

МЕТОДОЛОГИЯ ДОПУСКА АВИАЦИОННЫХ МАСЕЛ К ПРИМЕНЕНИЮ НА АВИАТЕХНИКЕ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ



ФГУП ЦИАМ им. П.И. Баранова:

Леонид Самойлович Яновский, начальник отдела, д.т.н.

Василий Михайлович Ежов

Александр Александрович Молоканов

Рассмотрена отечественная методология допуска (система, комплекс методов и нормативы) авиационных масел к применению на авиатехнике. Определены достоинства и недостатки существующих методов, а также комплекса методов по допуску авиамасел к применению. Проведено сравнение отечественной и зарубежной методологии допуска. С целью унификации отечественной Системы допуска авиационных масел к применению на авиатехнике, выдвинуты предложения по её модернизации.

It is considered domestic permit using methodology (the system, complex of the methods and standards) aircraft oils to aerotechnics. Certain value and defect existing methods, as well as complex of the methods on tolerance aviation oils to using. The Organized comparison domestic and foreign methodology of the tolerance. For the reason unifications of the domestic System of the tolerance aircraft macen to using on aerotechnics, have moved a suggestion on her(its) modernizations.

Ключевые слова: масла для авиационных ГТД, допуск масел к применению, методология допуска.

Keywords: butters for aviations GTE, tolerance oils to using, methodology of the tolerance.

Как известно [1], масла для авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) предназначены для обеспечения надежного смазывания всех узлов и агрегатов двигателя с минимальным износом в пределах рабочих температур (от -50 до 200 °С). Масла должны обладать хорошими вязкостно-температурными свойствами, низкой температурой застывания, высокой термической и термоокислительной стабильностью, высокими теплоемкостью, температурой вспышки и самовоспламенения, минимальной испаряемостью и вспениваемостью, а также быть инертными к конструкционным материалам. Основной ассортимент производимых в России смазочных масел для авиационных ГТД, представленный марками ИПМ-10, ВНИИНП-50-1-4у, ВНИИНП-50-1-4ф, Б-3В, ЛЗ-240, вполне достаточен для удовлетворения потребностей современных отечественных ГТД в авиационных маслах, но не обеспечивает потребности перспективных ГТД V-VI поколений. Зарубежный ассортимент авиационных масел для ГТД представлен крупными транснациональными компаниями (Shell Aviation, Exxon Mobil, Nuso, BP и др.), конкурирующими на рынке авиационных масел и обеспечивает потребности как современной, так и перспективной авиатехники.

До недавнего времени в нашей стране для допуска к применению на авиатехнике новых и модернизированных масел действовала четырехэтапная система государственных приёмочных испытаний [2]. Новый образец опытно-промышленной партии масла подвергался лабораторно-стендовым, стендовым, контрольно-лётным и эксплуатационным испытаниям. Квалификационные (лабораторно-стендовые) испытания проводились в объёме Комплекса методов квалификационной оценки (КМКО) [3], который формировался Межведомственной комиссией (МВК). Согласно требованиям КМКО, помимо термоокислительной стабильности по ГОСТ 23797, фракционного состава по ГОСТ 8674, трибологических, пенообразующих свойств масел, также оценивались защитные свойства в камере Г-4, работоспособность на редуکتорной установке Ш-3, склонность к образованию высокотемпературных отложений на приборе "наклонная плита", коррозионная агрессивность масел по методу ВИ-АМ (100-часовая методика), стабильность вязкости на диспергаторе УЗДН, содержание присадок с помощью тонкослойной хроматографии, прогнозирование сроков хранения масел и др. Это позволяло осуществлять всестороннее исследование эксплуатационных свойств авиамасел перед допуском их к испытаниям на натурных изделиях, а также к лётным испытаниям. В настоящее время в связи с прекращением работы МВК указанный порядок допуска новых и модернизированных масел к применению на авиатехнике утратил свою силу [4].

НИИСУ совместно с ЦИАМ разработали новую систему по допуску авиационных ГСМ к применению на авиатехнике, а также предложили новый перечень методов испытаний, потребных для допуска к применению авиационных масел, что и является предметом настоящей статьи.

Главной задачей, стоящей перед разработчиками отечественной методологии допуска (система, комплекс методов и нормативы) авиационных масел, так же как и перед разработчиками зарубежных спецификаций, является обеспечение авиации конкурентоспособными смазочными материалами стабильного качества и, как следствие, увеличение безопасности полетов.

В силу технических или экономических причин производитель может изменять рецептуру масла (или производителя какого-либо компонента). Например, в России существуют четыре предприятия, производящие масло Б-3В для авиационных ГТД и редуکتоров вертолётов по разным рецептурам (отвечающее ТУ 38.101295-85). Такая ситуация сложилась из-за несовершенства существующей нормативной документации по допуску авиационных масел к применению на изделиях авиатехники, а также из-за неустановленных авторских прав на масло. Ни в одной стране мира, где действует в полной мере закон о защите авторских прав, невозможно безлицензионное производство авиационного смазочного масла под одной маркой различными независимыми предприятиями. Производство масла одной марки двумя и более заводами возможно только при осуществлении жёсткого контроля качества и досконального соблюдения технологии производства под контролем правообладателя. В результате ряда инцидентов, случившихся во время эксплуатации силовых установок вертолётов, принято решение о недопустимости смешения масел Б-3В различных производителей.

В настоящее время российские масла и методы их испытаний для допуска к применению на авиатехнике заметно отличаются от западных. В связи с предстоящим вступлением России во Всемирную торговую организацию встал вопрос об унификации и оптимизации требований к качеству товарных авиационных масел, а также о методах оценки их качества.

В советское время действовал принцип унификации марок авиационных масел путём сокращения ассортимента. Это было необходимо для упрощения обеспечения вооружённых сил маслами в условиях военных действий. Так, например, унифицированное масло Б-3В разработано для применения как в ГТД, так и в редуکتорах вертолётов. По современным представлениям, для наилучшей работы агрегатов целесообразно использовать разные масла для ГТД и для редуکتоров вертолётов. В редуکتорах вертолётов из-за больших нагрузок важным требованием к маслу

считается повышенной несущая способность, и, следовательно, для таких масел характерна большая вязкость. Для ГТД характерна высокая рабочая температура, и более значимой оказывается термоокислительная стабильность: например, для ГТД широко применяют термостабильные масла с вязкостью ~ 3...5 мм²/с, а для редукторов вертолетов ~ 7,5 мм²/с при 100 °С.

Отечественные методы оценки физико-химических свойств (плотность, вязкость, температуры вспышки и застывания, кислотное число и др.), как правило, совпадают с зарубежными и представляют аутентичный перевод международных стандартов ISO, а последние, в свою очередь, практически идентичны международным стандартам ASTM. Так, методы определения температур текучести и застывания по ГОСТ 20287 представляют собой аутентичный перевод ISO 3016, в аппаратурном и процедурном планах эти методы идентичны, в свою очередь, ISO 3016 практически идентичен ASTM 97. Вместе с тем, в отечественной методологии оценки авиационных масел не применяют, например, метод по определению стабильности вязкости при низкой температуре, которая определяется по ASTM D 2532. Необходимость применения данного метода вызвана тем, у некоторых авиационных масел после выдержки при отрицательной температуре меняется вязкость, что может негативно сказаться на эксплуатации агрегатов самолетов.

В настоящее время за рубежом трибологические показатели авиационных смазочных масел, в отличие от России, определяют на шестеренчатых стендах. Методы оценки трибологических показателей по западным спецификациям также отличаются от отечественных методов. В западных спецификациях определяют несущую способность (load-carrying capacity) на шестеренчатом стенде Райдера по FED-STD-6508 (табл. 1). Согласно данному методу, несущая способность характеризует способность смазывающего масла предотвращать износ под нагрузкой, ее определяют по отношению нагрузок, приложенных к испытываемому и эталонному маслам, при которых при ступенчатом увеличении нагрузки в зацеплении достигается износ 22,5 % средней поверхности зубьев шестерни. В России эти методы оценки авиационных смазочных масел не получили применения. Следует отметить, что определение относительной несущей способности является важным показателем смазывающих свойств масел.

Таблица 1

Метод	Объем образца, мл	Скорость масла, мл/мин	Температура окисления, °С	Время испытания, ч	Скорость шестерен, об/мин
FED-STD-791D-3410	7570	600	149 177 204	100	10 000
FTMS 6508 - стенд Райдера	2000	270	73.9	До определения нагрузки, при которой стирается 22,5 % зубьев	10 000
Стенд Ш-3	9000	2000 - 2200	85 200 225	50	10 000

В отечественной практике несущую способность авиационных масел определяют на лабораторной установке ЧШМ по ГОСТ 9490: она характеризуется показателем критической нагрузки Рк. Стендовые же методы максимально приближены к реальным условиям эксплуатации смазочных масел, и поэтому метод определения смазывающей способности на ЧШМ (ASTM D2596) был исключен из западных спецификаций. Судить о том, каким методом правильнее определять трибологические показатели смазочных масел без проведения исследований в этой области, однозначно нельзя. С одной стороны, метод ЧШМ прост в аппаратурном исполнении, обладает хорошей воспроизводимостью и сходимостью, с другой стороны, упрощен, а те показатели масла, которые им определяются, не отражают реальные смазывающие свойства масел в условиях работы ГТД. На ЧШМ в узле трения воспроизводятся условия чистого скольжения при точечном контакте, которые не встречаются в

практике работы узлов трения различных механизмов. Вследствие этого результаты, полученные на ЧШМ, недостаточно коррелируют с результатами работы масел в натуральных условиях (степень корреляции 0,30...037) [5, 6].

Кроме ЧШМ, смазывающие свойства авиационных масел в России оценивают на единственном в стране шестеренчатом стенде Ш-3 [6, 7]. Данный метод предназначен для квалификационной оценки качества масел для авиационных ГТД и редукторов вертолетов, он дает сравнительную оценку качества масел по износу, заеданию и усталостному выкашиванию рабочих поверхностей зубьев шестерни. Метод может использоваться как для проведения испытаний, так и для исследовательских работ, он основан на сравнительной оценке термоокислительной стабильности и смазывающих свойств испытываемых масел с эталонным маслом в системе зубчатой передачи на стенде Ш-3 (с учетом износа, заедания и выкрашивания рабочих поверхностей зубьев шестерён).

В российской методологии для оценки склонности к образованию высокотемпературных отложений (ВТО) используют установку ВЦМ, УКМ-1 и "Наклонная плита". Однако, как установлено авторами, корреляция этих методов весьма слабая (рис. 1). Это означает, что масло, которое обладает низкими показателями на ВЦМ, может иметь высокие показатели на "Наклонной плите" или УКМ. Безусловно, эти методы полезны для исследования свойств масел, однако необходимость наличия их в комплексе методов для допуска авиационных масел к применению на авиатехнике не однозначна. Данные методы в зарубежных лабораторно-стендовых испытаниях не применяются, однако там имеются методы по оценке схожих показателей. Так, например, в западные спецификации включены методы по оценке ВТО на подшипниковом стенде по FED-STD-791-3410 (табл. 1). Согласно последнему методу, после 100-часового испытания на одном из режимов выполняют бальную оценку образовавшихся на подшипнике отложений, а также учитывают вес фильтрованного осадка, изменение вязкости и кислотного числа масла после испытания. По данному методу оценивают нагар и осадок, образующийся в масле, в условиях, приближенных к условиям эксплуатации ГТД. В спецификацию MIL-PRF-7808 включен метод FED-STD-791-5003 по оценке склонности масел к образованию ВТО, схожий с отечественным методом определения стойкости масла к воздействию кислорода воздуха при высоких температурах на моделирующей установке УКМ-1М.

Еще одним отличием зарубежной методологии является наличие атомно-эмиссионных методов по определению металлов в масле (Ag, Al, Cr, Cu, Fe, Mg, Si, Sn, Ti, Pb, Mo, Zn). Это нужно для того, чтобы осуществлять контроль качества масла. В российской практике металлы в составе авиамасел не нормируются, однако для мониторинга состава предусмотрен метод по определению содержания присадок с помощью тонкослойной хроматографии.

В западные спецификации не включены специальные испытания по оценке коррозионной агрессивности масел (за исключением MIL-PRF-7808, где нормируют коррозию свинцовой, бронзовой и серебряной пластинок). Считается достаточным оценивать коррозионную агрессивность по изменению веса металлических пластинок при определении термоокислительной стабильности (FTMS 5308, ASTM D4636), по термической деструкции и коррозионной стойкости при высокой температуре (FTMS 3411), а также проводить испытания на натурном двигателе.

Таким образом, номенклатура методов оценки основных эксплуатационных свойств авиационных масел в отечественной методологии допуска к применению на авиатехнике и в перечнях зарубежных спецификаций значительно отличается. Последнее заключается в разных методических подходах, условиях проведения испытаний и в приборном оснащении.

Становится очевидно необходимость совершенствования

как отечественной методологии, так и модернизации отечественных методов, которые в течение ряда лет не имели развития. Очевидно, что для разработки оптимальной системы допуска необходимо проводить НИР по определению наиболее эффективных, показательных методов для оценки эксплуатационных свойств авиационных смазочных масел. На рис. 2 приведена предлагаемая авторами схема модернизации комплекса отечественных методов и испытаний авиационных масел.



Рис. 1. Сопоставление методов по оценке склонности масел к образованию ВГО

При оценке физико-химических свойств в отечественной методологии не нормируется теплоемкость авиационных масел, которая оказывает непосредственное влияние на теплонпряженность узлов ГТД. Для оценки эксплуатационных свойств в условиях трения качения предлагается ввести новый стендовый метод "прецизионная машина трения", который позволит осуществлять оценку смазывающих, термоокислительных свойств авиационных масел, а также оценивать их склонность к нагарообразованию, коррозионную агрессивность и совместимость с конструкционными материалами в условиях, близких к реальным. Также предлагается ввести более глубокое и точное нормирование состава масел (определение воды по Фишеру, определение содержания металлов спектральным методом, определение содержания одноосновных кислот), что позволит осуществлять мониторинг качества современных товарных авиационных масел на высоком уровне. В целом в новой методологии допуска делается акцент на использование стендовых методов, которые позволяют наиболее точно оценить качество масла в условиях максимально приближенных к реальным. Следует отметить, что в комплекс зарубежных методов для допуска авиационных масел к применению на авиатехнике дополнительно включены испытания на малоразмерном типом турбовальном ГТД. Эти испытания, безусловно, более трудоемкие и дорогостоящие, чем испытания на других стендах, однако их практическая ценность заключается в том, что осуществляется комплексная оценка качества масла. Испытания масел на типом турбовальном двигателе обезопасили бы разработчиков авиационных смазоч-

ных масел от возможных рисков при стендовых испытаниях на представительных ГТД, учитывая их высокую стоимость (к примеру, ориентировочная цена двигателя IV поколения типа АЛ-31 Ф составляет порядка 100 млн руб.) Все это позволит обеспечить разработку конкурентоспособных отечественных масел нового поколения, которые будут удовлетворять более жестким как отечественным, так и международным требованиям, и способствовать допуску к эксплуатации более качественных масел и повышению безопасности работы агрегатов самолетов.

В настоящий момент изучается возможность и оценивается необходимость введения отечественных спецификаций по аналогии с западными странами, в которых бы четко регламентировались современные требования к различным типам авиационных масел (для ГТД, для редукторов вертолетов, для поршневых двигателей и др.), что, в свою очередь, упростило бы систему допуска к применению. Такую систему целесообразно создавать под эгидой отечественных производителей авиационной техники (НП "Союз Авиапроизводителей", Ассоциация "Союз авиационного двигателестроения"), поскольку именно они являются ключевым звеном в процессе допуска авиационных масел к применению. **□**

Литература

1. Киришев Е.Л., Попов В.Г., Яновский Л.С. Влияние качества горюче-смазочных материалов на работоспособность авиационных газотурбинных двигателей. - М.: Издательско-типографический центр МАТИ, 2008. - 102 с.
2. Яновский Л.С., Галимов Ф.М., Аляева В.А. Отечественные и зарубежные горючесмазочные материалы. - Казань: Изд. Казанск. ун-та, 2004. - 92 с.
3. Гришин Н.Н., Гутенев Б.С., Лашхи В.Л. и др. Порядок допуска к производству и применению в РФ топлив, масел, смазок и специальных жидкостей - М.: 25 ГОСНИИ МО РФ, 1999. - 80 с.
4. Гришин Н.Н., Ечин А.И. О межведомственной комиссии (1968-2008)// Научно-технический журнал "Мир нефтепродуктов. Вестник Нефтяных Компаний" - 2008. - №8. - С. 30-33.
5. Хьюз Д.Р. Четырехшариковая машина фирмы Шелл для испытания противозадирных свойств смазок, методы ее применения и точность определения противозадирных свойств смазок. // В сб.: Международная конференция по смазке и износу машин. - М.: Машиз, 1962
6. Яновский Л.С., Скибин Н.Ф., Харин А.А. и др. Горюче-смазочные материалы для авиационных двигателей - Казань: Изд. Казанск. ун-та, 2002. - 400с.
7. Яновский Л.С., Дубовкин Н.Ф., Галимов Ф.М. и др. Инженерные основы авиационной химмотологии. - Казань: Изд. Казанск. ун-та, 2005. - 714 с.

Связь с автором: ezhov@ciam.ru