

Отзыв официального оппонента

кандидата технических наук, доцента, Краснова Андрея Николаевича
на диссертационную работу Дружкова Александра Михайловича,
«Алгоритмы обработки информации для повышения точности измерения
вихреакустических расходомеров в составе АСУ ТП»,
представленную на соискание ученой степени кандидата наук по
специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка
информации (промышленность)»

Актуальность темы диссертации

Во многих автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) информация от средств измерения (СИ) является ключевой для принятия решений и выработки управляющего воздействия таким образом точность поступающей информации от СИ влияет на качество и эффективность работы всей системы в целом.

Диссертационная работа Дружкова Александра Михайловича посвящена разработке алгоритмов обработки информации, позволяющих повысить точность измерения вихреакустических расходомеров используемых в АСУ ТП. Измерения расхода является распространенной задачей в АСУ ТП. Вихреакустические расходомеры, как разновидность вихревых расходомеров, прочно зарекомендовали себя в качестве СИ расхода жидкости в АСУ ТП с тяжелыми условиями эксплуатации и и необходимостью измерения расхода жидкости в широком диапазоне. Постановка задачи в виде разработки алгоритмов, позволяющих повысить точности измерения вихреакустических расходомеров, является актуальной в связи с повсеместным внедрением микроконтроллеров в конструкции самых различных СИ (в том числе и в данные расходомеры), что позволяет производить обработку данных с чувствительного элемента расходомера алгоритмическими методами. Вышеупомянутые методы являются значительно менее затратными, чем внесение каких либо конструкционных изменений. Таким образом, актуальность темы диссертационной работы посвященной разработке алгоритмов, позволяющих повысить точность измерения вихреакустических расходомеров в составе АСУ ТП, не вызывает никаких сомнений.

Оценка содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, заключения, библиографического списка из 104 наименований, содержит 127 страниц основного текста и 7 приложений, размещенных на 23 страницах.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в 11 работах, из них 9 публикаций в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций. Вышеприведенные публикации в открытой печати в достаточной мере раскрывают содержание диссертационной работы и отражают личный вклад автора.

Автореферат и публикации автора соответствуют содержанию диссертационной работы. В диссертации имеются данные о практическом использовании результатов, полученных автором и оформленных в виде Акта внедрения основных практических результатов диссертационной работы и патента. По результатам диссертационной работы получен 1 патент Российской Федерации на изобретение.

В первой главе автором проведены примеры применения вихреакустических расходомеров, продемонстрированы преимущества их использования в составе определенных АСУ ТП и выделены современные тенденции функционирования подобных АСУ ТП, а именно: работа в импульсном режиме изменения расхода жидкости в системах, при которых происходит регулирование расхода от минимального до технологически необходимого и работа в области малых расходов. Отмечено, что не смотря на то, что вихреакустические расходомеры обладают значительно большим диапазоном измерения расхода (за счет большей чувствительности сенсора при измерении малых расходов) по сравнению с классическими вихревыми расходомерами, погрешность измерения малого расхода превышает погрешность измерения основного диапазона расхода в 3-5 раз.

В этой же главе приведена функциональная схема вихревого расходомера и сформирован обзор методов повышения точности измерения вихревых расходомеров. Рассматриваемые методы предложено сгруппировать и рассматривать в зависимости от воздействия метода на тот или иной

функциональный блок. В обзоре наглядно показана эволюция методов повышения точности от времени создания первого коммерческого расходомера до наших дней. Продемонстрировано смещение интересов от методов, связанных с изменениями в конструкции, к методам, направленным на обработку информации с сенсоров расходомера. Переход к алгоритмическим методам повышения точности является актуальной тенденцией во многих областях науки и техники и, одновременно с этим, еще не так хорошо изученной областью. В результате детального изучения проблемы были сформулированы две задачи: выбор модели функции преобразования вихреакустического расходомера различными методами и разработка алгоритма обработки информации о частоте вихреобразования.

Во второй главе автором подробно рассмотрена проблема выбора модели функции преобразования (ФП) и предложены алгоритм поиска модели ФП на основе метода всех возможных регрессий и показателя сложности и метод покомпонентного анализа уравнения измерения вихреакустического расходомера. Наглядно показано, что ключевой особенностью вихреакустического расходомера, для задачи выбора модели ФП, является его большой диапазон измерения расходов (расширенный в область измерения малых расходов) и влияние температуры измеряемой среды на точность измерения объемного расхода в области измерения малых расходов. Автором проведено планирование двухфакторного эксперимента на расходомерном стенде с возможностью нагрева измеряемой среды и описана структура данных, получаемая в результате проведения эксперимента.

Автором предложен алгоритм поиска модели функции преобразования основанный на методе всех возможных регрессий, особенностью разработанного алгоритма является введение метода перебора регрессий, позволяющего сократить количество рассматриваемых моделей. Это реализовано с помощью показателя сложности, который в свою очередь позволяет не только оценить сложность модели, но и позволяет реализовать сам перебор путем перевода десятичного значения показателя сложности в двоичное представление и использование его в качестве битовой маски. Второй особенностью введенного алгоритма является использование взвешенного метода наименьших квадратов с весовым коэффициентом, выбранным для данной задачи, а именно: коэффициентом обратно пропорциональным частоте вихреобразования.

В данной главе на основе экспериментальных данных для 15 расходомеров 3-х различных условных типоразмеров (ДУ) показано, что разработанный алгоритм является достаточно универсальным и позволяет находить модели для расходомеров различных ДУ и является простым в применении на практике. Автором указано, что разработанный алгоритм обладает ограничениями в применимости из-за необходимости испытаний при различных температурах измеряемой среды для поиска значений коэффициентов моделей.

Предложенный автором метод поиска модели ФП путем покомпонентного анализа позволяет устранить вышеуказанный недостаток. Автором произведена оценка вклада каждой составляющей уравнения измерения и впервые предложена, а также отражена в патенте на способ измерения, модель описания поведения числа Струхала при измерении малых расходов в широком диапазоне температур измеряемой среды. Таким образом, за счет учета изменения каждой составляющей уравнения измерения в зависимости от измеряемого расхода жидкости и ее температуры получена модель функции преобразования, позволяющая повысить точность измерения малых расходов.

В третьей главе наглядно продемонстрирована особенность вихревых расходомеров, отличающая их от других типов расходомеров и влияющая на обработку данных о частоте вихреобразования. Впервые предложен адаптивный алгоритм обработки временного ряда мгновенных частот, основанный на разработанном автором критерии определения режима расхода (установившейся или изменяющийся расход) и последующем выборе метода обработки данных.

Для исследования предложенного алгоритма автором разработана имитационная модель, позволяющая проводить моделирование временного ряда мгновенных частот с присущим ему особенностями и применять различные методы обработки этого ряда. Автором был сформулирован критерий сравнения алгоритмов обработки информации о частоте вихреобразования и произведено моделирование работы и сравнение нескольких алгоритмов.

В четвертой главе подробно описан ход проведенных экспериментов и показаны результаты экспериментальных исследований предложенных алгоритмов и метода. Исследования проведены на 15 образцах 3-х типоразмеров

вихреакустических расходомеров. Проведено сравнение разработанных алгоритмов с широко распространёнными настоящее время и показано их преимущество.

Научная новизна, достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования

1 Разработан алгоритм поиска математической модели функции преобразования (ФП) вихреакустических расходомеров (ВР) методом всех возможных регрессий с использованием показателя сложности и взвешенного метода наименьших квадратов, позволяющий повысить точность измерения на малых расходах.

2 Предложен метод поэлементного анализа уравнения измерения ВР и разработана модель ФП вихреакустического расходомера, позволяющая повысить точность измерения на малых расходах, распространить ее на расходомеры больших условных диаметров (ДУ) и сократить затраты на калибровку расходомера.

3 Разработано алгоритмическое обеспечение для обработки информации о частоте вихреобразования за телом обтекания, позволяющее повысить точность измерения при установившемся и изменяющемся режимах расхода.

4 Предложена имитационная модель поступления информации о частоте вихреобразования, позволяющая моделировать временной ряд мгновенных частот вихреобразования.

Обоснованность результатов диссертационной работы подтверждается корректностью использования статистических методов и методов регрессионного анализа, а также данными проведённых натурных и имитационных экспериментов, подробно описанных как с точки зрения их проведения, так и используемого оборудования.

Практическая ценность

Практическая ценность заключается в том, что в ходе диссертационной работы были разработаны и применены на практике алгоритмы и метод повышения точности измерения вихреакустического расхода, что подтверждается полученным

патентом на изобретение и актом внедрения разработанных алгоритмов в деятельность АО «Промышленная группа «Метран», а также экспериментальными данными приведенными в работе. В результате проведенных экспериментов показано, что разработанные алгоритмы позволяют повысить точность измерения малых расходов, что, в свою очередь, позволяет нормировать погрешность измерения во всем (широком диапазоне измерения, более 1:100) на уровне 1% относительной погрешности измерения объемного расхода и накопленного объема.

Замечания

1. В диссертационной работе рассмотрена задача поиска моделей функции преобразования двумя различными методами и проведено сравнение методов между собой. Однако, в работе не проанализирована возможность применения разработанных моделей функции преобразования для вихревых расходомеров с другими типами чувствительных элементов.
2. В работе, на стадии первичного анализа экспериментальных данных, используемых для построения модели функции преобразования, при обосновании выбора взвешенного метода наименьших квадратов, проанализирована лишь предпосылка независимость дисперсий остатков моделей от влияющих факторов. Анализ других предпосылок использования метода наименьших квадратов в работе не представлен.
3. В главе диссертации, посвящённой экспериментальной части (глава 4), отмечается, что даже при работе расходомера в лабораторных условиях, во временном ряду мгновенных частот вихреобразования возникают единичные промахи. Однако, при исследовании предложенного адаптивного алгоритма обработки информации о частоте вихреобразования и сравнении его с другими алгоритмами не продемонстрировано поведение алгоритмов при наличии единичных выбросов в ряду мгновенных частот вихреобразования.
4. В приведенной имитационной модели временного ряда мгновенных частот вихреобразования (глава 3) в качестве шумовой составляющей влияющий на значения мгновенных частот временного ряда используется только составляющая имитирующая случайную составляющую процесса вихреобразования обусловленную конструктивными особенностями. Однако, имитационная модель не

отражает случаев функционирования вихревого расходомера в условиях воздействий шумов вызванных различными гидравлическими и электрическими составляющими приуступающими в АСУ ТП, которые оказывают влияние на работу расходомера в реальных промышленных системах управления.

5. Как в тексте диссертационной работы, так и в тексте автореферата, встречаются опечатки и пропуски знаков препинания. В некоторых формулах используются неудачные обозначения. Например, в правой части формулы (3.13) должен использоваться индекс, отличный от индекса « i », так как индексом « i » ранее обозначены исследуемые моменты времени.

Следует отметить, что высказанные выше замечания не носят принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку проведенного автором исследования и могут рассматриваться как направления дальнейших исследований.

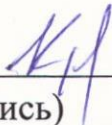
Общие выводы по диссертационной работе

Диссертационная работа на тему «Алгоритмы обработки информации для повышения точности измерения вихреакустических расходомеров в составе АСУ ТП», выполненная Дружковым Александром Михайловичем представляет собой самостоятельную, структурированную и законченную научно исследовательскую работу, направленную на решение актуальной задачи – повышение точности измерения вихреакустических расходомеров.

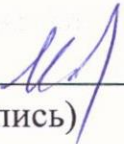
Основные результаты диссертационной работы соответствуют поставленным целям и задачам, являются новыми и имеют теоретическую и практическую значимость в области анализа данных. Ключевые результаты работ опубликованы в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК. Автором получен патент РФ на изобретение. Используемые в работе методы исследования являются корректными, а общий вывод логичным и обоснованным. Автореферат и публикации автора соответствуют содержанию диссертационной работы.

Считаю, что диссертационная работа Дружкова Александра Михайловича на тему «Алгоритмы обработки информации для повышения точности измерения вихреакустических расходомеров в составе АСУ ТП», соответствует критериям положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)»

Отзыв представлен официальным оппонентом, кандидатом технических наук, доцентом, Красновым Андреем Николаевичем, доцентом кафедры автоматизация, телекоммуникация и метрология федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ), 450064, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1, к. 238, e-mail: ufa-znanie@mail.ru



_____/А.Н. Краснов/
(подпись) (Ф.И.О) «27» сентября 2020 г.

Я, Краснов Андрей Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Дружкова Александра Михайловича и их дальнейшую обработку.


_____/А.Н. Краснов/
(подпись) (Ф.И.О) «29» сентября 2020 г.

Подпись Краснова А.Н. заверяю.

Начальник отдела по работе с персоналом


_____/Дадаян О.А.

