

В диссертационный совет Д212.277.01
Ульяновского государственного
технического университета

ОТЗЫВ

на диссертационную работу Низаметдинова Азата Маратовича
**«Повышение точности вибровискозиметрических датчиков на основе
электромеханических колебательных систем в нестационарных режимах
работы»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения по видам
измерения (электрические измерения)

1. Структура и объем диссертации

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка из 190 наименований, 7 приложений. Общий объем диссертации составляет 178 страниц, включая 9 таблиц и 116 рисунков.

В первой главе рассмотрены различные виды датчиков на основе электромеханических колебательных систем (КС), описаны способы и режимы электрического возбуждения КС и способы преобразования механических колебаний в электрический сигнал. Представлен анализ их работы в стационарных режимах при различных видах возбуждения, рассмотрены особенности работы датчиков в нестационарных режимах. Отмечены нерешенные вопросы по проблеме уменьшения погрешности измерения параметров КС при ее работе в режиме вынужденных колебаний на фиксированной частоте, определены цели и задачи исследования.

Во второй главе проведен анализ математической модели КС вибровискозиметрических датчиков (ВВД) с линейно изменяющимися параметрами в режиме вынужденных колебаний, методом численного моделирования получены зависимости погрешности определения текущих параметров КС по амплитуде и фазе выходного сигнала КС от скорости изменения ее параметров. Для экспериментальной проверки результатов компьютерного моделирования в соответствии с принципом электромеханической аналогии были проведены измерения параметров колебаний в последовательном колебательном контуре с изменяющейся индуктивностью.

В третьей главе описан оригинальный способ управления режимом возбуждения вынужденных колебаний КС ВВД с поддержанием разности фаз между сигналом возбуждения и сигналом отклика, равной 90° , путем подстройки частоты сигнала возбуждения, позволяющий повысить точность измерения параметров КС в нестационарных режимах. Алгоритм управления частотой генератора сигнала возбуждения реализован в виде программного кода (подпрограммы) в модуле управления генератором и запускается в каждом

периоде колебаний КС после завершения измерения разности фаз между сигналом возбуждения и сигналом отклика КС.

В четвертой главе описан ВВД с КС камертонного типа, используемый в составе аппаратно-программного комплекса (АПК) для анализа низкотемпературных свойств жидкостей «ИРЭН 2.5». Рассмотрена структурная схема АПК и способ опроса его датчиков. Приведены оценки методической и инструментальной погрешности. По результатам численного моделирования сделан вывод, что при наложении на измеряемый сигнал шумовой составляющей результат измерения амплитуды сигнала ВВД методом синхронной выборки имеет меньшую суммарную погрешность, чем при измерении пиковым детектором.

В пятой главе представлены результаты сравнения метрологических характеристик ВВД при работе в автоколебательном режиме и режиме вынужденных колебаний с подстройкой частоты, а также результаты статистических испытаний ВВД при измерении теплофизических параметров различных жидкостей. Показано, что при измерении температуры застывания жидкости в режиме возбуждения ВВД предложенным способом воспроизводимость результатов измерения улучшилась в 1,87 раза по сравнению с режимом вынужденных колебаний без подстройки частоты сигнала возбуждения.

В приложении приведены акты о внедрении результатов диссертационной работы и результаты проверки оригинального способа измерения параметров КС с подстройкой частоты по сдвигу фазы.

Таким образом, материал диссертации изложен в строгой логической последовательности, а ее структура соответствует современным требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

2. Актуальность темы диссертации

Для преобразования технологического параметра в частоту используются частотные датчики, среди которых лучшие метрологические характеристики имеют датчики резонаторами образующие колебательные системы с распределенными механическими параметрами — массой, жесткостью, демпфированием. Такие датчики строятся на основе автогенератора, частотно задающим элементом, которого является механический резонатор. Резонатор это цилиндр, струна, пластина, камертон, которые образуют механические колебательные системы с распределёнными механическими параметрами. В механических колебательных системах проявляется нелинейность, которая обусловлена отклонением упругих свойств материала резонатора от закона Гука. Вследствие этого явления эквивалентная жёсткость и масса резонатора становятся периодическими функциями, и провоцируют появление параметрического резонанса с отклонением синусоидальной формы колебаний. В условиях ограниченного времени в реальных измерительных задачах погрешность измерения параметров КС ВВД, работающих в нестационарных режимах, может быть высока. Для таких режимов работы в последние годы активно разрабатываются адаптивные датчики, способные к вариации

параметров КС и режима возбуждения КС для снижения погрешностей измерения контролируемых физических величин (ФВ).

В этой связи диссертационная работа Низаметдинова А.М., в которой используется оригинальный алгоритм дискретного управления перестройкой частоты генератора сигнала возбуждения КС ВВД, может быть признана актуальной как отвечающая направлениям развития и потребностям приборостроения и методам измерения.

3. Оценка новизны исследований и результатов

Новые положения, связанные с повышением точности и расширением диапазона измерения вибровискозиметрических датчиков на основе электромеханических колебательных систем в нестационарных режимах работы, заключаются в разработке:

- численного моделирования работы механической КС с одной степенью свободы в режиме вынужденных колебаний с гармоническим возбуждением при линейном изменении параметров КС (присоединенной массы и коэффициента демпфирования) получены зависимости погрешностей определения мгновенных значений собственной частоты и добротности КС по параметрам вынужденных колебаний от скорости изменения параметров КС;

- способа возбуждения КС ВВД при его работе в нестационарных режимах с поддержанием разности фаз между сигналом возбуждения и сигналом отклика датчика, равной 90° , путем подстройки частоты сигнала возбуждения, позволяющий по сравнению с автоколебательным режимом и режимом вынужденных колебаний на фиксированных частотах уменьшить погрешность измерения собственной частоты КС почти на порядок, а добротности – на $20\% \square 60\%$ в зависимости от значения добротности;

- алгоритма дискретного управления перестройкой частоты генератора сигнала возбуждения КС ВВД с шагом, при котором изменение фазы сигнала отклика, вызванного перестройкой частоты генератора, не превышает уровня фазовых шумов цепей преобразования ВВД;

- способа определения добротности КС в режиме вынужденных колебаний по фазочастотной характеристике КС, состоящий в периодическом отклонении разности фаз между сигналом отклика и сигналом возбуждения от 90° на заданное значение путем перестройки частоты сигнала возбуждения.

По каждому из отмеченных положений соискателем проведены исследования с применением теоретических методов и методов математической статистики с применением современного исследовательского оборудования.

Результаты проведенных исследований легли в основу разработки экспериментальной установки для исследования метрологических характеристик ВВД камертонного типа на базе Анализатора низкотемпературных свойств жидкостей «ИРЭН 2.5».

Из сказанного следует, что диссертационная работа Низаметдинова А.М. отвечает требованиям, относящихся к новизне исследований и научных результатов.

4. Оценка обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений

Выводы содержатся в отдельных главах и завершают диссертацию в целом.

Выводы первой главы определяют состояние вопроса по проблеме работы КС в режиме вынужденных колебаний на фиксированной частоте при уменьшении добротности и отношения сигнал/шум, а также возрастанием погрешности измерения параметров КС; указывают на нерешенные вопросы и обозначают область исследований для достижения поставленной цели.

Выводы второй главы отражают результаты анализа математической модели КС ВВД с линейно изменяющимися параметрами в режиме вынужденных колебаний. Путем численного решения уравнения вынужденных колебаний КС получены зависимости погрешности определения текущих параметров КС по амплитуде и фазе выходного сигнала КС от скорости изменения ее параметров. Было установлено, что результат измерения присоединенной массы по значению фазы колебаний КС, равному 90° , имеет меньшую погрешность, чем результат измерения по максимуму амплитуды. Наоборот, результат измерения коэффициента демпфирования имеет меньшую погрешность по максимуму амплитудной характеристики. Здесь хотелось бы отметить, что математическая модель КС ВВД не учитывает геометрические размеры, форму и материал КС.

Выводы третьей главы отражают результаты работы соискателя по созданию оригинального способа управления режимом возбуждения вынужденных колебаний КС ВВД с поддержанием разности фаз между сигналом возбуждения и сигналом отклика, равной 90° , путем подстройки частоты сигнала возбуждения, позволяющий повысить точность измерения параметров КС в нестационарных режимах. Алгоритм управления частотой генератора сигнала возбуждения реализован в виде программного кода (подпрограммы) в модуле управления генератором и запускается в каждом периоде колебаний КС после завершения измерения разности фаз между сигналом возбуждения и сигналом отклика КС.

Выводы четвертой главы отражают результаты работы соискателя по созданию конструкции ВВД с КС камертонного типа, используемой в составе аппаратно-программного комплекса (АПК) для анализа низкотемпературных свойств жидкостей «ИРЭН 2.5». Рассмотрена структурная схема АПК и способ опроса его датчиков. Приведены оценки методической и инструментальной погрешности, но здесь хотелось бы увидеть сравнительную оценку разработанной и известных конструкций

Выводы пятой главы отражают результаты сравнения метрологических характеристик ВВД при работе в автоколебательном режиме и режиме вынужденных колебаний с подстройкой частоты, а также результаты статистических испытаний ВВД при измерении теплофизических параметров различных жидкостей. Выборочные измерения на экспериментальной установке

температуры застывания 37 образцов тестовых жидкостей показали, что при измерении температуры застывания жидкости в режиме возбуждения ВВД предложенным способом воспроизводимость результатов измерения улучшилась в 1,87 раза по сравнению с режимом вынужденных колебаний без подстройки частоты сигнала возбуждения.

В заключении представлено обобщение полученных результатов. Анализ этого обобщения позволяет сделать заключение о достаточной степени новизны выводов и рекомендаций. Достоверность выводов подтверждена теоретическими и экспериментальными исследованиями глав 2-5 и результатами опытно-промышленных испытаний и актами внедрения результатов работы.

Общая оценка выводов и результатов исследований диссертационной работы Низаметдинова А.М. дает основание утверждать, что работа содержит достаточно обоснованные и достоверные научные положения и соответствует требованиям к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук.

5. Практическая ценность диссертации

Практическую ценность диссертации А.М. Низаметдинова представляют следующие результаты:

- на основе численного моделирования работы механической КС с одной степенью свободы, в режиме гармонического возбуждения, при линейном изменении параметров ее элементов, получены зависимости величин погрешностей мгновенных значений параметров КС по параметрам вынужденных колебаний от скорости изменения параметров КС;

- предложен способ определения добротности КС в составе ВВД по ее фазо-частотной характеристике в режиме вынужденных колебаний, при невозможности достоверного измерения амплитуды колебаний КС, путем периодической перестройки частоты сигнала возбуждения при отклонении разности фаз между сигналом отклика и сигналом возбуждения от 90° .

6. Замечания по работе

К недостаткам рецензируемой работы можно отнести следующее:

- не достаточно обоснован выбор принципа действия исследуемых вискозиметрических датчиков, которые, как известно, делятся на несколько групп: капиллярные, вискозиметры с падающим шариком, ротационные, вискозиметры истечения, вибрационные и ультразвуковые. В этой связи было бы очень полезным оценить технические и технологические преимущества вибровискозиметрических датчиков;

- отсутствуют конкретные рекомендации по технологии использования разработанного вибровискозиметрического датчика, в частности, отсутствует методика проведения измерений и получения результатов измерения;

– в работе приводится сравнение результатов расчетов, полученных с использованием разработанной математической модели, с физической (электрической) моделью, но ничего не сказано не только об ее адекватности, но и не указан процент расхождения данных модельного эксперимента и расчета. В этой связи в работе хотелось бы видеть конкретные примеры использования модели для прогнозирования точности процесса реальных измерений;

– желательно было бы провести исследования и показать связь показателей изменяющихся параметров вибрационной системы (температуры электромагнита, остаточной деформации упругого элемента, налипания измеряемой среды и др.) с точностью проводимых измерений;

– целесообразно провести оценку устойчивости предложенной в работе системы автоматической подстройки частоты возбуждающего сигнала.

В целом, отмеченные недостатки не снижают научную и практическую ценность диссертационной работы Низаметдинова А.М.

7. Форма изложения, оформление материалов диссертации

Диссертация написана на удовлетворительном литературно-техническом уровне. Однако в тексте имеют место грамматические и стилистические погрешности. Например, имеются некорректные записи «...то есть пренебрежимо малой. Для этого необходимо..» (стр. 98-99); разноречивой постановкой точек после рисунков (Рис.4.11 и Рис.5.12.) и др.

Кроме того, что для лучшего понимания излагаемого материала надо было более подробно описывать методики и результаты проведенных.

8. Заключительная оценка диссертационной работы

Основные положения диссертационной работы отражены в 30 научных работах, в том числе 8 статьях в рецензируемых изданиях по Перечню ВАК, в 3 патентах РФ на изобретения, 1 патенте на полезную модель, опубликованных в период с 2012 по 2017 гг. В отношении публикаций работа соответствует положению ВАК.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и позволяет судить об основных положениях, изложенных в главах 1-5, целях и задачах исследований, научных выводах и результатах.

Степень апробации основных положений работы путем опубликования в печати, докладов на научно-технических конференциях различного уровня и использования в производстве достаточна.

Результаты выполненных исследований имеют практическую ценность и внедрены в производство.

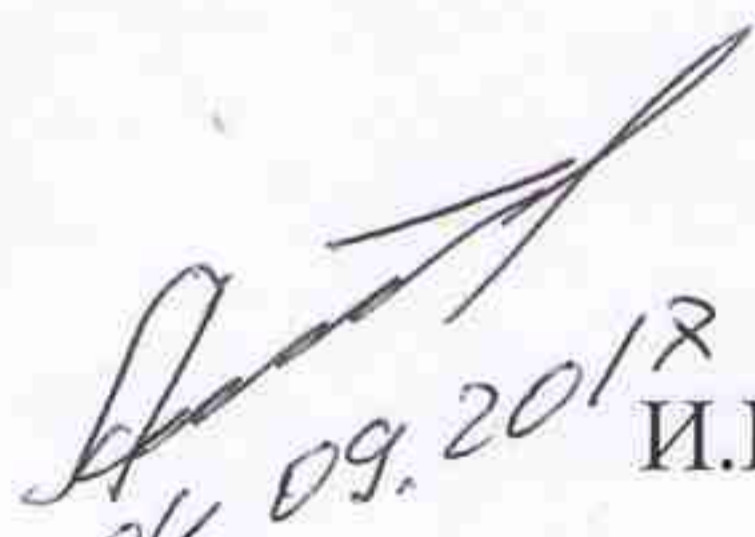
Диссертационная работа Низаметдинова А.М. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, содержащую решение актуальной задачи повышения точности и расширения диапазона измерения

вибровискозиметрических датчиков на основе электромеханических колебательных систем в нестационарных режимах работы.

Диссертационная работа Низаметдинова А.М. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.01 – Приборы и методы измерения по видам измерения (электрические измерения).

Соискатель Низаметдинова А.М. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор
кафедры «Авиационная техника»
Ульяновского института гражданской
авиации имени главного маршала
авиации Б.П. Бугаева (УИГА)


04.09.2017 И.В.Антонец

Подпись И.В.Антонца заверяю.
Начальник отдела управления персоналом
Ульяновского института гражданской
авиации имени главного маршала
авиации Б.П. Бугаева




С.А.Зинченко

Антонец Иван Васильевич
432071, г. Ульяновск, ул. Можайского, 8/8,
Тел.: 8(906) 394-28-66,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева».

Отзывом ознакомлен А.А. Низаметдинов

11.09.2017