

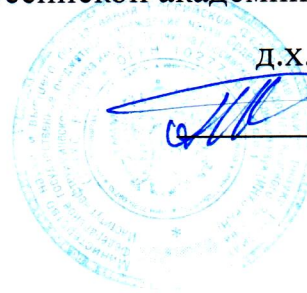
УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального
государственного бюджетного учреждения науки
Ордена Трудового Красного Знамени
Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева
Российской академии наук (ИНХС РАН)

д.х.н., член-корр. РАН

 Максимов А.Л.

« 14 » мая 2024



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН) на диссертационную работу Гуровой Елены Игоревны «Прогнозирование стабильности свойств гидравлических масел при применении в авиационной технике», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ, в диссертационный совет 24.2.383.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Актуальность исследования.

Одной из основных задач при эксплуатации авиационной техники является оценка стабильности свойств гидравлических масел, так как гидравлические системы самолетов работают в условиях высоких нагрузок по давлению, вибрации и температуре. Физико-химические и

эксплуатационные свойства гидравлических масел, являющихся основным функционалом гидравлики, оценивают лабораторными методами, которые не позволяют определять прогнозные сроки смены масла в гидросистемах.

По мере усиления технического прогресса появляются новые, гидравлические масла, в составе которых используют компоненты со сложной химической природой. Например, в качестве вязкостных (загущающих) присадок применяют высокомолекулярные полимерные соединения, которые подвержены деструкции, особенно в условиях высокочастотных пульсаций давления, неизбежных при работе гидросистем самолетов, работающих в разнообразных и зачастую близких к катастрофическим условиях. Поэтому диссертационная работа Гуровой Е.И., направленная на предсказание и прогнозирование надежности главного функционала гидравлических систем самолетов, является актуальной и с точки зрения обеспечения безопасности полетов безусловно важной.

Научная новизна работы заключается в обосновании условий подбора для моделирования химмотологических процессов деградации ключевых свойств гидравлического масла при его применении в гидросистеме авиационной техники. Важным научным результатом является разработка нового метода прогнозирования стабильности свойств гидравлических масел для авиационной техники, заключающегося в установлении корреляционной зависимости между временем работы масла в гидравлической системе и продолжительностью испытаний в ф-модели (гидравлическом стенде). Впервые автором получены регрессионные зависимости показателей стабильности свойств гидравлического масла и предложен критерий стабильности загущающей присадки.

Диссертационная работа построена по классической схеме и включает введение, обзор литературы (глава 1), 2 главы с результатами исследований, глава с технико-экономической оценкой результатов исследования, выводы, список сокращений и условных обозначений, список литературы (130

источников), список иллюстративного материала. Работа содержит 39 рисунков и 47 таблиц.

Во введении обоснована актуальность, степень разработанности тем исследования, сформулированы цели и задачи исследования, отражены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, показаны методология и методы исследования, перечислены положения, выносимые на защиту, приведены степень и апробация результатов, публикации автора по материалам диссертационного исследования.

Первая глава диссертационного исследования представляет собой обзор и анализ литературных данных, включающий в себя *три* раздела. В *первом* разделе проведен подробный анализ условий эксплуатации гидросистем авиационной техники. Соискателем показано, что гидравлическое масло работает при постоянной динамической нагрузке, а стабильность его свойств является одним из основных показателей, характеризующих безопасную работу техники. *Второй* раздел содержит информацию о гидравлических маслах различной химической природы, об их компонентном составе. Автор приводит перечень основных марок масел для гидросистемы Ил-76, как основного самолета транспортной авиации РФ, имеющего высоконагруженную гидросистему. В *третьем* разделе проанализированы современные методы оценки стабильности свойств гидравлических масел: показаны их достоинства и недостатки, на основе чего сформулированы требования к разработке на базе существующих нового метода прогнозирования стабильности свойств гидравлических масел. В завершении первой главы представлена структурная схема диссертационного исследования.

Вторая глава работы посвящена объектам и методам исследования. Основной маркой гидравлического масла определено масло АМГ-10 по ГОСТ 6794-2017 отечественных производителей ООО «Полиэфир», ООО «ЛЛК-Интернешнл» и АО «НПЦ Спецнефтьпродукт». Представлены показатели физико-химических свойств выбранных масел, подробно изложена

информация о его компонентах. Перечислены основы и загущающие присадки, используемые при производстве гидравлических масел, приведены их физико-химические характеристики.

Для исследования образцов масла АМГ-10 в работе применяются методы согласно ГОСТ 6794-2017; в рамках физических исследований образцов масел автор использует метод ИК-спектроскопии, гель-проникающую хроматографию, а также определяет термическую стабильность полиметакрилатных присадок.

Заключением второй главы является проект метода прогнозирования стабильности свойств гидравлических масел. Получена прогнозная модель срока смены масла АМГ-10 при его работе в ГС самолета Ил-76 на основе принципа минимального риска.

В третьей главе диссертационной работы, включающей четыре раздела, представлены результаты экспериментальных исследований. В *первом* разделе на основе физико-химических исследований образцов базового гидравлического масла, представляющего собой основу различной химической природы, загущенную вязкостной присадкой, автор делает выводы о том, что смесь масла ПАО-2 с полиметакрилатной присадкой Максойл ВЗ-011 обладает наибольшей устойчивостью к механической деструкции, а также хорошие низкотемпературные свойства. Во *втором* разделе показано, что основа масла АМГ-10 не влияет на его устойчивость к механической деструкции. В *третьем* разделе отражены результаты стендовых испытаний масла АМГ-10 в гидравлическом стенде. Получены зависимости изменения кинематической вязкости при 50 °С и кислотного числа масла АМГ-10 при различных условиях его работы в гидросистеме. Получены уравнения регрессии для указанных показателей качества и доказано, что кинематическая вязкость является лидирующим показателем, характеризующим срок смены масла АМГ-10 в гидросистеме самолета Ил-76. На основе построенных поверхностей отклика наглядно отражено, давление и

время менее влияют на изменение кинематической вязкости масла АМГ-10 по сравнению с температурой.

Особый интерес вызывают исследования полиметакрилатных загущающих присадок методом гель-проникающей хроматографии. Соискатель экспериментально установил, что снижение кинематической вязкости масла при его эксплуатации в гидросистеме связано с уменьшением молекулярной массы загущающей присадки в результате деструктивных процессов, происходящих в полимере, установил влияние молекулярно-массового распределения на устойчивость присадки в составе гидравлического масла и предложил критерий стабильности для загущающей присадки. В **четвертом** разделе представлены исследования образцов масла АМГ-10 с различными полимерными загущающими присадками в стенде. Показано, что отечественная вязкостная присадка Максойл ВЗ-011 устойчивее к деструкции по сравнению с ее зарубежными аналогами - присадками IRGAFLO 6000 V и Viscoplex 7-610.

Четвертая глава посвящена технико-экономической оценке полученных научных результатов исследования. Отражена целесообразность применения отечественной присадки Максойл ВЗ-011 в составе масла АМГ-10 взамен импортной Viscoplex 7-610 в связи с более длительным сроком службы масла в гидросистеме авиационной техники.

В заключении перечислены выводы и основные результаты диссертационного исследования.

Положения, выносимые на защиту, имеют значительную научную новизну, обоснованы и экспериментально доказаны. Выводы основаны на анализе большого объема экспериментальных данных, отражают решение поставленной цели и достигают заявленные задачи.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов обусловлена достаточным объемом экспериментального материала, подробным и системным анализом как полученных результатов, так и литературных источников. Все научно-практические результаты

опубликованы в рецензируемых журналах и представлены на международных и российских научных конференциях.

Автореферат по форме, содержанию и оформлению соответствует требованиям ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертационной работы Гуровой Е.И.

Замечания к работе:

1. При разработке метода прогнозирования стабильности свойств гидравлических масел для авиационной техники в качестве прототипа автор использует гидросистему самолета Ил-76. При этом одним из преимуществ разработанного метода является его универсальность. Необходимо привести результаты исследований в более широком диапазоне температур и давлений, с другими гидравлическими жидкостями, возможно, на других основах, чтобы доказать преимущества разработанного метода перед другими стендовыми. Одновременно следовало бы указать сходимость получаемых стендовых результатов, возможно она указана в инструкции к стенду, хотелось бы ее видеть в самой диссертации.

2. Исследования плотности и показателей преломления у образцов базового гидравлического масла не являются необходимыми в рамках данной работы (Таблица 18). Расчет индекса вязкости, показателей термоокислительной стабильности были бы более ценными.

3. Влияние деструкции загущающих присадок на стабильность свойств гидравлических масел исследовано лабораторными методами, в то время как автор предлагает новый, более информативный (Глава 3.2).

4. Недостаточно полно объяснено, почему максимальная скорость снижения кинематической вязкости масла АМГ-10 происходит при испытаниях в режиме испытаний при максимальном давлении и минимальной температуре. Следовало бы подробнее рассмотреть это впервые отмечаемое явление и при необходимости расширить аналитику данных и комментарии по данному вопросу.

5. Исследования методом ИК-спектроскопии в выбранных областях поглощения не дают полной картины, подтверждающей стабильность состава масла АМГ-10 после стендовых испытаний.

6. В качестве рекомендаций и перспектив дальнейшей разработки темы автор ссылается на разработку нормативного документа при организации квалификационных испытаний опытных и опытно-промышленных образцов гидравлических масел. Однако по аналогии с аналогичными зарубежными стендами для этого потребуется оценка не только состояния масла, но и износа клапанов аксиально-поршневого насоса.

Перечисленные замечания носят преимущественно рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку очень важной работы, которая представляет собой первое объемное исследование гидравлических авиационных масел в недавно созданном русском испытательном стенде. Диссертационная работа Гуровой Е.И. на тему «Прогнозирование стабильности свойств гидравлических масел при применении в авиационной технике», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12 – химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ, представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, вносящую существенный вклад в науку о смазочных материалах. Автор в достаточном объеме представил научное исследование, результаты которого имеют высокую научную ценность. Диссертация рекомендуется к использованию в научно-исследовательских институтах, научных центрах компаний, и иных учреждений, занимающихся разработкой, сертификацией и производством гидравлических масел и их применением в авиационной технике.

Работа актуальна, обладает научной новизной, практической и теоретической значимостью и отвечает всем требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 (с изменениями, внесенными Постановлением Правительства РФ от 21.04.2016 г

№ 335), предъявляемым к кандидатским диссертациям, автореферат и опубликованные работы автора полностью соответствуют содержанию диссертации и достаточно полно отражают ее. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 2.6.12 - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Автор, Гурова Елена Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12 - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Отзыв заслушан и одобрен на заседании секции Ученого совета ИНХС РАН «Нефтехимия, кинетика и катализ» (протокол № 3 от 22 апреля 2024 года).

Отзыв подготовил:

Главный специалист лаборатории химии и углеводов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ордена Трудового Красного Знамени Института нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук, доктор технических наук

Цветков Олег Николаевич

 «4» 05 2024

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН)

Почтовый адрес: РФ, 119991, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, 29

Веб-сайт: <http://www.ips.ac.ru/>

Телефон: 8 (495) 954-42-75 e-mail: director@ips.ac.ru

Подпись главного специалиста д.т.н. Цветкова О.Н. заверяю

Ученый секретарь ИНХС РАН,

д.х.н. доцент



 Ю.В.Костина