

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.383.05, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САНКТ-
ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 26.06.2025 г. № 33

О присуждении Гуровой Елене Игоревне, гражданке России, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Прогнозирование стабильности свойств гидравлических масел при применении в авиационной технике» по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ принята к защите 03 апреля 2025 г. (протокол заседания № 31) диссертационным советом 24.2.383.05, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (190013, Россия, Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 24-26/49 литера А), утвержденным приказом Минобрнауки Российской Федерации № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Гурова Елена Игоревна, 1994 года рождения.

В 2018 году соискатель окончила магистратуру в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина». В 2022 году окончила очную аспирантуру в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», в настоящее время работает младшим научным сотрудником федерального автономного учреждения «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

Диссертация выполнена на кафедре химии и технологии смазочных материалов и химмотологии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент, Маньшев Дмитрий Альевич, начальник 1 научно-исследовательского управления (химмотологии) федерального автономного учреждения «25 Государственный научно-исследовательский институт химмотологии Министерства обороны Российской Федерации».

Официальные оппоненты:

Рудяк Константин Борисович, доктор технических наук, Общество с ограниченной ответственностью «Объединенный центр исследований и разработок», г. Москва, руководство, генеральный директор;

Мойкин Алексей Анатольевич, кандидат химических наук, Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие КВАЛИТЕТ», руководство, заместитель директора по развитию

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», г. Уфа, в своем положительном отзыве, подписанном Ахметовым Арсланом Фаритовичем, доктором технических наук, профессором, кафедра «Технология нефти и газа», заведующий кафедрой и Ибрагимовым Ильдусом Гамировичем, доктором технических наук, профессором, ректорат, проректор по научной и инновационной работе УГНТУ, утвержденном Васильевой Валерией Денисовной, заместителем начальника Управления по правовым и общим вопросам, ученым секретарем ученого совета УГНТУ указала, что рассматриваемая диссертация может быть оценена только положительно. По мнению ведущей организации диссертационное исследование по своему научному и техническому уровню соответствует требованиям пп. 9–14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Гурова Елена Игоревна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ. Работа Е.И. Гуровой может представлять интерес для производства. Новый метод прогнозирования стабильности свойств гидравлических

масел до замены в гидросистеме авиационной техники с использованием гидравлического стенда рекомендуется внедрить в Типовую программу квалификационных испытаний для масла АМГ-10. Предложенный комплексный критерий стабильности вязкости загущающей присадки на основе молекулярно-массовых характеристик полимера позволяет выбирать загущающую присадку с высокой стабильностью к термомеханической деструкции в составе гидравлического масла, в частности, масла АМГ-10 по ГОСТ 6794-2017. Данные предложения являются интересными для российских компаний, выпускающих масло АМГ-10, например, ООО «ЛЛК-Интернешнл», АО «НПЦ Спецнефтьпродукт», ООО «НПП Квалитет», ООО «Полиэфир» и другие. Диссертационные исследования позволяют рекомендовать использование сложных эфиров в качестве основного компонента для высоковязких гидравлических масел с высоким уровнем стабильности свойств. В качестве примера автор приводит всесезонное гидравлическое масло МГ-32-В для экскаватора на основе ДОТФ превосходит импортные продукты (ГМ Renosafe DU 46, Shell Tellus S4 VX 32) по вязкостно-температурным и антиокислительным свойствам, а также по времени эксплуатации в ГС. Результаты диссертационного исследования следует представить в научных и учебных учреждениях, специализирующихся на научно-исследовательских работах, связанных с нефтехимическим синтезом так Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской академии наук (ИНХС РАН), Институт органической химии им. Н. Д. Зелинского Российской академии наук, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Астраханский государственный технический университет и другие.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых журналах по списку ВАК РФ, 5 тезисов докладов на международных и всероссийских конференциях. Авторский вклад соискателя заключается в анализе условий эксплуатации гидравлической системы авиационной техники и методов оценки стабильности свойств гидравлических масел; проведении испытаний основ и образцов базовых масел лабораторными методами и анализ результатов; планировании и проведении стендовых испытаний гидравлических масел; анализе образцов масел после стендовых испытаний стандартными физико-химическими методами; разработке метода прогнозирования стабильности свойств гидравлических масел и математических моделей изменения физико-химических показателей масла АМГ-10; анализе исследования образцов масла АМГ-10 и загущающих присадок физическими методами; проведении технико-экономической оценки результатов исследования,

подготовке текстов публикаций.

Опубликованные работы полностью отражают основные положения диссертационного исследования, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые работы автора по теме диссертации:

1. Маньшев, Д. А. Методы определения стабильности свойств рабочих жидкостей в гидравлических системах / Д. А. Маньшев, Е. И. Сафронова // Инновационные научные исследования в современном мире: теория, методология, практика. Сборник статей по материалам I международной научно-практической конференции. – 2019. – № 1. – С. 147-153.

2. Митягин, В. А. Оценка стабильности рабочих жидкостей на гидравлическом стенде / В. А. Митягин, И. В. Поплавский, Е. М. Вижанков, Е. И. Сафронова // Труды Российского Государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2019. – № 3. – С. 165-173.

3. Митягин, В. А. Возможность программной оценки стабильности гидравлических жидкостей на стенде / В. А. Митягин, И. В. Поплавский, Е. М. Вижанков, Е. И. Сафронова // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2020. – № 9. – С. 39-43.

4. Маньшев, Д. А. Способ оценки стабильности эксплуатационных свойств гидравлических жидкостей для авиационной техники / Д. А. Маньшев, Е. И. Сафронова // Сборник трудов XIV Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России», Том 1 – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. – 2021. – С. 146-155.

5. Митягин, В. А. Программа оценки гидравлических жидкостей на стенде / В. А. Митягин, И. В. Поплавский, Е. И. Сафронова // Нефтегазовое дело. – 2021. – № 4. – С. 49–56.

6. Сафронова, Е. И. Прогнозная модель срока смены масла АМГ-10 при его применении в гидравлической системе самолета / Е. И. Сафронова, В. А. Митягин, Д. А. Маньшев, И. В. Поплавский // Нефтегазовое дело. – 2022. – № 4. – С. 136-153.

На диссертацию и автореферат отзывы прислали:

1 – Ежов Василий Михайлович, кандидат технических наук, начальник сектора «Авиационные смазочные материалы» отдела «Специальные авиационные двигатели и химмотология» ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова», г. Москва;

2 – Иванов Денис Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры № 24 «Авиационная техника и диагностика» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова», г. Санкт-Петербург;

3 – Шолом Владимир Юрьевич, доктор технических наук, генеральный директор ООО «Хозрасчетный творческий центр Уфимского авиационного института», г. Уфа;

4 – Степанова Валентина Анатольевна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации», г. Москва;

5 – Комаров Ян Викторович, кандидат технических наук, заместитель начальника научно-исследовательского отдела (экспериментальных исследований и испытаний) Военного инновационного технополиса «ЭРА», Смелик Анатолий Анатольевич, кандидат технических наук, начальник лаборатории (энергетики, технологий, аппаратов и машин) Военного инновационного технополиса «ЭРА», г. Анапа;

6 – Тыщенко Владимир Александрович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Химическая технология переработки нефти и газа» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Максимов Николай Михайлович, доктор химических наук, доцент, профессор кафедры «Химическая технология переработки нефти и газа» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара;

7 – Бартко Руслан Владимирович, кандидат технических наук, начальник отдела смазочных масел АО «Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке нефти», г. Москва;

Все отзывы положительные.

В отзывах указывается, что диссертационная работа выполнена по актуальной тематике, обладает научной новизной и практической значимостью, в автореферате полностью отражена суть исследования, осуществлены разработка образцов и выполнены лабораторные и стендовые исследования, проведен глубокий научный анализ полученных результатов, диссертационное исследование выполнено по актуальной тематике, обладает научной новизной и практической значимостью, автор работы заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук.

В отзывах содержатся следующие замечания критического характера:

1) Не уделено внимание установлению основных причин старения и дестабилизации гидравлических масел. Какова доля термоокислительной, термической, механохимической деструкций?

2) В представленных моделях не учитываются известные теории реологии: закон Бартенева, закон Френкеля-Эйринга.

3) Представленные ИК-Фурье спектры свидетельствуют об изменении количества функциональных групп, а значит и об изменении состава продукта, что не отражено в диссертации.

4) Не приводится сопоставительное сравнение разработанного научного стенда с имеющимися аналогами, что затрудняет оценку его новизны.

5) Не указаны температурные пределы испытаний, без которых трудно оценить степень дегградации масел при различных температурах.

6) ГМ разного состава отличаются не только стойкостью к механической деструкции загустителя, но уровнем других эксплуатационных свойств. Автором не приведена оценка влияния осадкообразования, совместимости с уплотнительными материалами, стойкости к пенообразованию, трибологических и других эксплуатационных свойств, характерных для данного типа масел, на надежность работы ГС ЛА.

7) Отсутствует пояснение о том, каким образом применение метода, разработанного автором, позволит сократить время проведения стендовых испытаний ГМ на 50 % и снизить затраты на 20 %.

8) Имеются недостатки оформления автореферата: отсутствует расшифровка аббревиатуры «ХС»; на графиках а) и б) рисунка 3 отсутствуют единицы измерения температуры.

9) Из автореферата не вполне ясно, были ли получены по итогам проведенных автором исследований патенты на изобретение, подтверждающие их новизну.

10) Не представлен состав масла АМГ-10.

11) Почему определены указанные в формуле 1 параметры в качестве определяющих химмотологический процесс дегградации свойств гидравлических масел?

12) Почему не оценивалась стабильность противоизносных свойств (диаметр пятна износа по ГОСТ 9490) масла АМГ-10, которое представляет собой базовую основу с вовлечением загущающей, антиокислительной и противоизносной присадок?

13) С какой целью разработаны образцы базовых масел (стр. 9)?

14) К недостаткам, по моему мнению, следует отнести некорректность текста в подписи к рис. 2 («Зависимость изменения кинематической вязкости...» не указано от чего) и расположение графиков на рис. 3.

15) Границами исследований является ГС самолета Ил-76. Почему автор в качестве прототипа выбрал именно его?

16) Объектом исследования является масло АМГ-10 трех отечественных производителей. Есть ли принципиальная разница в составе или технологии производства данных масел?

17) Почему выбран D-оптимальный план эксперимента Бокса-Бенкена для получения модели химмотологического процесса?

18) На основе термогравиметрического анализа автор делает вывод о том, что деструкция загущающей присадки в составе ГМ обусловлена в большей мере механическим воздействием на полимер, чем температурой. Почему?

19) Стр. 5, 7, 11, 12. Какую величину (точно) принимает коэффициент корреляции? Он превышает величину 0,95, когда можно говорить об истинной корреляции или речь, все же, идет о наличии тренда?

20) Стр. 10. Формула 1. С какой целью в функцию ЭС ГМ введен перепад давления (ΔP)? Перепад давления, по-видимому, должен быть исключен, поскольку для каждого момента времени он будет зависеть от v , d , ρ .

21) Стр. 12. В тексте автореферата отсутствуют сведения о процедуре обработки ультразвуком: время, мощность, объем обрабатываемой пробы.

22) В качестве замечания по автореферату диссертации можно отметить отсутствие подтверждения идентичности компонентного состава масла АМГ-10, использованного для сравнительной оценки разработанным методом и отобранного из гидросистемы самолета Ил-76.

23) В целом, соглашаясь с выводом о превалирующей роли механической деструкции, хочется обратить внимание на возможную роль микро количества кислорода как инициатора процесса деструкции. Считаю, что в дальнейшей работе эта тема должна быть исследована.

24) Представляется, что в ходе описания результатов моделирования, следовало бы уделить больше внимания подтверждению распространения полученных результатов на другие модели самолетов.

25) Считаю целесообразным расширить линейку загущающих присадок с учетом накопленного в ходе работы опыта, позволяющего определить наиболее эффективные типы полимерных материалов для решения данной задачи.

26) В работе имеется ряд опечаток и неточностей (так, например, в выводах к главе 3 нечетко определено значение депрессии температуры застывания масла).

27) Для оценки уровня конкурентоспособности отечественных гидравлических масел желательнее было провести их сравнительную оценку как по физико-химическим свойствам, так и на стенде с зарубежными маслами-аналогами (FH-51, AeroShell Fluid 41, Mobil Aero HF).

28) По какому принципу выбирались для исследований образцы базовых масел?

29) Какой физический смысл вывода: «Скорость снижения кинематической вязкости возрастает при постоянной температуре с ростом давления и при постоянном давлении со снижением температуры? Каким образом это согласуется с классическими законами физики?»

30) Каков физический смысл рисунка 20 на стр. 102 «Скорости изменения кинематической вязкости при 50 °С масла АМГ-10 с различными загустителями при испытании в ф-модели в условиях $T=60$ °С и $P=21$ МПа»?

31) При подборе новых синтетических базовых компонентов (в том числе ДОТФ) необходимо учитывать их вязкостно-температурные характеристики, а также возможность воздействия на резиновые уплотнения в гидравлических системах.

32) Имеются незначительные недочеты в оформлении таблиц (таблица 13 – сместились наименования показателей в графе «кинематическая вязкость», таблица 14 – значения плотности по ДТОФ и ДБС не соответствуют обозначенной размерности).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод прогнозирования срока применения масла до замены в гидросистеме авиационной техники (самолет Ил-76) на основе физического и математического моделирования химмотологического процесса деградации свойств масла (масло АМГ-10 ГОСТ 6794-2017);

предложен комплексный критерий стабильности вязкости загущающей присадки, характеризующий повышенную стойкость к термомеханической деструкции при большем значении отношения разности средневязкостной (M_v) и средневесовой (M_w) молекулярных масс к средневязкостной (M_v) и меньшем значении степени полидисперсности (PD);

доказано влияние факторов условий эксплуатации гидравлического масла (температура, давление и продолжительность испытаний) на процесс деградации его, а также влияние молекулярно-массовых характеристик полиметакрилатной вязкостной присадки на устойчивость к термомеханической деструкции загущенного гидравлического масла;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано влияние химической природы базового масла и загущающей присадки на стабильность свойств гидравлического масла, также, что скорость снижения вязкости масла АМГ-10, сопровождающаяся деструкцией загущающей присадки, возрастает при меньшей температуре и большем давлении испытания;

применительно к проблематике диссертации результативно, с получением обладающих новизной результатов использован метод прогнозирования срока применения гидравлического масла до его замены в гидросистеме авиационной техники, позволивший установить минимальные сроки применения масла АМГ-10 с различными полиметакрилатными присадками и масла АСГИМ в гидросистеме Ил-76 до его замены: с присадкой Максойл ВЗ-011 – 1973 ± 52 ч, с IRGAFLO 6000 V – 1606 ± 42 ч, Viscoplex 7-610 – 1376 ± 36 ч; масла АСГИМ – 4404 ± 116 ч;

изложены теоретические и экспериментальные результаты исследования изменения кинематической вязкости при 50 °С и перепада давления масла АМГ-10 при его применении в гидросистеме авиационной техники в рабочем диапазоне значений температуры ($60-120$ °С), давления ($16-21$ МПа) и продолжительности испытаний ($30-40$ ч) в виде полиномов второй степени;

раскрыта степень влияния значений молекулярной массы загущающей присадки на стабильность к термомеханической деструкции гидравлического масла, взаимосвязь молекулярно-массовых характеристик полиметакрилатных вязкостных присадок со сроком службы масла АМГ-10 в гидросистеме самолета Ил-76;

изучено влияние химической природы базового масла и загущающей присадки на стабильность свойств гидравлического масла, процессы термомеханической

деструкции вязкостных присадок в составе масла при его применении в гидросистеме авиационной техники,

проведена модернизация программы квалификационных испытаний гидравлического масла модернизированного состава при его постановке на производство и допуске к применению в авиационной технике.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

разработаны и внедрены на опытно-лабораторном уровне метод прогнозирования срока применения масла до замены в гидросистеме авиационной техники и комплексный критерий стабильности вязкости загущающей присадки,

определены условия подобия для моделирования химмотологических процессов деградации свойств гидравлического масла при его применении в гидросистеме авиационной техники, а также сроки применения в гидросистеме самолета Ил-76 масла АМГ-10 с различными полиметакрилатными присадками и масла АСГИМ до замены,

создана система практических рекомендаций по выбору загущающих полиметакрилатных присадок для гидравлического масла на основе молекулярно-массовых характеристик полимера, а также программа испытания гидравлического масла на стенде,

представлены практические рекомендации по применению метода прогнозирования срока применения масла до замены в гидросистеме авиационной техники при квалификационной оценке масла АМГ-10, а также при допуске к применению масел в гидравлической системе авиационной техники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ достоверность результатов исследования обеспечена применением надежных аналитических методов, стандартной измерительной аппаратуры и приборами, согласованностью полученных результатов и их корреляцией с натурными условиями работы исследуемых систем,

теория основана на достоверных и проверенных данных, литературные данные, представленные в работе, соответствует современным научным представлениям по теме диссертации,

идея базируется на критическом анализе литературного материала по тематике исследования, подробном сборе и анализе запатентованных данных, представленных в отечественных и зарубежных базах данных, учете и обобщении опыта создания

новых методов оценки стабильности свойств гидравлических масел с использованием системного подхода, основанного на моделировании химмотологических процессов,

использованы известные подходы и соответствующие решаемым задачам методы обработки и теоретического анализа экспериментальных результатов,

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами по близким аналогам материалов, представленными в независимых источниках по данной тематике, а также с результатами испытаний натуральных агрегатов,

использованы современные методы теории подобия, физического и математического моделирования в основе методологии исследования, сбора и анализа исходной информации, лабораторные методы анализа и стандартизованные методики;

Личный вклад соискателя состоит в проведении поиска и анализе литературных данных по тематике работы, выполнении исследований по изучению стабильности свойств гидравлических масел, анализе и обобщении экспериментальных данных, подготовке публикаций. Работа выполнена автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1) Как Вы обеспечили геометрическое подобие при создании физической модели, применяя π -теорему? Сама геометрия гидравлической магистрали является подобной?

2) Как Вы установили корреляционную зависимость между временем работы масла в гидросистеме самолета и физической модели? На что указывает коэффициент корреляции 0,9?

3) Как вы применяли π -теорему для расчета критериев подобия, учитывая что у вас всего 8 аргументов, в том числе 5 безразмерных параметров.

4) Почему вы отказались от теории размерности при получении уравнений регрессии второго порядка для кинематической вязкости и перепада давлений?

5) Почему режим при температуре $T=60$ °С назван критическим? Что значит критический режим?

6) Является ли время значимым фактором для скорости снижения кинематической вязкости масла?

7) Что представляют из себя экспоненциальные зависимости, полученные для кинематической вязкости при разных условиях работы масла?

8) Почему в исследованиях вы используете только два типа присадок?

9) Почему вы использовали план второго порядка Бокса-Бенкена?

10) Вы проводили оценку значимости коэффициентов для уравнения регрессии и проверку его адекватности?

11) Почему вы строите корреляционную зависимость между временем эксплуатации масла в гидросистеме самолета и продолжительностью испытаний на стенде при $T=60\text{ }^{\circ}\text{C}$, а не при $T=120\text{ }^{\circ}\text{C}$?

12) Действительно ли, что с понижением температуры работы гидросистеме срок службы масла снижается?

13) Какая рабочая температура в гидросистеме самолета? Может ли она быть $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и тогда ресурс работы масла будет еще меньше?

14) Вы рекомендуете повышать рабочую температуру масла в гидросистеме, чтобы масло работало дольше?

15) Как связана скорость разрушения присадки с температурой?

16) Может ли быть связан процесс разрушения масла (снижения его вязкости) с тем, что с ростом температуры его вязкость падает и снижение вязкости меньше? Как от вязкости масла в гидросистеме зависит скорость его разрушения?

17) Почему вы построили зависимости изменения кинематической вязкости при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, а не при $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, при температуре проведения испытаний, чтобы быть максимально приближенной к реальным условиям?

18) Как соотносится кинематическая и динамическая вязкость? И почему вы обратились к кинематической вязкости?

19) Определяли ли вы состав масла, его фракционный состав?

Соискатель Гурова Е.И. согласилась с некоторыми замечаниями, подробно и аргументированно ответила на задаваемые ей вопросы.

1) В качестве факторов, определяющих геометрическое подобие, были определены объем гидравлического масла и диаметр трубопроводов в физической модели гидросистемы. Да, гидравлическая магистраль, представленная в физической модели, подобна магистрали в гидросистеме самолета, но является короче.

2) По физико-химическим показателям (кинематическая вязкость при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и кислотное число) проб масла, отобранных с бортов самолета Ил-76, и образцов масла АМГ-10, отобранных по результатам стендовых испытаний в режиме максимальной

нагрузки ($T=60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=21\text{ МПа}$), получена корреляционная зависимость, отражающая характер изменения кинематической вязкости при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ от времени работы масла в гидросистеме самолета и физической модели. Результаты, полученные в ходе стендовых испытаний, коррелируют с высокой точностью с результатами, полученными в реальных условиях эксплуатации масла в гидросистеме самолета. Коэффициент корреляции более 0,95, что свидетельствует об истинной корреляции.

3) Для расчета критериев подобия было определено 4 безразмерных параметра, определитель матрицы не равен нулю, что свидетельствует о правильности выбора независимых параметров.

4) Параметры в уравнениях регрессии для кинематической вязкости при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и перепада давления представлены в кодированных значениях.

5) Режим $T=60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=21\text{ МПа}$ выбран критичным, так как кинематическая вязкость при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ снижается до предельного значения, 7 сСт, быстрее, чем при $T=120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6) Фактор времени является значимым для уравнения регрессии кинематической вязкости, при этом в уравнении регрессии для перепада давления фактор времени является незначимым, в связи с чем показатель кинематическая вязкость выбрана в качестве основного, отражающего стабильность свойств гидравлического масла.

7) Зависимости изменения кинематической вязкости от времени работы масла в физической модели гидросистемы показывают, при каких условиях значение кинематической вязкости при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ достигает предельного значения, 7 сСт, быстрее.

8) Полиметакрилатные присадки являются наиболее массовыми при производстве гидравлических масел для авиационной техники, так как они обладают оптимальными вязкостно-температурными и низкотемпературными свойствами. Загущающие полимерные присадки на основе винил-бутилового эфира менее устойчивы к деструкции, полиизобутилены чаще используют в гидравлических маслах для наземной техники.

9) Выбран некомпозиционный D-оптимальный план Бокса-Бенкена, так как он является наиболее используемым при построении моделей химмотологического процесса по причинам меньшего количества опытов при проведении эксперимента (15 опытов, 3 уровня варьирования, +1, 0, -1), что упрощает и удешевляет проведение испытаний. Для диссертационного исследования это является оптимальным, так как один эксперимент на стенде занимает от 30 до 40 часов.

10) Статистической обработкой результатов испытаний рассчитаны коэффициенты, проведена оценка их значимости с помощью коэффициента Стьюдента. С помощью дисперсионного анализа подтверждено, что модель адекватна и может быть использована для прогнозирования значений кинематической вязкости 50 °С масла АМГ-10 при значениях факторов в диапазоне их варьирования.

11) Корреляционная зависимость между временем эксплуатации масла в гидросистеме самолета и продолжительностью испытаний на стенде построена при $T=60$ °С и $P=21$ МПа, так как данный режим является самым нагруженным для масла АМГ-10 при его эксплуатации в самолете, быстрее снижается вязкость до предельного значения; в основе построения модели прогнозирования срока службы гидравлического масла - принцип минимального риска.

12) Да, при понижении температуры эксплуатации масла АМГ-10 от 120 до 60 °С ресурс его работы уменьшается.

13) Рабочая температура масла АМГ-10 в интервале от 60 до 70 °С. 30 °С в гидросистеме может быть кратковременно, в начале эксплуатации.

14) В диссертационной работе рассматривался режим, характерный для работы гидросистемы самолета, при котором масло АМГ-10 испытывает максимальную нагрузку. Этот режим характерен для работы спойлеров (воздушных тормозов).

15) С понижением температуры эксплуатации масла в гидросистеме при постоянном давлении скорость разрушения полимерной присадки повышается. Это связано с тем, что гидравлическое масло является неньютоновской жидкостью. Согласно уравнению Френкеля, при повышении температуры вязкость возрастает.

16) В основе метода прогнозирования срока смены масла до замены в гидросистеме взят режим эксплуатации, при котором масло подвержено максимальной нагрузке. Зависимость скорости разрушения присадки – чем ниже температура эксплуатации, тем выше скорость разрушения присадки.

17) Кинематическая вязкость при 50 °С является показателем качества для масла АМГ-10, регламентируемым ГОСТ 6794-2017 и Техническим регламентом обслуживания гидросистемы самолета Ил-76. Показателя «Кинематическая вязкость при 60 °С» не предусмотрено для масла АМГ-10 согласно нормативным документам.

18) Кинематическая вязкость – это отношение динамической вязкости к плотности жидкости, это показатель качества, характеризующий характер течения гидравлической жидкости. Динамическая вязкость характерна для моторных масел, где важнее учесть динамическую нагрузку на масло.

19) Компонентный состав масла АМГ-10, а именно его основы, известен: это 75 % нефтяного масла и 25 % масла ПАО-2. Фракционный состав основы составляют парафино-нефтяные углеводороды, немного ароматики. Это подтверждалось в результате исследований методом ИК-спектроскопии.

Диссертация Гуровой Елены Игоревны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (с последующими изменениями).

На заседании 26 июня 2025 года диссертационный совет принял решение: за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки в области эксплуатационных свойств гидравлических масел при применении в гидравлической системе авиационной технике, и разработке на их основе метода прогнозирования срока их применения до замены, имеющие существенное значение при квалификационной оценке качества горюче-смазочных материалов присудить Гуровой Е.И. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 6 докторов наук специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель
диссертационного совета

Мазур Андрей Семенович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Клементьев Василий Николаевич



26 июня 2025 года