

## **ОТЗЫВ**

**официального рецензента на диссертационную работу  
Баясиловой Зухры Ануаровны «Разработка и исследование совмещенных датчиков давления и температуры», представленную на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071600 - «Приборостроение»**

### **1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами.**

Целью диссертационной работы Баясиловой Зухры Ануаровны является – разработать ряд новых конструкций компонентов совмещенных датчиков давления и температуры (ДДТ) устойчивых к внешним факторам на основе созданных математических моделей, алгоритмов, программ и методик. В связи со сложностью, трудоемкостью и дороговизной процессов разработки и изготовления ДФВ, особую роль в процессе их проектирования приобретают методы математического моделирования, применение которых позволяют существенно сократить сроки и затраты на разработку датчиков. В настоящее время на рынке представлены разрозненные дорогостоящие программы и методики, позволяющие моделировать тепловые и деформационные поля в датчиках. Однако, выбранный автором классический метод расчета может быть также использован для небольших и нетрудоемких расчетов, проведенных в этой работе. Традиционный инженерный подход к расчету элементов датчиков, дополненный практическими результатами, позволяет достаточно эффективно моделировать ДДТ. Работа отвечает задачам импортозамещения и конкурентоспособности, озвученным в послании Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева народу Казахстана «Стратегия «Казахстан-2050». Автор в своей работе предлагает научно и практически обоснованный подход решения проблемы создания модульных ДДТ, основанных на устойчивых физических принципах преобразования.

Решаемая в диссертационной работе проблема представляет большой научный интерес, а также имеет большую практическую значимость для развития нового класса совмещенных ДДТ, востребованных во многих отраслях науки и техники РК.

### **2. Степень новизны каждого научного результата (положения) и выводов соискателя, сформулированных в диссертации.**

Проведенные исследования по анализу и выбору совместимых физических методов преобразования давления и температуры позволили выявить базовые принципы преобразования, которые обеспечивают эксплуатацию датчиков в экстремальных условиях.

Разработаны алгоритмы и программы моделирования и оптимизации УЭ и ПЧЭ позволили сократить трудоемкость и исключить некоторые процедуры испытаний за счет анализа моделей.

Предложенные новые конструктивно-технологические решения позволили оптимизировать топологию, уменьшить перекрестные помехи и повысить стабильность метрологических характеристик. Разработанные новые

конструкции модульных ПЧЭ с деформационными и термозависимыми сенсорными элементами доказали свою технико-экономическую эффективность и могут быть основой для импортозамещения;

Оригинальная методика и модели компенсации температурных погрешностей на основе пленочных компенсаторов, может быть рекомендована для дальнейших исследований.

Новизна полученных результатов стала основанием для публикации результатов работы в рейтинговых журналах, включая международные научные издания, имеющие импакт-фактор и включенные в информационную базу данных Scopus

### **3. Соблюдение в диссертации принципа самостоятельности.**

Степень самостоятельности диссертационной работы подтверждается результатами проверки на антиплагиат в соответствующих организациях, а также выполненными в работе ссылками на литературу. Самостоятельность результатов также подтверждена практической реализацией и актами внедрения результатов работы.

### **4. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации.**

Заключение содержит краткие выводы по результатам работы, подтвержденные экспериментально либо теоретическим моделированием с использованием инженерных моделей, в соответствии с приведенными на рисунках зависимостями и иллюстрациями и данными таблиц.

По результатам диссертационного исследования:

- выбраны для ДДТ совместимые физические методы преобразования давления и температуры в электрическую величину, в качестве которых были выбраны пьезорезисторный и терморезистивный методы;
- разработаны и исследованы уровневые физико-математические модели элементов и структур совмещенных ДДТ;
- разработаны алгоритмы и программы моделирования полупроводниковых ЧЭ;
- исследованы динамические характеристики (резонансные частоты, диапазон частот, погрешность и проч.) упругих элементов различной конфигурации;
- разработаны и апробированы на практике новые универсальные топологии и конструкции ПЧЭ с деформационными и термозависимыми сенсорными элементами;
- предложено метрологическое обеспечение испытаний ДДТ;
- изготовлены экспериментальные образцы МЭД и проведены их испытания.

Впервые разработана и внедрена эффективная методика компенсации механических и тепловых напряжений с помощью пленочных компенсаторов, формируемых на ЧЭ.

Диссертационная работа Баясиловой Зухры Ануаровны содержит новые научно обоснованные и достоверные экспериментальные и теоретические

результаты, которые базируются на фундаментальных положениях физики и использовании современных методов исследований измерительных приборов.

#### **5. Соблюдение в диссертации принципа внутреннего единства.**

Результаты диссертационной работы обладают внутренним единством, поскольку все разделы направлены на решение проблемы разработки нового поколения измерительных приборов, а именно, многофункциональных датчиков давления и температуры, являющийся импортозамещающей продукцией на отечественном рынке.

#### **6. Практическая и теоретическая значимость научных результатов**

Автором проведены объемные теоретические исследования по методам преобразования и конструкции датчиков и выбраны базовые конструктивно-технологические решения. Применительно к многофункциональным датчикам давления и температуры исследована физическая и функциональная совместимость методов преобразования, что позволило выявить конструктивно и технологически совместимые методы с учетом условий эксплуатации датчиков. Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов работы в развитие отечественного приборостроения, а также подтверждена актами внедрения результатов в учебный процесс.

#### **7. Соблюдение в диссертации принципа академической честности.**

Работа выполнена в рамках совместного труда ученых России и Казахстана, результаты работы экспериментально подтверждены выполненными экспериментальными образцами, публикациями в значимых изданиях, поэтому не подвергаю сомнению академическую честность всех занятых в этом процессе ученых.

#### **8. Замечания и предложения по диссертации.**

Диссертация Баясиловой З.А. является серьезным вкладом в область приборостроения, перспективна в практике создания импортозамещающей аппаратуры, оформлена в соответствии с требованиями, изложенными в Правилах по присуждению учёных степеней.

По содержанию работы имеются следующие пожелания и замечания:

1. В разделе 1.1 на рисунке 1.4 приведено неудачное (но приведенное в литературе со ссылкой) отображение функциональной схемы робота. В разделе 1.2 не указано обоснование выбранной автором классификации ДФВ, хотя на практике применяют и другие критерии классификации, например, по физическим принципам преобразования.

2. В разделе 2 (стр.39) к описанию не пояснены амплитудные и частотные диапазоны изменения давлений, так как в основном от этих величин выбирается принцип действия и тип датчиков.

3. В разделе 3 (стр.67) неверное название рисунка, как понятно из текста и смысла рисунок 3.6 это не «математическая», а «механическая» модель.

4. В разделе 4 (рисунок 4.14) результативные графики построены только по 3 точкам, нет пояснений насчет достоверности таких данных и порядка проведения эксперимента, нет пояснений по поводу планирования эксперимента.

5. По оформлению графического материала: при формулировке новизны темы пропущено слово «проектирования» (должно быть: Новизна темы состоит в

разработке и внедрении современных принципов математического моделирования в область проектирования компонентов совмещенных датчиков давления и температуры), на некоторых рисунках не указаны единицы измерения на оси (рис.2.8, 2.14, 3.11, 3.12 и др.), а также нет размерности в единой системе (Па, мм, мкм. с. 85, 86 и др.). Имеются опечатки особенно по словам на английском языке (стр. 17, стр. 34 и т.д).

Однако указанные недостатки не имеют принципиального характера и не умаляют достоинства диссертационной работы

### 9. Соответствие содержания диссертации в рамках требований Правил присуждения ученых степеней.

Комитета по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Диссертационная работа «Разработка и исследование совмещенных датчиков давления и температуры», по своей актуальности, научной новизне, важности для теории и практики, объёму экспериментальных исследований полностью соответствует предъявляемым требованиям раздела 2 «Правил присуждения учёных степеней» Комитета по надзору и аттестации в сфере образования и науки РК к содержанию и оформлению диссертаций PhD, а её автор **Баясилова Зухра Ануаровна** заслуживает присуждения учёной степени доктора философии (PhD) по специальности **6D071600 - «Приборостроение**

**Официальный рецензент**  
**кандидат технических наук, профессор**  
**Алматинского университета**  
**энергетики и связи**  
**им. Гумарбека Даукеева**



**Копесбаева А.А.**

Колтаңбаны растаймын

Подпись заверяю \*

Кызметі Алиеве аты-жөні 3.10.

«30» 10 аты-жөні 2019 ж.