GEARBOXES

*The article describes the features of the oils for turboshaft engines. It was found the advantages and disadvantages of modern domestic brands of oils of this class. It was carried comparison of new and promising domestic oil for turboshaft engines, developed by leading companies in the sector, with the existing domestic and foreign counterparts.*

**Keywords:** oils for turboshaft engines, aviation oil, aircraft gas turbine engines.

Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова  
[Central Institute of Aviation Motors named after P.I. Baranova] E-mail: molokanov@ciam.ru

Турбовальный двигатель (ТВаД) – это подкласс газотурбинных двигателей (ГТД), у которых вся развиваемая мощность передается через выходной вал. Основная область применения турбовальных двигателей – силовые установки вертолетов. Турбовальные двигатели применяются также в качестве вспомогательных газотурбинных двигателей (ВГТД), для запуска основных (маршевых) двигателей, для снабжения летательных аппаратов (ЛА) электроэнергией и для кондиционирования салонов при предполетном обслуживании.

В ряду «ТРД→ТВаД→ТВД» теплонапряженность убывает, а нагрузка на узлы трения, наоборот, возрастает, при этом к маслам для турбореактивных двигателей (ТРД) предъявляются повышенные требования по термоокислительной стабильности (ТОС), а к маслам для турбовинтовых двигателей (ТВД) и ТВаД – повышенные требования по несущей способности, в связи с чем последние в ряде случаев обладают повышенной вязкостью ( $7,5 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $100^\circ\text{C}$ ) [1, 2].

Современные авиационные ГТД, как известно, характеризуются жесткими условиями работы: большие скорости вращения роторов турбокомпрессора (12000–20000 об/мин), высокие контактные напряжения на зубьях редукторов (до 1600 МПа), высокие температуры элементов конструкции ( $300^\circ\text{C}$  и выше). Масла для ТВаД должны сочетать в себе высокую термоокислительную стабильность с хорошими смазывающими свойствами [3].

Для обеспечения смазки современных и перспективных вертолетов, а также ТВД самолетов за рубежом разработаны специальные масла, обладающие повышенной смазывающей способностью (ASTO 555, BPTO 25), отвечающие спецификациям DOD-L-85734, DEF-STAN 91-100/1 (DERD 2497). Планируется создание нового масла для трансмиссий вертолетов с улучшенными защитными свойствами и повышенной в  $\sim 2$  раза несущей способностью (по сравнению с обычными сложноэфирными маслами, отвечающими специ-

фикации MIL-L-23699). Кроме этого, за рубежом планируется создать оптимальное трансмиссионное масло, характеризующееся не только повышенными защитными свойствами и несущей способностью, но и повышенной термоокислительной стабильностью (длительно – до 260°C и кратковременно – до 316°C). Такой же уровень термостабильности масел планируется обеспечить и для силовых установок вертолетов ВМФ.

В России к этой категории относят масло Б-3В, предназначенное для ГТД и редукторов вертолетов, и его аналог масло ЛЗ-240. Область применения таких масел: ТВД самолетов, ТВд вертолетов всех типов и редукторы вертолетов типа Ми-8, с рабочей температурой – до 200°C. В качестве зарубежных аналогов этих масел для авиатехники отечественного производства специалистами ЦИАМ рекомендуются такие масла, как Turbonycoil 98, Turbonycoil 35M, Turbonycoil 525-2A, Turbonycoil 699, Mobil Jet Oil II, Mobil Jet Oil 254, ВРТО 25, ВРТО 2380 и др. [4]. При этом некоторые из рекомендованных масел уступают отечественным аналогам по термоокислительной способности (Turbonycoil 98, Turbonycoil 35M), а некоторые, наоборот, превосходят их (Mobil Jet Oil 254, ВРТО 25, ВРТО 2380). Для достоверного сравнения масел необходимо обладать полным перечнем результатов испытаний как в объеме ГОСТ, так и в результате полученных квалификационными методами, а также учитывать практический опыт применения данных масел на изделиях авиатехники, культуру производства и стабильность качества масел от партии к партии.

Силовые установки вертолетов имеют, как правило, две отдельные маслосистемы: для турбокомпрессорной части и для редуктора. Для смазки турбокомпрессорной части могут применяться те же марки масел, что и для смазки ТРД. Однако исследования специалистов ведущих вертолетных фирм (Sikorsky, Boeing, Vertol) показали, что в будущем существующие товарные сложнэфирные масла окажутся не в состоянии обеспечить смазку перспективных тяжелонагруженных редукторов вертолетов, учитывая возрастающие требования по надежности и массогабаритным характеристикам. Именно поэтому перспективным считается использование разных марок масел для двигателя и для трансмиссии.

Наличие двух отдельных маслосистем предопределило и два различных подхода к обеспечению смазки силовых установок вертолетов, а именно: либо применение различных марок масел для турбокомпрессорной части и редуктора, либо, наоборот, использование единой марки масла.

В двигателях Д-136 вертолета Ми-26, например, применяют масла марок ИМП-10 и ВНИИП 50-1-4ф(у), а в редукторе – масло Б-3В (ЛЗ-240). Двигатели Д-25В вертолетов Ми-6 и Ми-10 эксплуатируются на маловязких маслах типа МС-8п. В редукторах Р-7 этих вертолетов в летнее время применяют маслосмесь СМ-11,5, а в зимнее – СМ-8. Следует отметить, что маслосмеси в целом обладают невысокими эксплуатационными свойствами. Они не обеспечивают запуск двигателей в зимнее время без подогрева, готовятся на месте без достаточного контроля качества и обладают невысокой термоокислительной стабильностью. При эксплуатации двигателей типа АИ-20 на маслосмеси СМ-4,5 отмечалось образование значительного количества отложений продуктов окисления в маслосистеме; при наработке двигателей более 2000 ч часто происходило коксование отверстий форсуночных колец опоры турбины, что приводило к досрочным съемам двигателей с крыла.

В силовых установках вертолетов Ми-2 и Ми-8 для смазки двигателя в течение многих лет применяют синтетическое масло Б-3В, созданное на основе сложных эфиров пентаэритрита и синтетических жирных кислот фракции С5-С9 [5–8]. Масло Б-3В содержит в своем составе антиокислительную (параоксидифениламин) и противозадирную (2-меркаптобензтиазол) присадки, обладает высокой несущей способностью. В состав указанного масла для улучшения смазывающей способности вводили противозадирную присадку 2-меркаптобензтиазол («каптакс»). Наличие присадки «каптакс» обусловило ряд недостатков масла. Во-первых, в процессе работы двигателя при повышенных температурах «каптакс» окисляется кислородом воздуха, а образующийся при этом

2,2-дитио-бис-бензтиазол («альтакс»), обладающий низкой растворимостью в масле, при низких температурах выпадает в осадок. Во-вторых, масла с «каптаксом» обладают высокой коррозионной агрессивностью по отношению к цветным металлам и магниевым сплавам. В-третьих, «каптакс» снижает термоокислительную стабильность масел. Масло Б-3В термостабильно до 200°C, однако высокая коррозионная агрессивность его к ряду конструкционных материалов (медные, магниевые и другие сплавы) при повышенных температурах и склонность к образованию осадка вследствие окисления противозадирной присадки ограничивают область его применения.

Работы по устранению отмеченных недостатков масла Б-3В привели к созданию масла ЛЗ-240 (на той же основе, что и масло Б-3В), обладающего меньшей коррозионной агрессивностью и не содержащего присадки «каптакс». По остальным показателям масла ЛЗ-240 и Б-3В близки. На основании положительных результатов испытаний как в стендовых условиях, так и в эксплуатации масло ЛЗ-240 допущено к применению в изделиях авиатехники наравне с маслом Б-3В.

Необходимость разработки новых авиационных масел для ТВАД и редукторов вертолетов была вызвана рядом причин, среди которых:

- неудовлетворительное качество современных товарных смазочных масел;
- отсутствие товарных масел, работоспособных при температуре 225°C и выше;
- отсутствие масел на основе сырья российского производства.

Ключевая проблема производства синтетических масел – это проблема обеспечения сырьевой базой. В настоящее время все синтетические масла для авиационных ГТД вырабатываются на синтетических основах зарубежного производства.

К тому же в России сложилась ситуация, когда под одним наименованием производятся масла с разными рецептурами. Так, имеются четыре предприятия, которые производят масло марки Б-3В по ТУ 38.101295–85 (ЗАО «Завод им. Шаумяна», ЗАО «НК Авиасинтез», ОАО «Московский Нефтемаслозавод», ОАО «Уфанефтехим»), но по разным рецептурам. При этом организациям, эксплуатирующим авиатехнику, в обязательном порядке необходимо отслеживать, каким производителем изготовлено данное масло и имеет ли оно допуск к применению на авиатехнике, а также не допускать при эксплуатации смешения масел одной марки, но разных производителей.

Для обеспечения современных и перспективных ГТД и редукторов вертолетов высококачественными отечественными смазочными материалами в НИИСУ совместно с ЦИАМ им. П.И. Баранова и при участии ВИАМ, ВНИИ НП, 25 ГосНИИ Минобороны и ГосНИИГА разработаны новые высокотермостабильные масла АСМО-200 и ВАСМО-225.

Масло АСМО-200 является инновационным отечественным маслом с вязкостью  $\sim 5 \text{ мм}^2/\text{с}$  при 100°C для теплонапряженных авиационных ГТД и редукторов вертолетов, обладающим повышенной несущей способностью. Масло АСМО-200 работоспособно до 200°C и предназначено для авиационных ТВД, ТВАД, ГТД и редукторов вертолетов взамен масла Б-3В. К преимуществам нового масла относится отсутствие выпадения в осадок «альтакса», улучшенная ТОС, отсутствие коррозии на меди, низкое осадкообразование, высокие трибологические характеристики (рис. 1).

Исследования масла АСМО-200 в объеме программы квалификационных испытаний в ЦИАМ им. П.И. Баранова показали, что по трибологическим свойствам (метод ЧШМ по ГОСТ 9490) масло АСМО-200 превосходит зарубежные масла ASTO 500, ВРТО 2380, Ascender и др. По сравнению с Б-3В масло АСМО-200 имеет преимущество по ТОС (по ГОСТ 23797) при 200°C. Кроме этого, масло АСМО-200 было испытано на соответствие зарубежным спецификациям. По основным показателям это масло удовлетворяет требованиям спецификаций MIL-PRF-23699/F STD и MIL-PRF-23699/F HTS, за исключением требований к ТОС по FED-STD-791-5308. По стойкости к коксообразованию данное масло эквивалентно маслам группы STD, но уступает маслам группы HTS, например, маслу Turbonucol 640 [9].

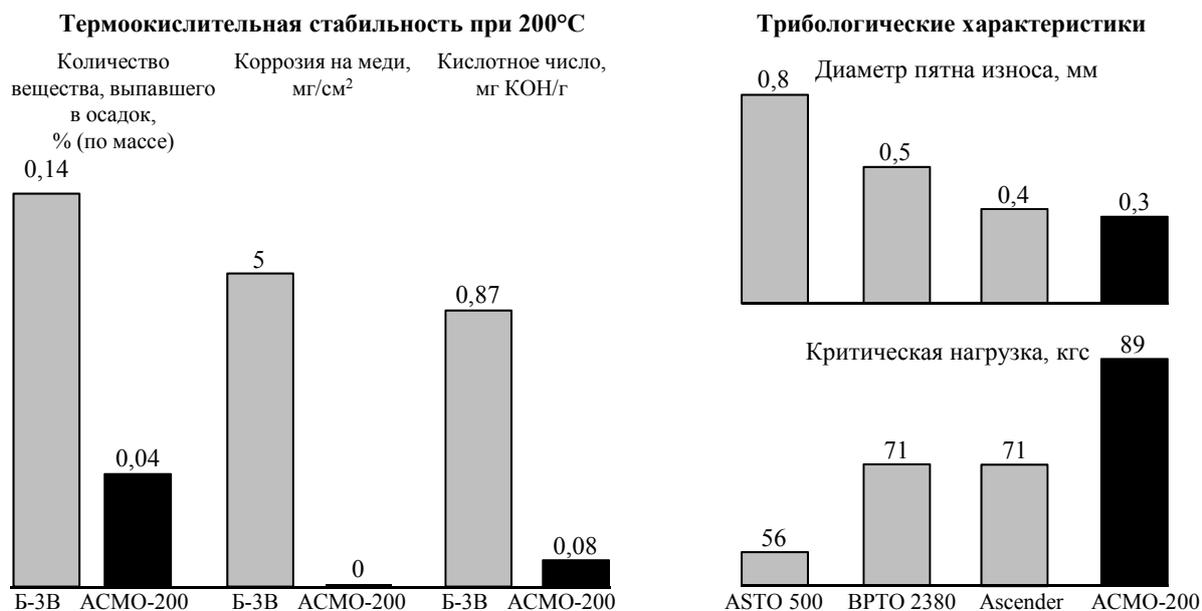


Рис. 1. Сравнение эксплуатационных свойств масла АСМО-200 с отечественными и зарубежными маслами-аналогами

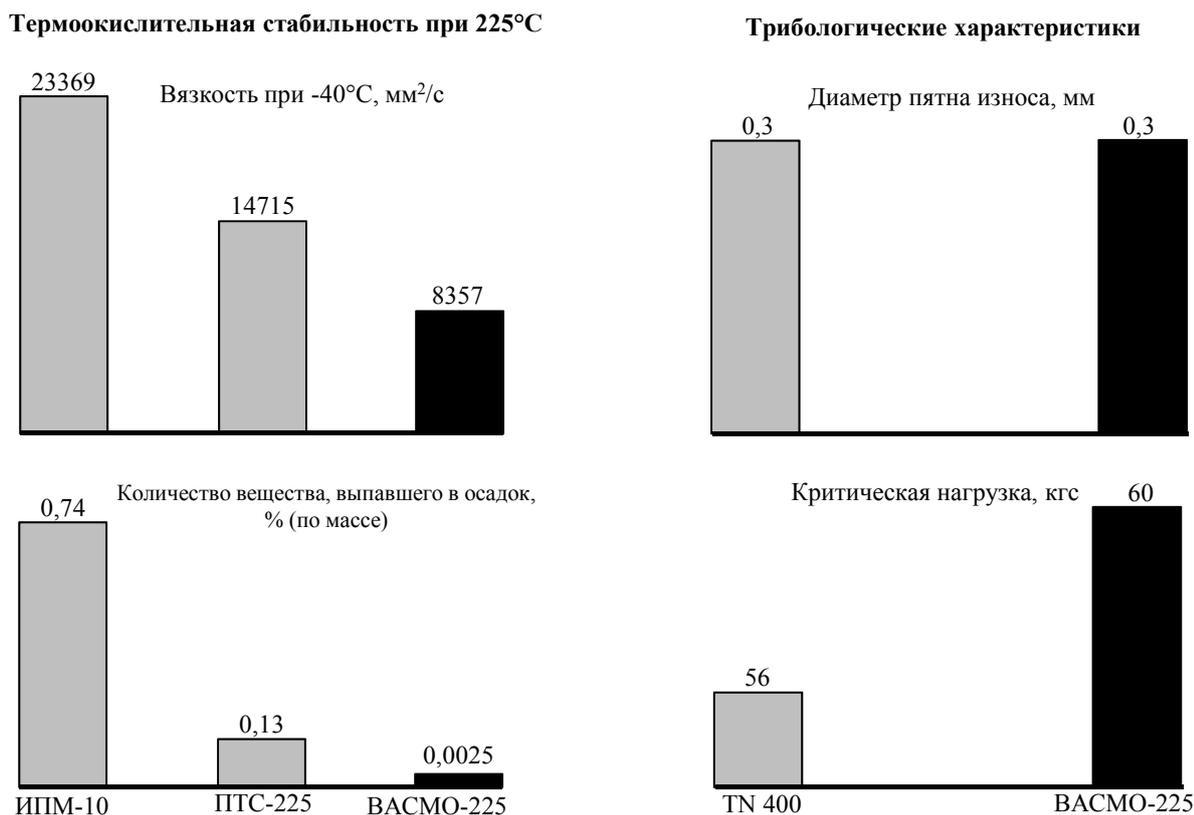


Рис. 2. Сравнение масла ВАСМО-225 с отечественными и зарубежными маслами-аналогами

Масло ВАСМО-225 является инновационным отечественным маслом, термостабильным до 225°C, с вязкостью ~4 мм<sup>2</sup>/с при 100°C, что позволяет ему сочетать хорошие низкотемпературные свойства (как у дизельных масел с вязкостью ~3 мм<sup>2</sup>/с при 100°C) с повышенной несущей способностью (как у сложнэфирных масел с вязкостью ~5 мм<sup>2</sup>/с при 100°C). Новое высокотемпературное масло ВАСМО-225 обладает высокими эксплуа-

тационными свойствами, длительно работоспособно при температурах 220–240°C, превосходит масла-аналоги ИПМ-10 и ПТС-225 по термоокислительной стабильности при 225°C, а также отечественные и некоторые зарубежные аналоги по трибологическим показателям на ЧШМ по ГОСТ 9490 (рис. 2). Масло ВАСМО-225 отвечает основным требованиям зарубежной спецификации MIL-PRF-7808, за исключением требований по ТОС, а также вязкости при низкой температуре. Масло ВАСМО-225 выдержало квалификационные испытания с положительным результатом и рекомендовано к проведению следующего этапа испытаний. При массовом производстве масло ВАСМО-225, являющееся маслом III поколения, может стать унифицированным для большинства ТВД, ТВаД и редукторов вертолетов, а также теплонапряженных ТРД.

В результате цикла исследований, выполненных в рамках ФЦП «Разработка, восстановление и организация производства стратегических, дефицитных и импортозамещающих материалов и малотоннажной химии для вооружения, военной и специальной техники на 2009–2011 годы и на период до 2015 года», созданы образцы масел ВАСМО-225 и АСМО-200.

Масло АСМО-200 – новое отечественное синтетическое смазочное масло на основе пентаэритритового эфира российского производства выдержало квалификационные испытания с положительными результатами и, являясь модернизированным продуктом по отношению к маслу Б-3В, рекомендовано к применению в авиатехнике в установленном порядке взамен масла Б-3В.

Внедрение новых синтетических авиационных масел ВАСМО-225 и АСМО-200 позволит решить проблему обеспечения военной и гражданской авиации высококачественными маслами, производимыми на территории Российской Федерации из отечественного сырья по современным технологиям. Кроме этого, поскольку патентообладателем новых горюче-смазочных материалов (ГСМ) является Минпромторг РФ, становится возможным устранение проблемы несовместимости смазочных масел одной марки различных производителей.

Авторы выражают благодарность за помощь в подготовке статьи сотрудникам ЦИАМ Степановой Р.М. и Чвыковой Е.Н.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Яновский Л.С., Ежов В.М., Молоканов А.А. Методология допуска авиационных масел к применению на авиатехнике в России и за рубежом //Двигатель. 2012. №2. С. 20–22.
2. Киришев Е.Л., Попов В.Г., Яновский Л.С. Влияние качества горюче-смазочных материалов на работоспособность авиационных газотурбинных двигателей. М.: МАТИ. 2008. 102 с.
3. Яновский Л.С., Дубовкин Н.Ф., Галимов Ф.М. и др. Инженерные основы авиационной химмотологии. Казань: Изд. Казанск. ун-та. 2005. 714 с.
4. Перечень зарубежных горюче-смазочных материалов, рекомендованных к применению на авиатехнике отечественного производства /РТМ Ц2 – 2009. М.: ЦИАМ. 2009. 17 с.
5. Харт А.В., Гундерсон Р.С. Синтетические смазочные материалы и жидкости. Л.: Химия. 1965. 385 с.
6. Динцес А.И., Дружинина А.В. Синтетические смазочные масла. М.: Гостоптехиздат. 1958. 350 с.
7. Мамедьяров М.А. Химия синтетических масел. Л.: Химия. 1989. 236 с.
8. Хурумова А.Ф. Вертолетные масла. Обзорная информация. М.: ЦНИИТЭнефтехим. 1992. №2. 56 с.
9. Виппер А.Б., Виленкин А.В., Гайснер Д.А. Зарубежные масла и присадки. М.: Химия. 1981. 192 с.

#### REFERENS LIST

1. Janovskij L.S., Ezhov V.M., Molokanov A.A. Metodologija dopuska aviacionnyh masel k primeniju na aviatehnikе v Rossii i za rubezhom [Methodology of the admission of aviation oils to application on aviation equipment in Russia and abroad] //Dvigatel'. 2012. №2. S. 20–22.

2. Kirishev E.L., Popov V.G., Janovskij L.S. Vlijanie kachestva gorjuče-smazočnyh materialov na rabotosposobnost' aviacionnyh gazoturbinyh dvigatelej [Influence of quality of fuels and lubricants on operability of aviation gas-turbine engines]. M.: MATI. 2008. 102 s.
3. Janovskij L.S., Dubovkin N.F., Galimov F.M. i dr. Inženernye osnovy aviacionnoj himmotologii [Engineering bases of an aviation chemmotology]. Kazan': Izd. Kazansk. un-ta. 2005. 714 s.
4. Perečen' zarubezhnyh gorjuče-smazočnyh materialov, rekomendovannyh k primeneniju na aviatehnike otechestvennogo proizvodstva [The list of the foreign fuels and lubricants recommended for application on aviation equipment of domestic production] /RTM C2 – 2009. M.: CIAM. 2009. 17 s.
5. Hart A.V., Gunderson R.S. Sinteticheskie smazočnye materialy i zhidkosti [Synthetic lubricants and liquids]. L.: Himija. 1965. 385 s.
6. Dinces A.I., Druzhinina A.V. Sinteticheskie smazočnye masla [Synthetic lubricant oils]. M.: Gostoptehizdat. 1958. 350 s.
7. Mamed'jarov M.A. Himija sinteticheskikh masel [Chemistry of synthetic oils]. L.: Himija. 1989. 236 s.
8. Hurumova A.F. Vertoletnye masla. Obzornaja informacija [Helicopter oils]. M.: CNIITJeneftehim. 1992. №2. 56 s.
9. Vipper A.B., Vilenkin A.V., Gajsner D.A. Zarubezhnye masla i prisadki [Foreign oils and additives]. M.: Himija. 1981. 192 s.