

Отзыв официального оппонента

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)»

1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Дружкова Александра Михайловича посвящена разработке алгоритмов обработки информации, позволяющих повысить точность измерения вихреакустических расходомеров (ВР), используемых в автоматизированных системах управления техническими процессами (АСУ ТП).

Использование АСУ ТП является основой современного производства, при этом, одной из распространённых задач является измерение расхода жидкости. ВР, как разновидность вихревых расходомеров, прочно зарекомендовали себя в качестве средств измерения (СИ) расхода жидкости в АСУ ТП в условиях с вероятным возникновением засорения (жесткие условия эксплуатации) и необходимостью измерения расхода жидкости в широком диапазоне.

Внимание автора уделено повышению точности ВР при измерении малых расходов жидкости в широком диапазоне температур измеряемой среды в АСУ ТП при различных режимах расхода (изменяющийся и установившийся расход) путем разработки алгоритмического обеспечения ВР. Постановка задачи в виде разработки алгоритмов, позволяющих повысить точности измерения ВР, 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. Данные методы являются значительно менее затратными, чем конструкционные изменения средств измерения.

Повышение точности измерений средств измерения в составе АСУ ТП в промышленности является одним из существенных резервов повышения качества продукции и эффективности производства. Таким образом, актуальность темы разработки алгоритмов, позволяющих повысить точность измерения ВР, в представленной диссертационной работе не вызывает сомнений.

2. Научная новизна, достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования

В диссертационной работе получены следующие новые научные результаты:

1 Разработан алгоритм поиска математической модели функции преобразования (ФП) 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 ВР, 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 поставленной задачи, приведенными натурными и имитационными экспериментами, использованием корректных статистических методов и методов регрессионного анализа.

Достоверность полученных результатов также подтверждается получением патента на изобретение и внедрением результатов диссертационной работы в деятельность промышленного предприятия.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 11 работах, из них 9 в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК. Публикации в открытой печати и автореферат в достаточной мере отражают личный вклад автора и полностью соответствуют содержанию данной диссертационной работы.

3. Теоретическая значимость

В работе предложены новые алгоритмы и метод, позволяющие повысить точность измерения ВР путем учета его существенных особенностей, отличающих его от других расходомеров.

Для повышения точности измерения малых расходов в широком диапазоне температур был предложен универсальный алгоритм поиска математической модели функции преобразования, основанный на методе всех возможных регрессий, адаптированный и переработанный автором путем использования показателя сложности и взвешенного метода наименьших квадратов. Данный метод хорошо применим в условиях малого количества знаний об исследуемом объекте и может быть использован и для других средств измерения.

В качестве альтернативного метода поиска математической модели ФП был осуществлен подробный анализ уравнения измерения. Данный подход имеет ключевое преимущество в виде возможности распространения его на расходомеры больших типоразмеров и дает возможность коррекции математической модели ФП при внесении изменения в конструкцию расходомера (например, изменение материала проточной части), что делает его востребованным для применения для вихревых расходомеров.

Алгоритм обработки информации о вихреобразовании, разработанный в данной диссертационной работе, хорошо работает в условиях малой частоты поступления информации, а также при изменении самой информации в

импульсном режиме (резкое увеличение значения расхода и уменьшение), при этом, предложенный алгоритм не требует значительных вычислительных мощностей. Тем образом, предложенный алгоритм может быть легко адаптирован к подобным применениям.

4. Практическая ценность

Практическая ценность диссертационной работы Дружкова А.М. определяется тем, что автором были разработаны и применены алгоритмы и метод повышения точности измерения ВР. Полученный патент на изобретение и акт внедрения разработанных алгоритмов в деятельность АО «Промышленная группа «Метран» подтверждают и актуальность проведенной экспериментальной работы, и практическую ее значимость.

По результатам проведенных и представленных в диссертационной работе экспериментов было показано, что разработанные алгоритмы позволяют повысить точность измерения малых расходов, нормировать погрешность измерения в широком диапазоне не более 1% относительной погрешности измерения объемного расхода и накопленного объема в широком диапазоне температур измеряемой среды. Также был предложен алгоритм, позволяющий значительно снизить погрешность измерения расходомера при измерении динамически изменяемого расхода.

5. Оценка содержания работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав, заключения, библиографического списка из 104 наименований, содержит 151 страницу текста, из них 7 приложений, размещенных на 23 страницах.

Во введении кратко обоснована актуальность темы работы, и приведено описание всей диссертационной работы по главам, а также другие краткие сведения про работу.

Первую главу автор посвятил рассмотрению типовых структур АСУ ТП, в которых используются вихревые расходомеры, продемонстрировав преимущества использования ВР в них в качестве СИ (разновидность вихревых). Отмечено, что повышение точности измерения расхода является одним из существенных резервов повышения эффективности управления АСУ ТП. Автором приведен обзор используемых методов повышения точности измерения ВР, наглядно показана эволюция методов повышения точности от времени создания первого коммерческого расходомера до современных моделей. 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, что подчеркивает перспективность выполненного научного исследования.

В результате проведенного анализа выбраны алгоритмические методы обработки информации, а именно: методы выбора модели функции

преобразования расходомера и алгоритм обработки информации о частоте вихреобразования.

Вторая глава диссертационной работы посвящена выбору и обоснованию функции преобразования для ВР. Предложены два новых подхода к поиску модели функции преобразования для ВР. Один основан на регрессионном анализе, в частности, на методе всех возможных регрессии, а второй – на поэлементном анализе уравнения измерения. Оба подхода дают возможность получить модель функции преобразования, позволяющую повысить точность измерения малых расходов и работающую в широком диапазоне температур измеряемой среды. Проведен анализ каждого из этих подходов.

В третьей главе автором рассмотрена функциональная схема ВР, продемонстрировано их ключевое отличие от остальных видов расходомеров, и сформулированы основополагающие требования к алгоритму обработки информации о частоте вихреобразования. Впервые предложен и описан в виде блок-схем адаптивный алгоритм обработки временного ряда мгновенных частот, позволяющий производить определение режима работы расходомера (установившейся или изменяющийся расход) за счет разработанного критерия и выбирать соответствующий метод обработки временного ряда мгновенных частот вихреобразования. Также автором данной диссертационной работы разработана и представлена имитационная модель, которая позволяет проводить численные эксперименты над временным рядом мгновенных частот вихреобразования, применяя к нему разработанный автором алгоритм и другие распространенные в настоящее время алгоритмы, и сравнивать результаты их работы.

В четвертой главе представлено подробное описание проведенных автором экспериментов, логично и последовательно изложены результаты полученных данных для построения моделей функции преобразования и проверки работоспособности предложенного адаптивного алгоритма обработки информации о частоте вихреобразования.

В данной работе исследования проведены на 15 образцах 3 типоразмеров ВР. Полученные данные демонстрируют, что разработанные модели функции преобразования ВР (двумя предложенными методами) обеспечивают заданную точность в широком диапазоне температур измеряемой среды. Модель, полученная путем анализа уравнения измерения, также демонстрирует возможность распространения ее и на большие типоразмеры расходомера и возможности уменьшения количества испытаний, необходимых для нахождения коэффициентов модели.

Результаты исследовательской работы показали, что предложенный алгоритм способен обеспечивать уменьшение погрешности накопленного объема, и разработанная автором имитационная модель, реализованная в виде программы, позволяет проводить моделирование изменения частоты вихреобразования для ВР с различными условными диаметрами.

Исследование выполнено на данных, полученных в условиях действующего производства. О практическом использовании результатов, полученных автором, свидетельствует оформленный Акт внедрения основных практических результатов диссертационной работы. Кроме того, по результатам

диссертационной работы получен 1 Патент Российской Федерации на изобретение.

6. Замечания

1. На наш взгляд, следовало бы более подробно обосновать, почему диссертационная работа, посвященная анализу ВР, применяемых в АСУ ТП, защищается по специальности 05.13.01, а не по специальности 05.13.05, и указать пункты этой специальности защищаемой работы.

2. Модель (2.7), записанная на стр. 43, не позволяет получить модель (2.8) – неправильно записаны индексы при b .

3. Неправильно найдены частные производные уравнения измерения (2.25-2.28).

4. В работе не описан математический метод, позволяющий получить выражение для оценки относительной погрешности (2.29) (стр. 57).

5. В работе не указаны допущения, позволяющие из уравнения (2.29) получить уравнение (2.31).

6. В выводах по разделу 2 есть ссылки на результаты 4 главы, что затрудняет чтение диссертации.

7. Автор оценивает вероятностные характеристики, следовательно, должен обосновать выбор объема экспериментальных исследований, а не писать, что «обычно n выбирается в диапазоне от 50 до 200» (стр. 77).

8. Непонятно, каким образом индекс i оказался в правой части $M_i = \sum_{i=1}^n f_i/n$ (3.13) (стр. 76) и рисунок 3.8, стр. 81.

9. Неправильно записана абсолютная погрешность (рис. 3.9, стр. 82).

10. В работе отсутствуют алгоритм моделирования временного ряда мгновенных частот вихреобразования и характеристики добавляемого шума.

11. В работе есть опечатки, повторы, неправильные знаки препинания в формулах, неудачные обозначения, одной буквой, например, b , обозначаются разные переменные, традиционным обозначением производной описываются переменные и т.д.

Заключение

Диссертационная работа Дружкова Александра Михайловича представляет собой структурированную, самостоятельную и законченную научно-исследовательскую работу. В данной научной работе решена актуальная задача по повышению точности измерений ВР в составе АСУ ТП.

Использованные соискателем методы исследования и анализа полученных данных являются корректными, а выводы логичными и обоснованными. Автореферат и публикации соответствуют содержанию диссертационной работы. Основные результаты диссертационной работы соответствуют поставленным целям и задачам, имеют теоретическую и практическую значимость в области анализа данных, отличаются новизной в решении актуальных проблем промышленности.

Считаю, что диссертационная работа Дружкова Александра Михайловича на тему «Алгоритмы обработки информации для повышения точности измерения вихреакустических расходомеров в составе АСУ ТП» удовлетворяет п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденных Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)».

Официальный оппонент, заведующий
кафедрой «Информационные системы и технологии»
ФГАОУ ВО «Самарский национальный
исследовательский университет имени
академика С.П. Королева»,
доктор технических наук по специальности
05.11.16 - «Информационно-измерительные
и управляющие системы», профессор

 Прохоров Сергей Антонович

ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева»,
Адрес: 443086, г. Самара, ул. Московское шоссе, д. 34
Тел.: 8462674672
Email: sp@smr.ru

Подпись профессора Прохорова Сергея Антоновича
заверяю.



Я, Прохоров Сергей Антонович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Дружкова Александра Михайловича и их дальнейшую обработку.


С.А. Прохоров/
(подпись)

« 15 » января 2021 г.