

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ

Рассмотрена возможность прогнозирования надежности гидравлических систем по результатам анализа работавшей жидкости с обязательным использованием совокупности показателей, характеризующих состояние жидкостей. На примере синтетических рабочих жидкостей НГЖ-4 и НГЖ-4у показано, как контролируемые параметры – срабатываемость антиокислительных присадок и изменение вязкости – могут характеризовать процессы старения работавших синтетических жидкостей и определять фактический срок службы жидкости в гидросистемах.

Надежная работа гидравлических систем самолетов и экономное расходование синтетических рабочих жидкостей в большой степени зависят от периодичности замены последних. Срок смены жидкости в гидравлических системах определяется длительностью ее работы. После выработки установленного срока жидкость заменяют свежей независимо от ее качества. Как правило, работавшая жидкость обладает запасом основных эксплуатационных свойств и вполне пригодна для дальнейшего использования. Однако возможны случаи, когда в результате экстремальных условий эксплуатации рабочая жидкость теряет работоспособность ранее установленного срока смены, что может привести к выходу гидравлической системы из строя. Следовательно, смена жидкости по длительности ее работы не всегда обеспечивает надежность эксплуатации гидравлических систем и приводит к нерациональному расходованию жидкости.

Рационального и экономного расходования синтетических рабочих жидкостей при надежной эксплуатации гидравлических систем можно достичь в результате перехода к смене жидкости по фактическому состоянию. В этом случае срок смены рабочей жидкости определяется степенью изменения ее эксплуатационных свойств. Наиболее объективным способом проверки эксплуатационных свойств синтетических рабочих жидкостей является испытание их в гидравлических системах, для которых они предназначены, с периодическим анализом качества работающих жидкостей и оценкой надежности работы по контролируемым параметрам.

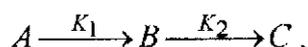
Применение для оценки свойств рабочих жидкостей стендовых испытаний существенно ограничивается их большой продолжительностью и высокой стоимостью, которая в условиях рыночных отношений и интенсификации инфляционных процессов прогрессивно возрастает во времени. К такого рода испытаниям прибегают, в основном, на завершающем этапе, предпочитая использовать для оценки лабораторные приборы и установки, позволяющие при незначительных затратах сил и средств дать исходную информацию о качестве испытуемой рабочей жидкости.

Существенным недостатком оперативной лабораторной оценки является ее невысокая надежность. Для повышения надежности лабораторной оценки эксплуатационных свойств синтетических рабочих жидкостей необходим научно

обоснованный подход к выбору методов, обеспечивающих при сохранении оперативности высокую объективность проверки и возможность прогнозирования по ее результатам с высокой достоверностью, поведение рабочей жидкости на стендах или в эксплуатации. Такое условие является критерием эффективности любого лабораторного метода наряду с возможностью изучения с его помощью механизма процессов, протекающих в гидравлических системах.

Повышение объективности и информативности любой оценки возможно путем установления качественных или количественных связей между состоянием жидкости и состоянием гидравлической системы. Жидкость в процессе работы претерпевает различного рода превращения, обусловленные протекающими термоокислительными процессами, попаданием механических примесей, воды. Одновременно она влияет на работоспособность гидравлической системы через износ и коррозию ее основных узлов и деталей, особенно содержащих цветные металлы.

Для объективного анализа информативности лабораторных методов воспользуемся основными положениями химической кинетики, позволяющей представить совокупность процессов, протекающих в рабочих жидкостях (моделях, реальных объектах), в виде последовательных реакций [1]:



где A – исходное состояние рабочей жидкости (уровень ее качества); B – состояние к моменту времени t ; C – состояние гидравлической системы (или модели) за тот же период времени; K_1 и K_2 – константы скоростей реакций, приводящих к изменению состояния жидкости и объекта соответственно.

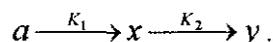
Указанный принцип универсален, поскольку с его помощью можно описать поведение как системы в целом, так и каждого свойства жидкости, влияющего на работоспособность объекта.

Для упрощения анализа введем условные эквивалентные понятия старения жидкости и объекта (или модели) и условное понятие их критического возраста $t_{кр}$, характеризующего время, за которое жидкость и объект теряют свою работоспособность. Применительно к жидкости время $t_{кр}$ совпадает со сроком его смены, а применительно к объекту определяется в зависимости от показателя надежности, регламентируемого эксплуатационно-технической документацией, наработкой на отказ, ресурсом до капитального ремонта, до первой переборки и т.д.

Для установления количественных соотношений между переменными выразим состояние жидкости и объекта через количественно комплексные показатели (условно):

$$A \rightarrow \alpha; B \rightarrow x; C \rightarrow y,$$

тогда



Решение этой системы относительно y описывается уравнением

$$y = \alpha \left\{ 1 - \frac{K_2}{K_2 - K_1} e^{-K_1 t} + \frac{K_1}{K_2 - K_1} e^{-K_2 t} \right\},$$

где t – оцениваемый период времени.

Для реальных гидравлических систем (объектов) и жидкостей опыт эксплуатации показывает, что жидкость стареет, как правило, быстрее объекта, т.е. $t_{кр.об} \ll t_{кр.ж}$ а следовательно, $K_1 \gg K_2$. Тогда состояние y_1 объекта может быть в общем характеризовано зависимостью

$$y_1 = a(1 - e^{-K_2 t}).$$

Таким образом, надежность реального объекта при прочих равных условиях зависит от исходного уровня качества a и интенсивности вторичных превращений K_2 в жидкости. Из приведенной зависимости следует также, что поведение объекта можно достаточно надежно прогнозировать по результатам анализа работавшей жидкости.

По отдельным единичным показателям состояния жидкости невозможно объективно оценить ее поведение в реальных гидравлических системах, поэтому для повышения надежности лабораторной оценки рабочих жидкостей необходимо не ограничиваться одним каким-либо основным (контрольным) показателем, характеризующим состояние модели (коррозией, износом), а обязательно использовать совокупность показателей, характеризующих состояние работавших жидкостей.

Анализ статистического материала по изменению свойств синтетической рабочей жидкости НГЖ-4 в гидравлических системах самолета Ил-86 и на стенде НСУ-86, имитирующем работу гидравлических систем самолета Ил-86 с опережающим ресурсом работы жидкости [2], свойств новой рабочей жидкости НГЖ-4у в гидравлических системах самолета Ил-96-300 показал, что работавшая жидкость в большей степени характеризуется изменением кинематической вязкости и кислотного числа.

Изменение показателя кинематической вязкости оказывает существенное влияние на надежность работы гидравлической системы. Кислотное же число только отчасти характеризует протекание процессов окисления и разложения рабочей жидкости под действием высоких температур, а изменение его в пределах 0,05 – 0,15 мг КОН на 1 г жидкости имеющееся в эксплуатации, не может оказывать заметного влияния на снижение надежности работы гидравлической системы. Поскольку процессы окисления и разложения синтетических рабочих жидкостей оказывают решающее влияние на надежность работы гидравлической системы, то наиболее полно степень старения жидкости может контролироваться по изменению ее термоокислительной стабильности.

Кроме этого, надежность работы гидравлической системы во многом определяется смазывающими свойствами синтетических рабочих жидкостей, однако согласно исследованиям, выполненным институтом ВИАМ, работавшая жидкость не столько изменяет свои смазывающие способности, сколько термоокислительную стабильность и вязкость.

Таким образом, результаты исследований изменения свойств работавших жидкостей дают основание сделать вывод, что в процессе эксплуатации рабочих жидкостей, необходимо и достаточно контролировать два основных параметра: кинематическую вязкость и термоокислительную стабильность.

Поскольку вязкость рабочих жидкостей контролируется методом определения кинематической вязкости (ГОСТ 33-66), то наиболее сложной проблемой является контроль за изменением термоокислительной стабильности работавшей жидкости. Существующие методы оценки термоокислительной стабильности синтетических рабочих жидкостей не отвечают эксплуатационным

требованиям из-за длительности процесса анализа и большого количества анализируемой жидкости.

Одним из возможных направлений в обеспечении оценки изменения термоокислительной стабильности является контроль за срабатываемостью антиокислительных присадок, содержащихся в этих жидкостях. Согласно теории жидкофазного окисления углеводородов, действия антиокислительных присадок приводят к обрыву цепей реакции окисления, снижают ее скорость и способствуют сохранению качества рабочей жидкости, т.е. между срабатываемостью присадок и термоокислительной стабильностью существует прямая взаимосвязь. С этой целью для определения содержания антиокислительных присадок 2-"К" и УП-632 в синтетических рабочих жидкостях НГЖ-4 и НГЖ-4у разработаны методы газожидкостной хроматографии. Хроматографирование производили двухступенчатым методом при последовательном включении хроматографических колонок, принимая в качестве "стандарта" рабочую жидкость. Относительная погрешность определения содержания присадок не превышала 5% [3].

Сопоставление закономерностей изменения показателей качества работавших рабочих жидкостей и динамики срабатываемости антиокислительных присадок указывает, что их содержание может служить не только для оценки запаса качества по термоокислительной стабильности, но и выступать самостоятельно в качестве критерия работоспособности.

Таким образом, контролируемые параметры срабатываемости антиокислительных присадок и изменения вязкости могут характеризовать процессы старения работавших синтетических рабочих жидкостей и позволят определять фактический срок службы жидкости в гидравлических системах.

Список литературы

1. *Де Гротт С., Мазур П.* Неравновесная термодинамика. – М.: Мир, 1964. – 456 с.
2. *Козлов А.Н., Раскин Ю.Е., Сагай С.Д., Квитницкая Г.Г.* Исследование характеристик жидкости НГЖ-4 в процессе эксплуатации в гидросистемах самолетов // Тр. ГосНИИ ГА. – М., 1984. – Вып.226. – С. 20-22.
3. *Мухояров И.Н., Соловьев А.Н.* Определение содержания антиокислительных присадок в синтетических рабочих жидкостях // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. "Научно-технический прогресс в химмотологии топлив и смазочных материалов", 14-18 мая 1990г. – Днепропетровск. – 1990. – С.102.

Стаття надійшла до редакції 27 вересня 1999 року.