

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.03, СОЗДАННОГО НА
БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 08.02.2021 г. № 18

О присуждении Дружкову Александру Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Алгоритмы обработки информации для повышения точности измерения вихреакустических расходомеров в составе АСУ ТП» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность) принята к защите 16 ноября 2020 г. (протокол заседания № 18/п) диссертационным советом Д 212.298.03, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, проспект В.И. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Дружков Александр Михайлович, 1990 года рождения, в 2012 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» по специальности «Информационно-измерительная техника и технология».

В период с 2012 по 2016 гг. проходил обучение в очной аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) на кафедре «Информационно-измерительная техника» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

В настоящее время работает Отраслевым экспертом по сертификации и метрологии в АО «Промышленная Группа «Метран».

Диссертация выполнена на кафедре информационно-измерительной техники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Шестаков Александр Леонидович**, заведующий кафедрой информационно-измерительной техники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Прохоров Сергей Антонович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных систем и технологий ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»;

Краснов Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Автоматизация, телекоммуникация и метрология» ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

дали положительный отзыв на диссертацию.

Ведущая организация – Всероссийский научно-исследовательский институт расходомерии – филиал Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева», г. Казань, в своем положительном отзыве, подписанном **Щелчковым Алексеем Валентиновичем**, доктором технических наук, доцентом, ведущим научным сотрудником научно-исследовательского отдела метрологического обеспечения средств и систем измерений расхода и количества жидкости ВНИИР - филиал ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева", **Корнеевым Романом Александровичем**, начальником научно-исследовательского отдела метрологического обеспечения средств и систем измерений расхода и количества жидкости ВНИИР - филиал ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева", и утвержденном **Алексеем Семеновичем Табинским** и.о. директора филиала ВНИИР филиал ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева" указала, что диссертационная работа является законченной научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований, получено решение актуальной задачи, разработанные решения обладают научной новизной и вносят практический вклад в развитие метрологического обеспечения средств и систем измерения расхода и

количества жидкости. Работа отвечает требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Дружков Александр Михайлович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 11 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 11 работ, из них рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ. По результатам работы оформлен один патент Российской Федерации на изобретение.

В диссертацию включены результаты, полученные автором лично. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимыми работами по теме диссертации являются:

1. Лапин, А.П. Применение взвешенного метода наименьших квадратов при исследовании функции преобразования вихреакустических расходомеров / А.П. Лапин, А.М. Дружков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2013. – Т. 12, № 2. – С. 109–113. Авторская доля (4с./5с.)

2. Лапин, А.П. Выбор и исследование двухфакторной модели функции преобразования вихреакустических расходомеров / А.П. Лапин, А.М. Дружков // Вестник ЮУрГУ. Серия. «Компьютерные технологии управление, радиоэлектроника». – 2013. – Т.13, № 3. – С. 4–12. Авторская доля (6с./9с.)

3. Лапин, А.П. Анализ зависимости числа Струхала в уравнении измерения вихреакустического расходомера / А.П. Лапин, А.М. Дружков, К.В. Кузнецова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии управление, радиоэлектроника». – 2013. – Т.13, № 4. – С. 70-77. Авторская доля (4с./8с.)

4. Лапин, А.П. Вихревой метод измерения расхода: история вопроса и направления исследований / А.П. Лапин, А.М. Дружков, К.В. Кузнецова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии управление, радиоэлектроника». – 2014. – Т. 14, № 3. – С 19-28. Авторская доля (5с./10с.)

5. Лапин, А.П. Исследование стабильности частоты вихреобразования в вихреакустическом расходомере. / А.П. Лапин, А.М. Дружков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии управление, радиоэлектроника». – 2014. – Т.14, № 4. – С 89-98. Авторская доля (8с./10с.)

6. Lapin, A.P. Adaptive algorithm for estimating vortex frequencies in vortex sonic flowmeters / A.P. Lapin, A.M. Druzhkov // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные

технологии управление, радиоэлектроника». – 2016. – Т.16, № 3. – С. 75-82. Авторская доля (4с./8с.)

7. Дружков, А.М. Алгоритм обработки информации в вихреакустических расходомерах В кн.: Научная сессия ТУСУР - 2016: материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых. Томск, 25-27 мая 2016 г. – С. 50-52. Авторская доля (3с./3с.)

8. Дружков, А.М. Проблемы поверки средств измерений в «Индустрии 4.0» на примере удалённой поверки расходомеров / А.М. Дружков, Н.Ю. Петров, А.Л. Шестаков // Приборы. – 2020. – № 6 (240). – С. 1-8. Авторская доля (4с./9с.)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой информационно-измерительной техники ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (г. Уфа) **Ясовеева Васиха Хаматовича**. Отзыв положительный, из замечаний отмечено: 1) Отсутствуют конкретные значения рабочего диапазона температур измеряемой среды при заявляемой цели работы, включающей необходимость повышения точности измерения вихреакустического расходомера в широком диапазоне температур. 2) Ссылка на формулу 22 на странице 17 не правильная, скорее всего должна быть указана ссылка на формулу 21.

2. Доктора технических наук, профессора, вице-президента и генерального директора ООО «Эмерсон» **Шестакова Николая Вадимовича** (г. Москва). Отзыв положительный, из замечаний отмечено: в диссертационной работе не проведен анализ возможности распространения результатов исследования на другие виды вихревых расходомеров, использующие другие типы сенсора (например, по перепаду давления, анемометрические и т.п.).

3. Кандидата физико-математических наук, генерального директора ООО «ЭЛИМЕТРО Групп» **Жесткова Александра Владимировича**. Отзыв положительный, без замечаний.

4. Кандидата технических наук, доцента кафедры электронного приборостроения и менеджмента качества ФГБОУ «Казанский национальный исследовательский технический университет А.Н. Туполева» (г. Казань) **Сойко Алексея Игоревича**. Отзыв положительный, из замечаний отмечено: 1) В автореферате стоило бы уточнить, в каких диапазонах измерения расходов жидкости и температур наиболее эффективна ваша модель. Фразы при «измерении малых расходов», «в широком диапазоне температур» не дают количественного представления об измеряемых величинах. 2) При вычислении частных производных

основного уравнения измерения по формулам 12, 13, 14 и 15 в правой части уравнения не должно быть членов, содержащих Δ (то есть ΔD , Δd , ΔSt и Δf соответственно, вместо них должно быть записано число 1), при этом при переходе от частных производных к малым абсолютным приращениям и последующее вычислении относительной погрешности согласно формуле 16 выполнены верно. 3) Некорректно в формуле 16 δ назвать результирующей неопределённостью, хотя далее по тексту она указана как оценка величины погрешности, что является более справедливым. 4) На странице 10 неверно указана размерность коэффициента линейного расширения θ нержавеющей стали. 5) Не смотря на общий хороший уровень оформления текста автореферата имеются опечатки и неточности (см. рис. 1 стр8; первый абзац на стр. 12). На стр. 17 функция преобразования ссылается на формулу (22), определяющую коэффициент вариации.

5. Кандидата технических наук, консультанта по измерениям в коммерческих системах учета (Measurement Consultant) компании Emerson Process Management Ltd **Пашниной Надежды Александровны**. (г. Абердин, Соединенное Королевство Великобритании и Северной Ирландии). Отзыв положительный, из замечаний отмечено: 1) Имеются ошибки, связанные с набором текста; нумерацией таблиц; ссылками; символами для обозначения параметров; значением коэффициента вариации на стр.20; единицами измерений коэффициента линейного расширения на стр.10 и кинематической вязкости на стр.16; 2) Соискатель употребляет термин «средства измерения» вместо корректного «средства измерений» в соответствии с РМГ 29-2013; 3) На стр.7 автореферата сделан вывод о значимости температуры и необходимости использования моделей сложности $S=16$ и выше. Однако, в работе (см. стр.17) для анализа используется линейная функция частоты, не зависящая от температуры, а модели, выбранные во второй главе (см. табл.3 на стр.9 автореферата) не используются для сравнения с уравнением (21) на стр.11 автореферата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что ими осуществлялись исследования по тематике диссертации и получены весомые научные результаты в рассматриваемой предметной области, что подтверждается публикациями в научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны алгоритм обработки информации, позволяющий осуществить поиск наиболее простой модели функции преобразования, и адаптивный алгоритм обработки информации частоты вихреобразования для вихреакустического

расходомера, обеспечивающие повышение точности измерения малых расходов в широком рабочем диапазоне температур измеряемой среды;

предложены модели функции преобразования, ставящие в соответствие результатам прямых измерений температуры измеряемой среды и частоты вихреобразования выходную величину расхода вихреакустического расходомера и позволяющие достичь повышения точности измерения малых расходов в широком диапазоне расходов и температур измеряемой среды для различных типоразмеров вихреакустического расходомера;

доказана с помощью имитационного моделирования и экспериментальных исследований перспективность практического использования разработанных алгоритмов обработки информации и моделей функции преобразования для повышения точности измерения вихреакустических расходомеров;

введен критерий принятия решения о выборе алгоритма обработки информации частоты вихреобразования, позволяющий определить режим работы вихреакустических расходомеров и на его основе выбрать алгоритм обработки временного ряда мгновенных частот вихреобразования, подходящий для установившегося или изменявшегося режимов расхода.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана возможность повышения точности измерения малых расходов вихреакустических расходомеров в составе систем управления технологическими процессами, путем разработки алгоритмических методов обработки информации, не требующих изменения конструкции расходомера, а достигаемых изменением программного обеспечения расходомера;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) *использована* теория регрессионного анализа, в частности, метод всех возможных регрессий, статистические методы проверки гипотез и обработки данных, методы обработки временных рядов, которые позволили получить модели функции преобразования и разработать адаптивный алгоритм обработки информации частоты вихреобразования, позволяющие достичь повышения точности измерения вихреакустических расходомеров;

изложены этапы выбора и обоснования модели функции преобразования вихреакустического расходомера начиная от планирования эксперимента и обработки полученных данных, применения предложенных алгоритма и метода поиска модели

функции преобразования, до подтверждения результатами натурального эксперимента работоспособности полученных моделей.

раскрыт принцип работы вихреакустических расходомеров и особенности теоретического описания, отличающие их от других типов расходомеров и определяющие требования к разработанному адаптивному алгоритму обработки временного ряда мгновенных частот вихреобразования, получаемых с сенсора расходомера.

изучены особенности формирования временного ряда мгновенных частот вихреобразования во всем диапазоне измерения жидкости вихреакустических расходомеров для различных типоразмеров, на основании которых предложена имитационная модель процесса формирования временного ряда мгновенных частот вихреобразования, используемая для проведения сравнения различных алгоритмов обработки временного ряда информации о мгновенных частотах в одинаковых, воспроизводимых условиях;

проведена модернизация моделей функции преобразования и алгоритмов обработки информации о частоте вихреобразования, используемых в вихреакустических расходомерах.

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

разработаны и внедрены в производство вихреакустических расходомеров адаптивный алгоритм обработки информации о частоте вихреобразования и модели функции преобразования, позволяющие повысить точность измерения вихреакустических расходомеров при работе в системах управления технологическими процессами в области малых и часто изменяющихся расходов в широком диапазоне температур измеряемой жидкости;

создано программное обеспечение, позволяющее моделировать временной ряд мгновенных частот вихреобразования, а так же реализовывать и сравнивать алгоритмы обработки информации мгновенных частот для определения показаний вихреакустического расходомера;

определены пределы применимости разработанных моделей функции преобразования и адаптивного алгоритма обработки информации мгновенных частот вихреобразования для вихреакустического расходомера при работе в системах управления технологическими процессами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

все экспериментальные работы были проведены с использованием аттестованного оборудования, в работе проведено планирование эксперимента, дано подробное описание проведённых экспериментов и полученных в результате данных.

теория, служащая основой для разработки предложенных алгоритмов обработки информации и моделей, базируется на корректном применении системного анализа, регрессионного анализа, статистических методах проверки гипотез и обработки информации и теории планирования эксперимента;

идея базируется на обобщении передового опыта и анализе основных подходов к разработке алгоритмических методов повышения точности измерения, методов, не требующих изменения конструкции, средств измерения.

использованы аттестованные средства измерения и апробированные методы статистической обработки экспериментальной информации, на основе которой разработаны алгоритмы обработки информации и модели внедрённые в серийное производство;

установлено отсутствие логических противоречий между полученными в диссертации результатами и результатами опубликованными другими авторами исследований по рассматриваемой тематике.

Личный вклад соискателя состоит в:

проведении анализа эволюции методов повышения точности измерения вихреакустических расходомеров, непосредственной *разработке* алгоритмов и метода обработки информации, моделей функции преобразования, позволяющих обеспечить повышение точности измерения вихреакустических расходомеров, *разработке* имитационной модели временного ряда мгновенных частот вихреобразования, *проведении* вычислительных и натуральных экспериментов, *апробации* результатов исследования на конференциях и в подготовке публикаций по выполненной работе, а также внедрении разработок, полученных в ходе выполнения диссертационной работы, что подтверждается соответствующим актом внедрения.

Диссертационный совет пришел к заключению, что рассматриваемая диссертация является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемых ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Дружков Александр Михайлович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность).

На заседании 8 февраля 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Дружкову А.М. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (05.13.01), участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – 0 человек, проголосовали: «за» – 16, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя
диссертационного совета Д 212.298.03
доктор технических наук, профессор



Логиновский О.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.298.03
доктор технических наук, доцент



Голлай А.В.

08.02.2021 г.

