

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.01

Повестка дня:

Защита диссертации **Низаметдиновым Азатом Маратовичем**
на соискание ученой степени *кандидата технических наук*:
**"Повышение точности вибровязкозиметрических датчиков
на основе электромеханических колебательных систем
в нестационарных режимах работы"**

Специальность:

**05.11.01 Приборы и методы измерения по видам измерения
(электрические измерения).**

Официальные оппоненты:

Лачин Вячеслав Иванович, доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Автоматика и
телемеханика», ФГБОУ ВО «Южно-
Российский государственный
политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова»,
г. Новочеркасск,

Антонец Иван Васильевич, доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры «Авиационная
техника» ФГБОУ ВО «Ульяновский
институт гражданской авиации имени
Главного маршала авиации
Б.П. Бугаева».

Ведущая организация - **АО «Ульяновское конструкторское бюро
приборостроения»**

Ульяновск - 2017

ЗАСЕДАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.01
от 11 октября 2017 года

на заседании присутствовали члены Совета:

1.	Ярушкина Н.Г., председатель Совета	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
2.	Киселев С.К. зам. председателя Совета	д.т.н., доцент	05.11.01	- технические науки
3.	Смирнов В.И., ученый секретарь Совета	д.т.н., профессор	05.11.01	- технические науки
4.	Афанасьева Т.В.	д.т.н., доцент	05.13.12	- технические науки
5.	Дьяков И.Ф.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
6.	Егоров Ю.П.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
7.	Епифанов В.В.	д.т.н., доцент	05.13.12	- технические науки
8.	Крашенинников В.Р.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки
9.	Клячкин В.Н.	д.т.н., профессор	05.11.01	- технические науки
10.	Негода В.Н.	д.т.н., доцент	05.13.05	- технические науки
11.	Самохвалов М.К.	д.ф-м.н., профессор	05.11.01	- технические науки
12.	Сергеев В.А.	д.т.н., доцент	05.11.01	- технические науки
13.	Соснин П.И.	д.т.н., профессор	05.13.12	- технические науки
14.	Ташлинский А.Г.	д.т.н., профессор	05.13.05	- технические науки

Председатель Совета,
д.т.н., профессор

Н.Г. Ярушкина

Ученый секретарь Совета,
д.т.н., профессор

В.И. Смирнов



Председатель

Уважаемые коллеги!

На заседании диссертационного Совета Д212.277.01 из **21** члена Совета присутствуют 14 человек. Необходимый кворум имеем.

Членам Совета повестка дня известна. Какие будут суждения по повестке дня? Утвердить? (принято единогласно).

По специальности защищаемой диссертации **05.11.01 Приборы и методы измерения по видам измерения (электрические измерения)** (технические науки) на заседании присутствуют 5 докторов наук.

Наше заседание правомочно.

Председатель

Объявляется защита диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук **Низаметдиновым Азатом Маратовичем** по теме: *"Повышение точности вибровискозиметрических датчиков на основе электромеханических колебательных систем в нестационарных режимах работы."*

Работа выполнена в Ульяновском государственном техническом университете.

Научный руководитель - **д.т.н., доцент Сергеев В.А.**

Официальные оппоненты:

Лачин Вячеслав Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика», ФГБОУ ВО "Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова", г. Новочеркасск,

Антонец Иван Васильевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Авиационная техника» ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева».

Присутствует 1 оппонент.

Письменные согласия на оппонирование данной работы от них были своевременно получены.

Ведущая организация - **АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения».**

Слово предоставляется **Ученому секретарю** диссертационного Совета д.т.н. **В.И. Смирнову Д212.277.01** для оглашения документов из личного дела соискателя.

Ученый секретарь

Соискателем **Низаметдиновым Азатом Маратовичем** представлены в Совет все необходимые документы для защиты кандидатской диссертации (зачитывает):

- заявление соискателя;
- копия диплома о высшем образовании (заверенная);
- справка об обучении в аспирантуре;
- заключение по диссертации от организации, где выполнялась работа;
- диссертация и автореферат в требуемом количестве экземпляров.

Все документы личного дела оформлены в соответствии с требованиями Положений ВАК.

Основные положения диссертации отражены **Низаметдиновым А.М.** в **30** научных работах, в т.ч. в **восьми** статьях в изданиях из перечня **ВАК и четырех патентах**. Соискатель представлен к защите **03.07.2017г.** (протокол №6). Объявление о защите размещено на сайте ВАК РФ **10.07.2017г.**

Дата защиты была изменена в связи с отсутствием кворума на заседании **27.09.2009** (протокол №7). Размещено объявление о переносе даты защиты на сайте организации, откорректирована дата защиты на сайте ВАК. Уведомлены об изменении даты защиты члены диссертационного совета, адресаты, которые ранее по списку рассылки были направлены диссертация и автореферат диссертации.

Вся необходимая информация по соискателю внесена в ЕГИСМ.

Председатель

Есть ли вопросы по личному делу соискателя к ученому секретарю Совета? (Нет).

Есть ли вопросы к **Низаметдинову А.М.** по личному делу? (Нет).

Азат Маратович, Вам предоставляется слово для изложения основных положений Вашей диссертационной работы.

Уважаемые члены диссертационного совета!

Вашему вниманию представляются результаты диссертационной работы на тему «Повышение точности вибровискозиметрических датчиков на основе электромеханических колебательных систем в нестационарных режимах работы».

Ключевыми физическими свойствами технологических жидкостей, определяющими их эксплуатационные характеристики, является зависимость плотности, вязкости от температуры и температура застывания. Для измерения этих характеристик используют различные методы. Одним из наиболее распространенных в исследовательской и производственной практике является вибрационный метод, реализуемый с помощью вибровискозиметрических датчиков (ВВД). В этом методе зонд, помещенный в жидкость, колеблется под действием внешней силы и по

параметрам колебаний зонда определяют физические параметры жидкости.

Общая структурная схема вибровискозиметрических датчиков показана на слайде и включает: источник (генератор) возбуждения, устройство возбуждения колебательной системы, чувствительный элемент в виде механической колебательной системы (КС), преобразователь перемещения чувствительного элемента в электрический сигнал – отклик, измеритель параметров отклика и, в частном случае – цепь обратной связи.

При измерении низкотемпературных свойств жидкости, например температуры застывания, жидкость охлаждают. С уменьшением температуры жидкости её вязкость и плотность возрастают, при этом изменяются и параметры КС ВВД: масса и коэффициент демпфирования. Параметры КС ВВД связаны с параметрами жидкости известными соотношениями.

Изменение параметров жидкости в процессе измерений приводят к нестационарному режиму работы КС ВВД. Источниками погрешностей измерения параметров КС в нестационарном режиме являются: инерционность КС, искажение формы колебаний, инструментальные ошибки измерения параметров колебаний КС. Существующие способы измерения параметров КС предназначены для стационарных режимов работы. Применение их в нестационарном режиме приводит к большим погрешностям измерения.

Например: в автоколебательном режиме при уменьшении добротности КС увеличивается неустойчивость, как амплитуды, так и частоты выходного сигнала ВВД. А при некоторых критических значениях добротности приводит к срыву генерации (до момента застывания жидкости).

В режиме вынужденных колебаний КС на фиксированной частоте изменение собственной частоты КС приведет к уменьшению амплитуды колебаний, что в свою очередь приведет к уменьшению отношения сигнала к шуму, тем самым вызывая дополнительные погрешности.

В режиме сканирования по частоте необходимо затрачивать большое время на процесс измерения, что, в свою очередь, не позволяет регистрировать быстрые изменения параметров КС.

Таким образом, цель диссертационной работы – повышение точности и расширение диапазона измерения вибровискозиметрических датчиков на основе электромеханических колебательных систем в нестационарных режимах работы.

При этом решались следующие задачи:

1. Численное моделирование переходных процессов в электромеханических КС;
2. Разработка и исследование способов повышения точности измерения параметров электромеханических КС;
3. Разработка экспериментальной установки для исследования эффективности предложенных способов;
4. Экспериментальная проверка и оценка метрологических характеристик предложенных способов;
5. Проведение сравнительных испытаний способов измерения собственной частоты и добротности КС.

На слайде представлены основные положения, выносимые на защиту.

1. Способ управления режимом возбуждения КС с поддержанием разности фаз между сигналом возбуждения и сигналом отклика КС, равной

90 градусов, путем подстройки частоты сигнала позволяет повысить отношение сигнал/шум и снизить погрешность измерения собственной частоты КС в нестационарном режиме работы.

2. Алгоритм дискретного управления частотой генератора сигнала возбуждения КС ВВД по отклонению разности фаз между сигналом возбуждения и сигналом отклика, обеспечивающий устойчивый режим поддержания разности фаз 90° .

3. Способ определения добротности электромеханических КС по их фазочастотной характеристике в режиме вынужденных колебаний с периодическим отклонением на заданное значение от $\pi/2$ разности фаз, который позволяет (при заданной погрешности) в 3...5 раз сократить время определения добротности КС.

4. Результаты экспериментального исследования предложенных способов возбуждения КС ВВД, подтверждающие уменьшение погрешности и расширение рабочего диапазона измерения теплофизических характеристик жидкостей, по сравнению с ранее используемыми способами возбуждения.

На слайде представлена модель КС с изменяющимися параметрами. Было получено численное решение этого уравнения с линейно изменяющейся присоединенной массой (m) и коэффициентом демпфирования (h) КС. Численные значения параметров модельной КС выбирались равными параметрам КС в реальном ВВД. Показано, для КС с линейно растущей присоединенной массой максимум амплитудной характеристики смещен по сравнению с расчетным значением для стационарного режима, при этом разность фаз в максимуме амплитуды не равна 90° .

Поскольку непосредственно измерить мгновенное значение изменяющейся массы механической КС не представляется возможным, для экспериментальной проверки результатов компьютерного моделирования в соответствии с принципом электромеханической аналогии были проведены измерения параметров колебаний в последовательном колебательном контуре. В качестве аналогии изменяющейся массы механической КС в электрической КС линейно изменялась индуктивностью. Эксперимент показал хорошее соответствие расчетных и экспериментальных характеристик, как для амплитудной, так и для фазовой характеристики.

По результатам численного моделирования получили, что погрешность определения собственной частоты КС по максимуму амплитуды примерно в два раза больше, чем по сдвигу фазы. При этом указанные погрешности растут практически линейно с увеличением скорости изменения присоединенной массы. Из представленных зависимостей видно, что относительная ошибка определения присоединенной массы меньше при измерении по 90 градусов разности фаз между возбуждающей силой и сигналом отклика. В то же время измерение коэффициента демпфирования по уровню 90 градусов разности фаз приведет к большим погрешностям, по сравнению с измерениями по максимуму амплитуды.

Для случая линейно изменяющегося коэффициента демпфирования собственная частота КС не изменяется, и из-за инерционности КС при линейном изменении коэффициента демпфирования возникает погрешность измерения только коэффициента демпфирования вплоть до скоростей изменения коэффициента демпфирования, приводящих к критическим и субкритическим затуханиям в КС.

На основе анализа полученных результатов был предложен способ возбуждения КС, работающих в нестационарных режимах, с поддержани-

ем разности фаз между сигналом отклика и сигналом возбуждения равной 90 градусов путем подстройки частоты сигнала возбуждения. Структурная схема датчика, реализующего этот способ, приведена на слайде. Способ позволяет упростить алгоритм и повысить точность определения параметров КС за счет того, что крутизна фазо-частотной характеристики (ФЧХ) на уровне 90 градусов и отношение сигнал к шуму максимальны.

В случае невозможности корректного измерения амплитуды колебаний КС предложен способ определения добротности по фазо-частотной характеристике. Суть способа заключается в определении значения собственной частоты КС и частоты колебаний при заданном отклонении разности фаз от 90 градусов. По полученным значениям частот производится расчет добротности по выражению, приведенному на слайде. Способ позволяет в 3...5 раз сократить время определения добротности КС относительно известного способа сканирования по частоте.

Для экспериментального исследования была создана экспериментальная установка на базе аппаратно-программного комплекса (АПК) с ВВД. АПК кроме ВВД, включает два датчика температуры и оптический датчик. При проведении совместных измерений в АПК реализована синхронизация моментов опроса четырех датчиков с фазой колебаний КС. Устройство управления создано на базе микроконтроллера. В качестве генератора возбуждения используется встроенный генератор микроконтроллера. Сигнал датчика положения несет информацию о частоте, амплитуде и фазе колебаний зонда, которые определяются методом дискретных выборок с помощью АЦП.

При работе датчика в предлагаемом режиме возбуждения неизбежны отклонения разности фаз от опорного значения в силу ограниченного быстродействия системы подстройки частоты. На основе анализа устойчивости системы с дискретной подстройкой частоты было предложено выбирать шаг перестройки частоты генератора ($\Delta\omega$) таким, чтобы изменение частоты на этот шаг приводило к изменению разности фаз ($\Delta\phi$) на величину равную фазовым шумам (Ψ_ϕ) в системе.

Для оценки инструментальной погрешности АПК был проведен ряд испытаний. Результаты оценок приведены на слайде. Подтверждено, что амплитудная характеристика ВВД линейна, а относительная погрешность измерения частоты убывает с ростом амплитуды сигнала возбуждения КС.

Проведенные испытания на АПК подтвердили результаты моделирования. В частности, при вычислении добротности и собственной частоты КС по амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристике было подтверждено, что отношение сигнал/шум максимально на уровне 90 градусов ФЧХ, т.е. при максимальной крутизне ФЧХ.

Оценка стабильности выходного сигнала ВВД в стационарных условиях измерения для автоколебательного режима (режим А) и предложенного режима возбуждения (режим В) показала, что стабильность частоты колебаний ВВД в предложенном режиме возросла на порядок по сравнению с автоколебательным режимом. При этом погрешность измерения амплитуды уменьшилось примерно на 20%.

На слайде представлены зависимости амплитуды выходного сигнала ВВД и относительные погрешности измерения амплитуды для различных режимов возбуждения на примере испытания калибровочной жидкости тридекана. Из полученных зависимостей видно, что контролируе-

мый температурный диапазон ВВД при возбуждении предложенным способом больше, чем при стандартных способах измерения.

Измерения частоты и фазы ВВД в тридекане вблизи точки застывания показали, что предложенная система управления возбуждением КС ВВД поддерживает разность фаз 90 градусов в развитом процессе застывания.

Были проведены статистические испытания созданного АПК на образцах различных топлив – результаты которых представлены на слайде. Статистические результаты показали, что применение предложенного способа позволяет уменьшить среднеквадратическое отклонение измерения температуры застывания в 1,8 раза.

Результаты диссертационного исследования были получены и использовались при проведении различных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. По материалам диссертации опубликованы статьи и получены патенты.

На слайде представлены основные результаты и выводы. Прошу разрешить их не зачитывать.

Спасибо за внимание!

Председатель

У кого есть вопросы к соискателю?

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Покажите, пожалуйста, одиннадцатый плакат. Данный плакат называется: «Экспериментальная проверка результатов компьютерного моделирования». Вы не уверены в этих результатах и решили это проверить с помощью эксперимента? Меня смущает то, что вы получили красивую гладкую экспериментальную кривую, без помех. Как получены результаты измерения?

Соискатель

На графике точками представлены единичные измерения, а кривая является аппроксимирующей. Представленный эксперимент проводился не однократно (при одинаковых условиях). Полученные данные были усреднены.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

На данном графике есть отклонение от результатов моделирования и экспериментальных данных. Вы довольны полученными результатами?

Соискатель

Эксперимент показал, что ход кривых – как амплитудных, так и фазовых характеристик, совпадает с результатами моделирования. Я удовлетворен полученными результатами. Более того, дальнейшее исследование показало, что отклонение результатов моделирования и эксперимента вызвано ускорением свободного падения, которое я, к сожалению, не учел при моделировании. Представленные на слайде результаты отражены в диссертации.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Слайд шестой, задачи, решаемые в работе. Самая первая задача: численное моделирование переходных процессов в механической колебательной системе. Такими системами уже давно занимаются. Что конкретно вы исследовали?

Соискатель

Я исследовал, как изменение коэффициента демпфирования и присоединённой массы влияют на параметры колебательной системы. На основании проведенного моделирования был предложен способ, который позволяет уменьшить погрешности измерения параметров КС относительно известных (стандартных) способов измерения.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Способ мне понятен. По моему мнению, такие результаты должны были быть получены другими исследователями уже давно.

Соискатель

Возможно, в литературе и есть похожие результаты, но, к сожалению, я не смог найти исследования с аналогичными результатами.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Откройте слайд семнадцатый. Верхний рисунок, вы аппроксимируете ваши экспериментальные данные с помощью какого-то очень громоздкого уравнения, и у меня тут несколько вопросов. Что это за отрицательное время на горизонтальной оси?

Соискатель

Нулевой момент времени, это момент, в котором была перестроена частота выходного сигнала генератора на искусственно увеличенный шаг. Отрицательное время - это до перестройки частоты, а положительное - после.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Из каких соображений такое громоздкое выражение вы взяли? Как определяли параметры этого уравнения и почему такое несовпадение?

Соискатель

Согласен, что есть довольно большое отклонение. Это уравнение позволяет определить время, за которое происходит установление переходных процессов в КС. А также, если не превышать значения, которые получаются данным выражением, гарантированно не будет превышать уровень фазовых шумов в измеряемом тракте реальной системы. Этого для меня было достаточно.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Сама структура уравнения из каких соображений выбиралась, была получена?

Соискатель

Вывод самого уравнения представлен в тексте диссертации. Уравнение показывает, как меняется разность фаз от времени в КС.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

Т.е. аналитические соображения заложены?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

На девятнадцатом слайде слева у вас результаты реальных измерений, а справа – результаты моделирования. Визуально достаточно сильно отличается левый график от правого.

Соискатель

На мой взгляд, довольно малое отличие. Позвольте объяснить. На левых графиках представлен результат вычислений по реальным данным – амплитудно-частотным и фазо-частотным характеристикам КС. На правых графиках представлены результаты вычисления по модельным характеристикам КС с наложенными шумами. Величина шумов выбиралась равной шумам в реальной КС. В реальном эксперименте относительно моделирования наблюдается отклонение (от оси X). Это было отражено в тексте диссертации и является следствием неидеальности реальных характеристик КС, и зависит от конкретного экземпляра датчика.

д.т.н., профессор Клячкин В.Н.

На графиках хорошо видно отклонение. Было бы хорошо сопоставить данные графики.

Соискатель

Возможно, эти отклонения и имеют зависимости, но, к сожалению, я не искал их и не сопоставлял. В дальнейших работах я постараюсь это сделать.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Вы решали численным методом дифференциальное уравнение?

Соискатель

Да.

д.т.н., профессор Крашенинников В.Р.

Каким методом?

Соискатель

Численное решение проводилось в программе MathCad. В тексте диссертации на с.50 есть описание. Для численного решения дифференциального уравнения использовался методом Рунге-Кутта.

д.т.н., профессор Смирнов В.И., ученый секретарь Совета

По поводу погрешностей. Величины, которые Вы тут привели, впечатляют. Инструментальная погрешность 0,5%, случайная тоже на этом уровне. Представленные на двадцатом слайде погрешности, это относительная погрешность выборки, серии или относительная погрешность среднеарифметической?

Соискатель

Относительная погрешность от среднеарифметического, измеренного за 10 минут.

д.т.н., профессор Смирнов В.И., ученый секретарь Совета

Если взять более тысячи измерений, усреднив, вы можете свести погрешность измерения к нулю? Вы брали серию испытаний?

Соискатель

Да, серию испытаний.

д.т.н., профессор Смирнов В.И., ученый секретарь Совета

В результатах вы указали инструментальную погрешность в 0,5%. Это только погрешность АЦП или что-то еще? Что является источником инструментальной погрешности?

Соискатель

Эти погрешности связаны с помехами, возникающими в усилительных трактах. Я все устранить не смог. Также здесь сказывалась и наводка на электрические схемы. На самом деле данные результаты очень хорошие для механической КС. В статьях других авторов погрешности, как правило, на порядок выше. Это реальный эксперимент.

д.т.н., профессор Смирнов В.И., ученый секретарь Совета

Вы вязкость не определяете?

Соискатель

Нет. Я определяю изменение вязкости.

д.т.н., профессор Смирнов В.И., ученый секретарь Совета

Если откалибровать ваш датчик на известных жидкостях, то будет возможность сравнить с известными результатами. И у нас было бы больше доверия к представленным результатам. Сейчас результаты отличные, а насколько точно измеряется вязкость вашим датчиком?

Соискатель

Эта работа в дальнейшем еще будет проведена. Более того, такие работы с другими подобными системами проводились такими авторами как: Подгорнов, Соломин. Такие работы проводились уже. Главная задача была определить низкотемпературные параметры топлив, такие как температура застывания.

д.т.н., профессор Смирнов В.И., ученый секретарь Совета

Такие работы, сравнения уже проводились?

Соискатель

Да, такие сравнения проводились. Но не мной. И я их как свои не могу приводить.

д.т.н., профессор Егоров Ю.П.

На плакате №2. Где тут доказательство актуальности?

Соискатель

ВВД на сегодняшний день широко используются в производстве. Особенно при измерении параметров технологических жидкостей, таких как температура замерзания моторного масла или керосинов в авиации.

д.т.н., профессор Егоров Ю.П.

В чем заключается ценность работы для науки, для практики?

Соискатель

Главная цель была усовершенствовать уже существующую систему с помощью предложенного способа. Цель была достигнута.

д.т.н., профессор Егоров Ю.П.

На шестнадцатом плакате упоминаете комплекс, вы его заимствовали или спроектировали сами?

Соискатель

Данный комплекс полностью был спроектирован мной, начиная от «железа» до программных средств.

д.т.н., профессор Егоров Ю.П.

Это не являлось предметом диссертационной работы?

Соискатель

Да. Не являлось предметом защиты.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Как можно охарактеризовать область применения результатов работы?

Соискатель

Данный результат работы можно применить не только для вибро-визкозиметрических датчиков, но и других датчиков с КС с низкой добротностью. Например: измерение величины влажности древесины, для выявления трещин в механических конструкциях и т.д.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

У Вас написано, что результаты работ использовались в НИОКРах, а в промышленных условиях есть применение?

Соискатель

Результаты применены при разработке аппаратно-программного комплекса, который сейчас реализуется в ООО «Малое инновационное предприятие «Микроэлектронный контроль». Результаты работ использовались при проведении НИР в Ульяновском филиале Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

На плакате двадцать три, откуда получены данные?

Соискатель

Каждая из проб, представленных на слайде, исследовалась на аппаратно-программном комплексе. Измерялась температура застывания. Каждая проба измерялась девять раз. По полученным данным находилось отклонение от измерений по ASTM стандарту. Получены средне-квадратические отклонения.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Откуда пробы взяты? Вы сами отбирали?

Соискатель

Пробы получены от наших коллег из Австрии, которые заинтересовались нашими исследованиями.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

Есть зарубежные аналогичные датчики?

Соискатель

Да. Есть подобные устройства канадской фирмы с чуть лучшими параметрами. Отечественные же устройства, такие как «ЛАЗ» серии, или приборы украинского производства, имеют погрешность измерения плюс/минус 2 градуса Цельсия. В нашем случае, применив предложенный способ, удалось получить погрешность измерения плюс/минус 1 градус Цельсия.

д.т.н., доцент Епифанов В.В.

В результате работ ни слова об эффективности, нет никаких оценок ухудшения/улучшения качества, надежности. Где цифры какиенибудь?

Соискатель

В 1,8 раз улучшилось среднеквадратическое отклонение измерения температуры застывания относительно традиционных способов измерения.

д.т.н., профессор Ярушкина Н.Г., председатель Совета

Эти цифра в положении (заключении) есть?

Соискатель

Да, есть.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

На четвертом плакате слева и справа представлены графики. Какова температура воспламенения бензинов? Как Вы измеряли параметры бензинов с начальной температурой плюс сорок градусов Цельсия?

Соискатель

Представленные графики получены не мной. Они приведены для примера из литературы. При проведении испытаний бензинов максимальная температура было 20 градусов Цельсия.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Вы определяли вязкость бензинов? Какое оборудование применяли?

Соискатель

Определялось относительное изменение вязкости в ходе измерений? Использовался аппаратно-программный комплекс, разработанный мной.

д.т.н., профессор Дьяков И.Ф.

Почему на графиках разные величины измерения на правом в стоксах, на левой в сантистоксах? Для чего средний график? Что за жидкость?

Соискатель

Данные графики представлены для демонстрации. На центральном графике представлена жидкость тридекан.

д.т.н., доцент Киселев С.К. зам. председателя Совета

Азат Маратович, откройте шестнадцатый плакат. Вы в докладе сказали, что в своем датчике используете микропроцессорную систему. Сам электромагнит сидит в конструкции датчика. А вот генератор внешний. Это что за генератор?

Соискатель

Это внутренний генератор микроконтроллера. ШИМ генератор, который программируется внутренними средствами микроконтроллера.

д.т.н., доцент Киселев С.К. зам. председателя Совета

Вы импульсной модуляцией возбуждали гармонические колебания?

Соискатель

Да. Вопрос возможности возбуждения подобных систем ШИМ модуляторами в работе рассматривался. Приведены ссылки на работы, в которых проведен анализ такого вида возбуждения.

д.т.н., доцент Киселев С.К. зам. председателя Совета

Этот вопрос отдельно рассматривался?

Соискатель

Да. В работе рассматривался.

д.т.н., доцент Киселев С.К. зам. председателя Совета

А можно применять генераторы гармонического колебания?

Соискатель

Да, можно. Этот вопрос рассматривался.

д.т.н., доцент Киселев С.К. зам. председателя Совета

Может, будет лучше выбрать генераторы гармонических колебаний? Тем более что вся Ваша работа построена на сдвигах разностей фаз.

Соискатель

Сначала было проще определять разность фаз по франтам прямоугольного импульса. Сейчас переходим к синтезаторам частоты. Эта работа ведется в лаборатории.

Согласны ли члены Совета сделать технический перерыв? (Нет).

Тогда продолжаем работу.

Слово предоставляется научному руководителю работы **д.т.н. Сергееву Вячеславу Андреевичу**.

Азат Маратович является выпускником УлГТУ. Он прошёл весь путь от абитуриента до защиты диссертации (бакалавриат, магистратура, аспирантура). Он начал научную деятельность, научную работу со второго курса. Он начинал с простых задач. А теперь есть вполне приличная работа. Я хочу сказать, что в период его учебы не было ни одного молодежного конкурса, в котором бы Азат не участвовал. Он является победителем конкурса «У.М.Н.И.К», он руководитель проекта по программе «Старт» по данной тематике. В 2015 году он получил первую премию всероссийского молодежного конкурса с данной разработкой. Он настойчиво, упорно этой тематикой занимался. Надо сказать, что сама тематика достаточно сложная. Кроме измерительных задач (как измерить фазу или амплитуду), нужно было хорошо понимать физику колебательных систем, особенно механические колебательные системы и их особенности при измерении параметров сред. Когда параметры меняются, и нужно понять насколько сильно они меняются по сравнению со стационарными режимами. Мне кажется, что Азат с этим успешно справился, разобрался. Он работал упорно, во многом самостоятельно. Есть публикации даже с единоличным авторством. Кроме его инженерных, изобретательских способностей у него, на мой взгляд, достаточно зрелый мозг аналитика, он может анализировать полученные результаты и делать правильные выводы. И я считаю, что он вполне созревший ученый исследователь, который имеет перспективы дальнейшего роста.

Кроме этого я забыл сказать, что он руководитель малого инновационного предприятия, созданного при УлГТУ. Т.е. инновационная деятельность плюс хорошие навыки исследователя.

Прошу совет меня поддержать! Спасибо!

Председатель

Ученому секретарю Совета предоставляется слово для оглашения заключения организации, где выполнялась работа, и отзыва ведущей организации.

Ученый секретарь оглашает заключение организации, где выполнялась работа. Затем зачитывает отзыв ведущей организации.

(Заключение и отзыв прилагаются).

Председатель

На автореферат диссертации поступило 9 отзывов, все они положительные. Согласны ли члены Совета заслушать обзор отзывов или зачитать их полный текст?

Слово для обзора отзывов, поступивших на диссертацию, представляется **Ученому секретарю Совета**.

Ученый секретарь зачитывает обзор отзывов.

(Отзывы прилагаются).

1. Саровский физико-технический институт национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (СарФТИ НИЯУ МИФИ)

Отзыв подписан заведующим кафедрой общей физики, д.ф.-м.н., доцентом **Шевяховым Н.С.**

Замечание:

- во многих местах автореферата указывается на необходимость таких регулировок возбуждающей частоты датчика, чтобы разность фаз сигналов возбуждения и отклика сохранялись на уровне $\pi/2$. Указывалось также и проиллюстрировано на рис.15, что при этом достигается максимальная точность измерений. Возможно, за этим стоят какие-то фундаментальные физические причины, но на этот счет пояснения, даже в гипотетической форме, отсутствуют.

2. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева

Отзыв подписан заведующим кафедрой систем автоматизированного проектирования, д.т.н., профессором **Беловым В.Ф.**

Замечания:

- анализ работы колебательной системы в нестационарном режиме выполнен только для случая изменения во времени массы и коэффициента демпфирования, при этом жесткость системы не вполне обоснованно принималась постоянной;
- результаты численного моделирования работы колебательной системы в нестационарном режиме подтверждены экспериментально только для случая изменения во времени одного параметра (эквивалента массы).

3. АО «Ульяновский механический завод»

Отзыв подписан ведущим инженером-конструктором-руководителем группы, к.т.н. **Подгорновым А.А.** и начальником Центра подготовки, переподготовки персонала и специалистов инозаказчика, к.т.н. **Гульшиным В.А.**

Замечания:

- недостаточно подробно описан способ определения добротности электромеханических КС по их фазо-частотной характеристике в режиме вынужденных колебаний;
- экспериментальные исследования модельной жидкости проведены только при скорости охлаждения (температурном темпе) $0,3^\circ\text{C}/\text{с}$ (стр.17 автореферата). Также желательно было бы уточнить, как изменяются погрешности измерения при изменении скорости охлаждения (температурного темпа) проб;
- отсутствуют сравнительные данные по точности и диапазонам измерений анализатора низкотемпературных свойств нефтепродуктов, разработанного диссертантом, и аналогичных современных отечественных и зарубежных приборов.

4. Алтайский государственный университет

Отзыв подписан заведующим кафедрой вычислительной техники и электроники, д.т.н., профессором **Седалищевым В.Н.**

Замечание:

- как влияет добротность и рабочая частота колебательной системы на погрешность измерения вязкости при нестационарных режимах работы датчика?

5. Ульяновский государственный университет.

Отзыв подписан ведущим научным сотрудником НИТИ УлГУ, профессором кафедры радиопизики и электроники, д.ф.-м.н., **Санниковым Д.Г.**

Замечания:

- практическая значимость (стр., 2-й абзац снизу) сформулирована, на мой взгляд, слишком размыто;
- из текста автореферата остается неясным, подтверждена ли достоверность полученных в главе 2 результатов сравнением с экспериментальными данными других авторов.
- мелкие замечания: не расшифрован термин «СКО» (стр.14) – средне-квадратическое отклонение (или ошибка?); неточно указано название специальности 05.11.01 (стр.1).

6. Вольский военный институт материального обеспечения (филиал) федерального казенного военного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва» Министерства обороны Российской Федерации

Отзыв подписан профессором кафедры ракетного топлива и горючего, к.т.н., профессором **Галкиным В.Б.**

Замечания:

- в качестве замечания выскажу пожелание более внимательно относиться к маркировке трансформаторных масел в соответствии со стандартами и техническими условиями.

7. Тольяттинский государственный университет

Отзыв подписан профессором кафедры электроснабжения и электротехники, д.т.н., доцентом **Кувшиновым А.А.**

Замечания:

- из автореферата неясно, каким образом в аппаратно-программном комплексе осуществляется синхронизация моментов выборок АЦП с фазой выходного сигнала вибровискозиметрического датчика.

8. АО «НПО «Марс»

Отзыв подписан заместителем начальника НИО-20, главным конструктором, к.в.н. **Берестневым Ю.И.** и главным специалистом, к.т.н., доцентом **Кальниковым В.В.**

Замечания:

- в таблице 1 заявлены, но не представлены результаты измерения частоты выходного сигнала ВВД при размещении зонда ВВД в различных средах;
- в тексте автореферата встречаются редакционные неточности и погрешности.

9. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

Отзыв подписан заведующим кафедрой «Приборы и информационно-измерительные системы», заслуженным изобретателем Республики Татарстан, заслуженным работником высшей школы РФ, д.т.н., профессором **В.М. Солдаткиным.**

Замечания:

- не приводятся сведения о доверительном интервале и доверительной вероятности погрешности, приведенных в табл. 1 на стр.16.
- в подрисуночной надписи на рис.14 погрешность измерения почему-то названа «ошибкой».

- не сформулирована научная задача исследования, хотя приводятся направления её решения.

Председатель

Слово для ответа на замечания по заключению и отзывам предоставляется соискателю.

Соискатель

По вопросам ведущей организации. С первым, вторым и четвертым замечаниями я согласен. По третьему замечанию хочу пояснить, что в микроконтроллерную систему вшита зависимость уровня фазовых шумов от амплитуды выходного сигнала ВВД и шага перестройки, о чем есть указание в тексте диссертации. По пятому замечанию: в автореферате действительно нет описания этого способа, но в тексте диссертации на стр. 126 он описан. Оценки погрешностей приведены в приложении Ж.

По замечаниям на автореферат.

По замечанию профессора Шевяхова. В тексте диссертации отмечено, что и крутизна и отношение сигнал/шум ФЧХ ВВД при разности фаз 90 градусов максимальны.

По первому замечанию профессора Белова В.Ф. КС ВВД, как правило, конструктивно выполняют таким образом, чтобы один из трех элементов КС был постоянным для упрощения расчета параметров жидкости. Массу и коэффициент демпфирования КС ВВД поддерживать постоянными невозможно, а коэффициент жесткости можно. Со вторым замечанием профессора Белова В.Ф. согласен.

С первым и третьим замечанием специалистов Ульяновского механического завода согласен. По второму замечанию. Исследования тестовых жидкостей проводились при разных скоростях охлаждения, а в автореферате приведен один конкретный пример.

С замечанием профессора Седалищева согласен.

С замечаниями профессора Санникова согласен.

По замечанию Галкин В.Б. Маркировка трансформаторного масла, использованного в эксперименте, была взята из его паспорта.

С замечанием профессора Кувшинова А.А. согласен.

Первое замечание специалистов НПО Марс не очень понятно, поскольку частота выходного сигнала ВВД в таблице 1 автореферата указана. Со вторым замечанием согласен.

С замечаниями профессора Солдаткина согласен.

Председатель

Официальный оппонент **д.т.н. Лачин Вячеслав Иванович** отсутствует по уважительной причине.

Прошу ученого секретаря зачитать отзыв.

Ученый секретарь зачитывает отзыв.

(Отзыв прилагается).

Председатель

Соискателю предоставляется слово для ответа на замечания оппонента.

Соискатель

По замечаниям профессора Лачина В.И. С замечаниями с первого по третье согласен. По четвертому замечанию: результаты вычисления добротности и собственной частоты КС с учетом шумов при отклонении разности фаз от 90 градусов приведены в разделе 5.2 диссертации, как для смоделированного случая, так и для реального ВВД. По пятому замечанию: результаты многократных измерений просто усреднялись, то есть вычислялось их среднеарифметическое значение. С замечаниями с шестого по восьмой – согласен.

Председатель

Слово для отзыва предоставляется официальному оппоненту – **д.т.н. Антонцу Ивану Васильевичу.**

д.т.н. доцент Антонц И.В.

Я не буду останавливаться на структуре и объеме диссертации, а подробнее расскажу об актуальности темы.

Для преобразования технологического параметра в частоту используются частотные датчики, среди которых лучшие метрологические характеристики имеют датчики с 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 распределенными механическими параметрами. В механических колебательных системах проявляется нелинейность, которая обусловлена отклонением упругих свойств материала резонатора от закона Гука. Вследствие этого явления эквивалентная жесткость и масса резонатора становятся периодическими функциями, и провоцируют появление параметрического резонанса с отклонением от 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.

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.

Оценка новизны исследований, она была очевидна, и я считаю, что перечислять все эти положения не нужно. Они хорошо представлены и в самой диссертации и на плакатах.

Оценка обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений. По первой главе у меня замечаний нет.

Выводы второй главы отражают результаты анализа математической модели КС ВВД с линейно изменяющимися параметрами в режиме вынужденных колебаний. Хотелось бы отметить, что данная математическая модель не учитывает формы, материала КС. Это, наверное, может

найти отражение в дальнейшей работе. Пока сама КС взята как априори уже готовая.

Выводы третьей главы отражают результаты работы соискателя по созданию оригинального способа управления режимом возбуждения. Так как в известных частотных преобразователях, в частности, в авиации используются частотные преобразователи давления статического и полного. В этих устройствах частота наоборот поддерживается постоянной. В данной работе наоборот, и я такого не встречал.

Выводы четвертой главы отражают результаты работы соискателя по созданию конструкции ВВД с КС камертонного типа. Приведены оценки методической и инструментальной погрешности, но здесь хотелось бы увидеть сравнительную оценку разработанной и известных конструкций.

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 градусов.

Замечания по работе. К недостаткам рецензируемой работы можно отнести следующее:

- недостаточно 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.

Форма изложения. Диссертация написана на удовлетворительном литературно-техническом уровне. Однако в тексте имеют место грамматические и стилистические погрешности. Кроме того, для лучшего понимания излагаемого материала надо было более подробно описывать методики и результаты проведенных исследований.

Заключительную оценку я не буду зачитывать.

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 Низаметдинов А.М. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Спасибо!

(Отзыв прилагается).

Председатель

Слово для ответа на замечания оппонента предоставляется соискателю.

Соискатель

С первыми тремя замечаниями я согласен. Четвертое и пятое замечания будут учтены при проведении дальнейших исследований, так как работы не останавливаются в данном направлении.

Председатель

Кто хочет выступить?

д.т.н., профессор Смирнов В.И., ученый секретарь Совета

Я эту работы знаю довольно хорошо, так как с Азатом Маратовичем работаем в соседних лабораториях. Я наблюдаю за ним и за этой работой уже лет семь – восемь. Хотя сам по себе был прибор «ИРЭН2.0», а теперь версия «ИРЭН2.5», так что прошло развитие.

Что мне категорически не понравилось в этой работе, и в самом докладе, так это то, что наиболее важная часть, с моей точки зрения, она ушла как-то очень далеко. Правда, в ответах на вопрос звучало, что аппаратно-программный комплекс сделал сам, разработал алгоритмы. Эта часть ушла полностью. Толи из-за того, что когда-то давно, лет десять назад Подгорнов защищался по этой работе, но это был «ИРЭН1.0», и «ИРЭН2.5» – это две большие разницы. По этому смело можно было этот прибор представлять, говорить. Так как это реально, на хорошем уровне выполненная работа. Это прибор, который доведен до коммерческого вида, который продается, хоть и в небольших количествах. А вместо этого пошло моделирование очень большой кусок. Да, это, конечно, важно. Но хотелось бы услышать, а что этот новый датчик дал этому прибору? Как я понимаю, он уже стоит в новом приборе, в последней версии. И мне кажется, нужно было говорить о новом приборе. Это с моей точки зрения упущение. Может это

страх того, что не впишется в нашу специальность в электрические измерения.

Что же касается самого соискателя, то я понимаю, что он давно уже достиг уровня кандидата наук. Приходилось с ним общаться, обсуждать вместе работы. И тут никаких сомнений в том, что он достоин ученой степени.

д.т.н., профессор Ташлинский А.Г.

Азата Маратовича я знаю давно, так как он заканчивал нашу кафедру (более десяти лет получается). Стоит отметить, что все эти годы он шел по возрастающей, с точки зрения своей будущей начальной профессии, потом к текущей профессии. Как сейчас модно говорить: его компетенции постоянно возрастают. Зная это можно предположить, что он и дальше будет расти в профессиональном смысле и в том числе и эту работу не бросит, и будет совершенствовать. Работа в целом очень честная, в том плане, что она самостоятельная. Очень много экспериментальных вещей сделано. Емугодились полученные технические навыки. В теоретическом плане, с точки зрения математического аппарата, так как моделировались колебательные системы и нестационарные режимы – эти вопросы достаточно близкие для меня. Что было упущено – это реализация микропроцессорная программного обеспечения и так далее. В этом плане работа вызывает уважения. Конечно, хочется, чтобы не было недостатков, без которых работы не бывают. В частности: если проверяется адекватность модели, конечно, это должны быть численные характеристики. Это же касается и погрешности среднего значения. Жалко, что не были применены вариационные принципы, которые позволили бы учесть и гравитационные составляющие и многое другие. К сожалению, этому не учат в традиционной математике. Но в целом работа состоявшаяся и достаточно основательная. И поэтому я считаю, что она заслуживает искомой степени. Спасибо!

д.т.н., доцент Киселев С.К. зам. председателя Совета

На самом деле все замечания, которые прозвучали здесь по работе, например: нелинейность, которую не учли, материалы из которых сделана КС, какие-то особенности технической реализации возбуждения КС. Да, все эти вопросы в конкретной технической разработке они присутствуют. И я так думаю, то, что они здесь не прозвучали связано с ограниченностью времени доклада и со спецификой, наверно, диссертационного исследования, как научного исследования. Как к диссертационному исследованию у большинства присутствующих, наверно, вопросов нет. Достаточно четкая постановка задачи, понятные методы решения этой задачи. Да, можно указать почему они выбраны так? На какие-то из этих вопросов Азат Маратович дал ответы, а какие-то показались не до конца обоснованными. Но, тем не менее, результат получен. То, что работа внедрена и реально используется – это большой положительный результат. И кроме того, почему мне эта работа понравилась? На самом деле я сталкивался по своей работе с Азатом Маратовичем и я видел, что он разрабатывал другие приборы в той же специальности, но другие. Для меня, когда он пришел с представлением диссертации, была небольшая неожиданность. Новая тема и человек решил эту тему на уровне диссертации.

И вот то, что он занимался разработкой одних приборов, других, третьих, безусловно говорит о его квалификации. И я думаю, что его квалификация на данный момент полностью соответствует исконной степени.

Председатель

Кто еще хочет выступить? Нет желающих?

Соискателю предоставляется заключительное слово.

Соискатель

Соискатель поблагодарил своего научного руководителя, своих коллег и диссертационный совет, за предоставленную возможность.

Председатель

Переходим к голосованию. Какие будут предложения по составу счетной комиссии? Поступили предложения включить в состав счетной комиссии Негодю В.Н., Самохвалова М.К. и Соснина П.И.

Прошу голосовать. Возражений нет.

Председатель

Прошу счетную комиссию приступить к работе.

(Счетная комиссия организует тайное голосование).

Председатель

Коллеги! Продолжаем нашу работу. Слово предоставляется председателю счетной комиссии Самохвалову М.К.

Оглашается протокол счетной комиссии.
(Протокол счетной комиссии прилагается).

Кто против? (Нет).

Кто воздержался? (Нет).

Протокол счетной комиссии утверждается.

Таким образом, на основании результатов тайного голосования (за - 14, против - нет, недействительных бюллетеней - нет) диссертационный совет Д212.277.01 при Ульяновском государственном техническом университете признает, что диссертация **Низаметдинова Азата Маратовича** содержит новые решения по повышению точности вибровискозиметрических датчиков на основе электромеханических колебательных систем в нестационарных режимах работы, соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 "Положения" ВАК), и присуждает **Низаметдинову Азату Маратовичу** ученую степень кандидата технических наук по специальности **05.11.01.**

Председатель

У членов Совета имеется проект заключения по диссертации **Низаметдинова А.М.** Есть предложение принять его за основу. Нет возражений? (Нет). Принимается.

Какие будут замечания, дополнения к проекту заключения?

(Обсуждение проекта) .

Председатель

Есть предложение принять заключение в целом с учетом редакционных замечаний. Нет возражений? Принимается единогласно.

Заключение объявляется соискателю.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.277.01 НА БАЗЕ
ФГБОУ ВПО «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 11.10.17 № _____

О присуждении Низаметдинову Азату Маратовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение точности вибровискозиметрических датчиков на основе электромеханических колебательных систем в нестационарных режимах работы» по специальности 05.11.01 «Приборы и методы измерения по видам измерения (электрические измерения)» принята к защите 03.07.2017 г., протокол №2 диссертационным советом Д 212.277.01 на базе ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет», 432027, г.Ульяновск, ул. Северный Венец, 32, приказ от 11.04.2012 №105/нк.

Соискатель Низаметдинов Азат Маратович 1989 года рождения, в 2012 году окончил ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»; в 2016 году окончил очную аспирантуру ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»; работает научным сотрудником в Ульяновском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук.

Диссертация выполнена в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» на базовой кафедре «Радиотехника, опто- и наноэлектроника».

Научный руководитель – доктор технических наук Сергеев Вячеслав Андреевич, директор Ульяновского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Лачин Вячеслав Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» ФГБОУ ВО Южно-российского государственного политехнического университета (НПИ) имени В.И. Платова;

Антонец Иван Васильевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Авиационная техника» Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения», г. Ульяновск, в своем положительном отзыве, подписанном к. т. н., секретарем НТС Д.Л. Федоровым и начальником отдела, к.т.н. М. Ю. Сорокиным, указала, что диссертация является законченным научным исследованием, которая по актуальности, научным и практическим результатам и их значимости соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Соискатель имеет 62 опубликованных работы, из них по теме диссертации 30 работ, в том числе опубликованных в научных изданиях из Перечня ВАК – 8 и 3 патента РФ на изобретения, 1 патент на полезную модель. Общий объем работ 9,11 п. л.; 14 работ опубликовано в материалах Всероссийских и международных конференций. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Низаметдинов А.М. Измерение добротности и собственной частоты колебательной системы вибровискозиметрического датчика // Датчики и системы. – 2016. – №10. – С. 15–20.

2. Низаметдинов А.М. Анализ работы вибровискозиметрического датчика в режиме с подстройкой частоты вынужденных колебаний // Автоматизация процессов управления. – 2016. – №4. – С. 108–115.

3. Соломин Б.А., Низаметдинов А.М. и др. Аппаратно-программный комплекс для оперативного исследования теплофизических свойств жидкости // Измерительная техника. – 2014. – №3. – С. 49–52.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Саровский физико-технический институт национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» (СарФТИ НИЯУ МИФИ). Отзыв подписан заведующим кафедрой общей физики, д.ф.-м.н., доцентом Н. С. Шевяковым. Замечание: во многих местах автореферата указывается на необходимость таких регулировок возбуждающей частоты датчика, чтобы разность фаз сигналов возбуждения и отклика сохранялись на уровне $\pi/2$. Указывалось также и проиллюстрировано на рис.15, что при этом достигается максимальная точность измерений. Возможно, за этим стоят какие-то фундаментальные физические причины, но на этот счет пояснения, даже в гипотетической форме, отсутствуют.

2. Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева. Отзыв подписан заведующим кафедрой систем автоматизированного проектирования, д.т.н., профессором В. Ф. Беловым. Замечания: анализ работы колебательной системы в нестационарном режиме выполнен только для случая изменения во времени массы и коэффициента демпфирования, при этом жесткость системы не вполне обоснованно принималась постоянной; результаты численного моделирования работы колебательной системы в нестационарном режиме подтверждены экспериментально только для случая изменения во времени одного параметра (эквивалента массы).

3. АО «Ульяновский механический завод». Отзыв подписан ведущим инженер-конструктор-руководителем группы, к.т.д. А.А. Подгорновым и начальником Центра подготовки, переподготовки персонала и специалистов инозаказчика, к.т.н. В.А. Гульшиным. Замечания: недостаточно подробно описан способ определения добротности электромеханических КС по их фазо-частотной характеристике в режиме вынужденных колебаний; экспериментальные исследования модельной жидкости проведены только при скорости охлаждения (температурном темпе) $0,3 \text{ }^\circ\text{C/c}$ (стр.17 автореферата). Так же желательно было бы уточнить, как изменяются погрешности измерения при изменении скорости охлаждения (температурного темпа) проб; отсутствуют сравнительные данные по точности и диапазонам измерений анализатора низкотемпературных свойств нефтепродуктов, разработанного диссертантом и аналогичных современных отечественных и зарубежных приборов.

4. Алтайский государственный университет. Отзыв подписан заведующим кафедрой вычислительной техники и электроники, д.т.н., профессором В. Н. Седалищевым. Замечание: как влияет добротность и рабочая частота колебательной системы на погрешность измерения вязкости при нестационарных режимах работы датчика?

5. Ульяновский государственный университет. Отзыв подписан ведущий научный сотрудник НИТИ УлГУ профессор кафедры радиофизики и электроники, д.ф.-м.н., Д.Г. Санников. Замечания: практическая значимость (стр., 2-й абзац снизу) сформулирована, на мой взгляд, слишком размыто; из текста автореферата неясно, подтверждена ли достоверность по-

лученных в главе 2 результатов сравнением с экспериментальными данными других авторов; мелкие замечания: не расшифрован термин «СКО» (стр. 14) – среднеквадратическое отклонение (или ошибка)?, неточно указано название специальности 05.11.01 (стр. 1).

6. Вольский военный институт материального обеспечения (филиал) федерального казенного высшего профессионального образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва» МО РФ.

Отзыв подписан профессором кафедры ракетного топлива и горючего, к.т.н., профессором В.Б. Галкиным. Замечания: в качестве замечания выскажу пожелание более внимательно относиться к маркировке трансформаторных масел в соответствии со стандартами и техническими условиями.

7. Тольяттинский государственный университет. Отзыв подписан профессором кафедры электроснабжения и электротехники, д.т.н., доцентом А.А. Кувшиновым. Замечание: из автореферата неясно, каким образом в аппаратно-программном комплексе осуществляется синхронизация моментов выборок АЦП с фазой выходного сигнала вибровискозиметрического датчика.

8. АО «НПО «Марс». Отзыв подписан заместителем начальника НИО-20 главным конструктором, к.в.н. Ю.И. Берестневым и главным специалистом, к.т.н., доцентом В.В. Кальниковым. Замечания: в таблице 1 заявлены, но не представлены результаты измерения частоты выходного сигнала ВВД при размещении зонда ВВД в различных средах; в тексте автореферата встречаются редакционные неточности и погрешности.

9. Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева. Отзыв подписан заведующим кафедрой «Приборы и информационно-измерительные системы», д.т.н., профессором В.М. Солдаткиным/ Замечания: не приводятся сведения о доверительном интервале и доверительной вероятности погрешности, приведенных в табл. 1 на стр. 16; в подрисуночной надписи на рис. 14 погрешность измерения почему-то названа «ошибкой»; не сформулирована научная задача исследования, хотя приводятся направления её решения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области исследования по теме диссертации, подтверждаемой публикациями в рецензируемых научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований **разработаны:**

- способ возбуждения колебательной системы (КС) вибровискозиметрического датчика (ВВД) с поддержанием разности фаз между сигналом возбуждения и сигналом отклика КС, равной 90° , путем подстройки частоты сигнала возбуждения, позволяющий по сравнению с известными режимами возбуждения повысить отношение сигнал/шум и уменьшить погрешность измерения собственной частоты КС на порядок, а добротности – на 20%-60%, в зависимости от значения добротности.

- экспериментальная установка на основе Анализатора низкотемпературных свойств жидкостей с ВВД камертонного типа с улучшенными характеристиками.

предложены:

- способ определения добротности КС по ее фазо-частотной характеристике в режиме вынужденных колебаний путем перестройки частоты сигнала возбуждения при отклонении разности фаз между сигналами возбуждения и отклика от 90° ;

– алгоритм перестройки частоты генератора сигнала возбуждения с шагом, при котором изменение фазы сигнала отклика, вызванное перестройкой частоты генератора, равно уровню фазовых шумов в датчике.

доказано, что:

– при измерении температуры застывания контролируемой жидкости в режиме возбуждения ВВД предложенным способом воспроизводимость результатов измерения улучшилась в 1,9 раза по сравнению с режимом вынужденных колебаний без подстройки частоты сигнала возбуждения;

– стабильность частоты колебаний КС ВВД в режиме вынужденных колебаний с поддержанием разности фаз 90° возросла на порядок по сравнению с автоколебательным режимом при сохранении точности измерения, а диапазон измерения температуры застывания жидкости расширился в сторону нижней границы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– получены зависимости погрешностей определения параметров механической КС (мгновенных значений собственной частоты и добротности) по параметрам вынужденных колебаний от скорости изменения параметров КС.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы теории колебательных процессов, теории электрических цепей, методы обработки электрических сигналов, теории погрешностей, теории случайных процессов, численные методы компьютерного моделирования;

изложены результаты выборочных сравнительных измерений теплофизических параметров калибровочных и тестовых жидкостей, **раскрыты** недостатки существующих, в т. ч. стандартизированных, методов и средств измерения вязкости и плотности жидкостей датчиками на основе электро-механических КС;

изучены источники методических погрешностей при измерении параметров колебаний КС ВВД с предложенным способом возбуждения;

проведена модернизация Анализатора низкотемпературных свойств жидкостей с ВВД камертонного типа с расширением диапазона и повышением точности.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены (указать степень внедрения, формы апробации):

– экспериментальные средства измерения использованы в УФИРЭ им. В. А. Котельникова РАН при исследовании теплофизических свойств жидкостей;

– экспериментальные образцы Анализатора низкотемпературных свойств жидкостей использовались ООО «МИП «МЭлКон» (г. Ульяновск) при выполнении работ по проекту программы «Старт-2013»;

определены возможности применения предложенного способа возбуждения КС в реальных ВВД камертонного типа;

создана методическая база для совершенствования датчиков на основе электро-механических КС различных видов;

представлены экспериментальные результаты сравнительных измерений температуры застывания тестовых жидкостей, измеренных стандартными способами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены с использованием поверенных измерительных приборов с известными метрологическими характеристиками;

теория основана на известных положениях теории колебаний и измерительных преобразователей, теории погрешностей;

идея базируется на анализе источников погрешности при измерении параметров колебаний КС ВВД в нестационарных режимах работы;

использованы сравнение полученных результатов с характеристиками современных средств измерений параметров;

установлено количественное соответствие результатов измерения теплофизических параметров жидкостей с результатами, полученными УФИ-РЭ им. В.А. Котельникова РАН и других научных организациях;

использованы современные методы компьютерного моделирования и обработки результатов измерений.

Личный вклад соискателя состоит в его непосредственном участии на всех этапах выполнения исследования; разработке и изготовлении экспериментальных установок; получении и систематизации данных, апробации результатов исследования, подготовки публикаций. Обсуждение, интерпретация и внедрение теоретических и экспериментальных результатов проводились при непосредственном участии автора.

На заседании 11.10.2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Низаметдинову А.М. ученую степень кандидата технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 14, против нет, недействительных бюллетеней нет.

Защита окончена. Есть ли замечания по процедуре защиты? (Нет).

Поздравляет соискателя с успешной защитой. Благодарит членов совета и всех участников за внимание.

Заседание объявляется закрытым.

Председатель Совета ДС
профессор

Н.Г.Ярушкина

Ученый секретарь Совета
профессор

В.И.Смирнов

