

ОТЗЫВ официального оппонента

доктора технических наук, доцента Трофимова Алексея Анатольевича на диссертационную работу Гудкова Станислава Анатольевича «Многоканальный вихретоковый преобразователь встроенного контроля параметров дисперсной фазы технологических жидкостей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

1. Актуальность темы диссертации

В настоящее время разработка, доводка и эксплуатация гидравлических систем авиационной техники характеризуется широким применением трибологической диагностической аппаратуры, предназначенной для получения информации об износе элементов гидравлической системы по параметрам дисперсной фазы рабочей жидкости. Данная информация позволяет предотвращать аварийные ситуации, связанные с разрушением различных агрегатов, в особенности содержащих узлы трения (насосы, гидроцилиндры и т.п.).

Среди различных трибологических методов контроля состояния гидравлических систем одним из эффективных является вихретоковый метод, имеющий, однако, недостатки, связанные с относительно высоким порогом чувствительности, а также определенные трудности его применения ввиду многопараметровой сути метода, что сдерживает широкое применение первичных вихретоковых преобразователей в системах контроля чистоты рабочей жидкости.

По этим причинам актуальна разработка нового типа вихретокового преобразователя (ВТП) параметров дисперсных сред, имеющего расширенные функциональные возможности и улучшенные эксплуатационные характеристики.

Диссертантом Гудковым С.А. предложена новая методика снижения порога чувствительности вихретокового преобразователя, основанная на когерентном накоплении информационных сигналов с нескольких измерительных каналов преобразователя, позволяющая достичь практического значения порога чувствительности. Также при использовании многоканального вихретокового преобразователя (МВТП) открываются широкие возможности по отстройке от мешающих факторов, например от электрической проводимости материала частиц износа. При этом сохраняется возможность выделять в потоке частиц частицы только из проводящих материалов и классифицировать их по признаку магнитная/немагнитная, а при условии априорной

известности материалов частиц определять тип материала. Определение типа материала частиц в условиях замкнутой гидравлической системы является весьма ценным диагностическим признаком. Многоканальные вихретоковые преобразователи параметров дисперсных сред, основанные на обработке сигналов с нескольких информационных каналов с применением методов накопления и многочастотным возбуждением, до диссертанта не исследовались. Поэтому диссертационная работа Гудкова С.А. является актуальной.

2. Научная новизна исследований

Научная новизна проведенных исследований и полученных результатов состоит в следующем:

1. Разработана математическая модель ВТП, отражающая механизм взаимодействия преобразователя с металлическими частицами износа из магнитных и немагнитных материалов, учитывающая случай радиального смещения частицы относительно геометрической оси преобразователя.
2. Предложена методика определения параметров дисперсной фазы, основанная на обработке разнесенных по частоте сигналов с двух измерительных каналов МВТП, позволяющая отстроиться от влияния проводимости материалов частиц износа.
3. Разработана методика обработки информации с измерительных каналов МВТП, основанная на когерентном накоплении сигналов и позволяющая снизить порог чувствительности преобразователя.
4. Разработана методика компенсации мультипликативной погрешности первичного преобразователя, обусловленной радиальным смещением частиц износа относительно геометрической оси МВТП.

3. Практическая значимость результатов работы

Практическую значимость работы составляют: предложенный МВТП параметров дисперсной фазы технологических жидкостей; программные средства, позволяющие реализовать МВТП с расширенными функциональными возможностями; выходные характеристики ВТП, полученные для основных материалов частиц износа, встречающихся в практике контроля гидравлических систем авиационной техники; действующий образец МВТП, построенный на современной микроконтроллерной элементной базе.

Практическая значимость результатов диссертационной работы Гудкова С.А. также подтверждается актами об их использовании при разработке НИР «ЗОНА-ОЗ»,

выполненной в Самарском отделении научно-исследовательского института радио, а также в учебном процессе Самарского университета при подготовке бакалавров по направлению подготовки 25.03.01 «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» при проведении лабораторных занятий по дисциплине «Эксплуатационные свойства горюче-смазочных материалов и надежность авиационной техники».

4. Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав и заключения.

Во введении автор обосновывает актуальность работы, формулирует цель и задачи диссертационного исследования, приводит основные научные результаты и обосновывает их теоретическую и практическую значимость.

В первой главе диссертации выполнен краткий обзор механизмов формирования дисперсной фазы в рабочих жидкостях гидравлических систем, проведен сравнительный анализ методов контроля параметров дисперсной фазы технологических жидкостей, приведены основные характеристики рассмотренных методов, выполнен обзор основных типов применяемых первичных преобразователей, намечены основные направления совершенствования рассматриваемых в работе вихретоковых преобразователей.

Вторая глава посвящена разработке и исследованию математической модели формирования информационных сигналов вихретокового первичного преобразователя при бесконтактном взаимодействии с частицами износа из проводящих материалов. Автором выделены допущения и граничные условия, при которых данная математическая модель позволяет получать результаты с высокой степенью достоверности. Результаты исследования математической модели позволили автору определить изменения параметров ВТП под влиянием вторичных полей частиц износа из проводящих материалов.

В третьей главе автором разработана структурная схема многоканального вихретокового преобразователя, предложена и исследована методика снижения порога чувствительности вихретокового преобразователя, основанная на когерентном накоплении сигналов с нескольких измерительных каналов МВТП. Разработаны методики выделения параметров дисперсной фазы из выходного сигнала МВТП, основанные на анализе двух разнесенных по частоте сигналов с двух каналов МВТП, а также предложен поточный алгоритм обработки выходного сигнала МВТП.

Четвертая глава посвящена вопросам метрологического обеспечения многоканального вихретокового преобразователя. Автором разработана имитационная модель процессов, протекающих в измерительном тракте МВТП, позволяющая оценить

как погрешность определения счетной концентрации частиц износа, так и погрешность определения размера частиц износа при заданных законах распределения частиц износа по размерам и скоростям. Предложена методика компенсации мультипликативной погрешности МВТП, возникающей в случае смещения частицы износа с геометрической оси преобразователя.

В пятой главе рассмотрена практическая реализация многоканального вихретокового преобразователя для определения параметров дисперсной фазы технологических жидкостей. Приведена функциональная схема преобразователя, разработана его конструкция. Определены основные технические характеристики, а также результаты экспериментальных исследований разработанного МВТП. Предложена методика расчета параметров преобразователя, позволяющая повысить отношение сигнал/шум на выходе МВТП.

В заключении подведены итоги исследования и сделаны выводы по результатам работы.

Автореферат в полной мере отражает основное содержание диссертационной работы.

5. Степень обоснованности и достоверности результатов, полученных в диссертационной работе

Основные научные положения диссертации в достаточной мере обоснованы. Достоверность диссертационного исследования определяется результатами экспериментов, подтверждающими основные теоретические положения работы и не противоречащими известным положениям в данной области исследований.

Основные результаты диссертационного исследования представлены в 45 научных работах, включая: 5 публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК России; 2 – в изданиях, индексируемых Scopus; 2 патента на полезную модель Российской Федерации и 1 свидетельство о регистрации программного модуля.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на многочисленных всероссийских и международных научно-практических конференциях.

6. Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы

Научные и практические результаты диссертационной работы могут быть рекомендованы к использованию при проектировании и производстве систем трибологического мониторинга параметров рабочей жидкости гидравлических систем авиационной и ракетно-космической техники на профильных предприятиях отрасли,

таких как ПАО «Гидроавтоматика» (г. Самара), АО «Тюменские моторостроители» (г. Тюмень) и других предприятиях, занимающихся разработкой и обслуживанием гидравлических систем авиационной техники.

7. Замечания по диссертационной работе

1. Текст диссертации не свободен от опечаток (стр. 33, 36), на стр. 15 в таблице 1.1 не все столбцы заполнены. В ряде случаев автор допускает терминологические неточности, например, термин «Макетный образец» подразумевает, что преобразователь прошел конструкторско-доводочные испытания и ему присвоена литера «Т», следовало применить термин «Лабораторный образец», в автореферате на стр. 13 автор вводит термин «общая погрешность» (таблица 1), а в диссертации стр. 141 «суммарная погрешность» (таблица 4.4).

2. Автор неправильно трактует понятия «величина» - «значение» (стр. 3, 43, 46, 62, 67, 69, 74, 79, 88, 127...).

3. Пункт 3 научной новизны в автореферате «методика обработки информации с измерительных каналов МВТП...» и диссертации «методика обработки сигналов измерительных каналов МВТП...» различаются.

4. На стр. 127 диссертации автор вводит в схему ВДВК кремниевый датчик температуры - не понятно, в какую схему и какой конкретно датчик (индекс, фирма-изготовитель), а также на каком основании принимается линейной выходная характеристика датчика во всем диапазоне измеряемых температур.

5. Автором выносятся на защиту «Методика обработки информации с измерительных каналов МВТП с когерентным накоплением сигналов», в диссертации раздел носит название «Метод когерентного накопления». В соответствии с определением методика – это установленная совокупность действий, шагов которые нацелены на решение определенной задачи, в разделе последовательность действий отсутствует.

8. Заключение по диссертации

Диссертация Гудкова С.А. является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, в которой содержится решение важной задачи для аэрокосмической отрасли РФ – задачи расширения функциональных возможностей и улучшения эксплуатационных характеристик вихретоковых преобразователей параметров дисперсной фазы технологических жидкостей, имеющих важное значение для систем трибологического мониторинга.

Диссертация содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, а также имеет большую практическую ценность, что подтверждается сведениями об использовании полученных автором научных результатов. Сформулированные автором выводы можно охарактеризовать как обоснованные и достоверные.

Замечания, сделанные в отзыве, не снижают общей положительной оценки работы.

Диссертационная работа Гудкова Станислава Анатольевича на тему «Многоканальный вихретоковый преобразователь встроенного контроля параметров дисперсной фазы технологических жидкостей» удовлетворяет требованиям паспорта специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления – и соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», а её автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент:

Трофимов Алексей Анатольевич,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Информационно-измерительная
техника и метрология» Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Пензенский государственный университет»,
440026 Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40,
+7 (841-2) 36-82-21, 36-82-22, iit@pnzgu.ru

Докторская диссертация защищена по специальности
05.11.16 - Информационно-измерительные и управляющие
системы (приборостроение).

 А.А. Трофимов
« 27 » апреля 2019 г.

Подпись Трофимова А.А. удостоверяю
Ученый секретарь Учёного совета
Пензенского государственного университета

 О.С. Дорофеева
« 24 » мая 2019 г.

