



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОРДЕНА
ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ
Проспект Мира, д. 95, г. Москва, 129085
Тел.(495) 615-21-90, Факс (495) 615-78-00
[http:// www.niiteplopribor.ru](http://www.niiteplopribor.ru),
e-mail: info@niiteplopribor.ru

№ _____

На № _____ от _____

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д212.277.01 при
Ульяновском
государственном
техническом университете
В.И.Смирнову
Ул. Северный Венец, 32
г. Ульяновск, 432027

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козлова Александра Ипатьевича на тему «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Применение датчиков давления в технологических процессах, системах контроля и управления накладывает определённые требования на их метрологические характеристики. Постоянно возрастают требования к точности измерений, к стабильности характеристик при воздействии внешних факторов. В данной работе сделан большой практический шаг в этом направлении. Она обозначила комплексный подход к проектированию и разработке тензопреобразователей (ТП) на основе структур «кремний на сапфире» (КНС), имеющих более высокие технические характеристики. Полученные экспериментальные данные могут быть использованы как тестовые при отработке новых конструкций ТП, проверке правильности используемых моделей в процессе моделирования. Из обширного информационного материала, посвящённого этой проблеме, выбраны наиболее значимые источники, на основе которых может быть построена разработка и проектирование ТП.

Указаны недостатки и ограничения, присущие данным источникам. Полученные практические результаты могут быть применены и для других областей техники, где применяются мембранные упругие элементы чашечного типа.

Актуальность исследований не вызывает сомнений, так как на их основе разработаны, изготовлены образцы ТП, с техническими характеристиками, отвечающим современным требованиям науки и техники.

Поставленная перед диссертантом работа содержала целый комплекс задач, которые были решены им в процессе её выполнения. К наиболее важным из них следует отнести:

1. Поведён обширный анализ литературных источников, выбраны наиболее подходящие для использования в вопросах проектирования ТП на основе КНС.

2. Разработан и изготовлен полупроводниковый чувствительный элемент на основе структур КНС со специальной тестовой топологией, который позволил экспериментально проверить многие теоретические выводы, имеющиеся в литературе.

3. На основе грамотно поставленного эксперимента с использованием статистической обработки получены хорошая повторяемость и достоверность результатов.

4. На основе экспериментальных исследований с помощью чувствительного элемента со специальной тестовой топологией, а также результатов моделирования выработаны требования по проектированию новых типов ТП. Экспериментальные образцы новых ТП, изготовленных в соответствии с этими требованиями, подтвердили расчётные характеристики.

Работа, которую выполнил автор, сочетает высокий научный уровень исследований и безупречно поставленный эксперимент.

Единственный недостаток, который, однако, не снижает важности выполненной работы связан с моделированием. В автореферате не

отражены используемые модели, на основании которых получены хорошо согласующиеся с экспериментом результаты.

По структуре и содержанию решенных в ней задач работа полностью отвечает требованиям специальности 05.13.05. В целом, из автореферата следует вывод, что представленная диссертация «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления» соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Козлов А.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Заместитель генерального директора

К.ф.м.н



А.В.Белоглазов

Белоглазов Алексей Васильевич,

117216, г.Москва, ул.Акад. Глушко, д.10. к.1, кв.73.

тел. (915) 222-65-87, e-mail belogniitp@mtu-net.ru

ОАО «НИИТеплоприбор

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Козлова Александра Ипатьевича «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук, по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Диссертационная работа Козлова Александра Ипатьевича посвящена актуальному вопросу – оптимизации мембранного тензопреобразователя давления на структуре КНС. Датчика давления МИДА на основе упомянутых структур положительно зарекомендовали себя в измерительной технике и выпускаются уже более 30 лет. Однако, непрерывно растущие требования к технико-экономическим характеристикам датчиков делают необходимым постоянное совершенствование их конструкции, технологии изготовления и отдельных элементов. В данной работе рассмотрена задача оптимизации центральной компоненты датчика – тензопреобразовательного узла, содержащего КНС структуру, жестко соединенную с металлическим упругим элементом чашечного типа.

Удачное конструктивное решение для датчиков МИДА было объектом ряда серьезных исследований, однако, сложность тензопреобразователей, содержащего разнородные материалы (кремний, сапфир, припой, титановый упругий элемент) делало задачу моделирования достаточно трудной и неизбежно приводило к существенным упрощениям при проектировании. Для решения поставленной в диссертации задачи автор применил метод тензометрирования в интегральном варианте и получил необходимые для оптимизации тензопреобразователя распределения деформации и ТКС тензорезисторов. Полученные данные использовались далее для верификации численной модели преобразовательного узла.

Комплекс исследований, проведенных Козловым А.И. позволил сформулировать конкретные рекомендации по оптимизации конструкции тензопреобразователя и доказать эффективность полученных решений. Вместе с тем, можно указать на некоторые спорные моменты, касающиеся материала диссертации.

1. Автор излишне расширительно обобщает результаты своих измерений. Наличие максимума деформации и его зависимость от геометрии упругого элемента для обычных кремниевых интегральных тензопреобразователей с мембраной, сформированной анизотропным травлением – давно известный факт. Но для рассматриваемого КНС тензопреобразователя, из-за особенностей конструкции, представленные результаты являются новыми и интересными.
2. На мой взгляд, аналитическая модель, выбранная для сравнения, не слишком удачна, учитывая размеры упругого элемента. Аналитическая модель – это модель тонких диафрагм. Опять таки известно,

что распределение деформации в толстых пластинах отличается от тонких, также как и топология тензопреобразователей.

3. При анализе деформации упругого элемента ни в автореферате, ни в диссертации не обсуждается вопрос об учете предварительной деформации, от соединения КНС пластины с чашечным упругим элементом. А этот вопрос методики измерений и влияет на погрешность определения деформации.

Тем не менее, считаю, что в диссертации получены новые и интересные результаты, а ее автор Козлов Александр Ипатьевич заслуживает присвоения искомой степени кандидата технических наук. Его исследования позволяют сделать российские датчики более конкурентно-способными в мире.

Профессор кафедры Полупроводниковых
приборов и микроэлектроники,
Новосибирского государственного
технического университета,
доктор технических наук,
заслуженный работник Высшей Школы

В.А. Гридчин

ПОДПИСЬ
ЗАВЕРЯЮ.
ДОКУМЕНТСВЕД

Гридчин В.А.
Вид



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козлова Александра Ипатьевича
на тему «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей
давления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной
техники и систем управления.

Диссертация Козлова Александра Ипатьевича посвящена актуальной проблеме разработки мембранных тензопреобразователей (ТП) давления с улучшенными метрологическими характеристиками и исследование реальных распределений деформаций на поверхности мембранного упругого элемента чашечного типа для нахождения оптимального расположения терморезисторов на поверхности мембраны. Решение данной проблемы позволит разработчикам датчиковой аппаратуры сократить временные и материальные затраты.

С целью повышения метрологических характеристик мембранных ТП давления: снижения нелинейности температурных характеристик, повышения чувствительности упругого элемента под действием температуры и давления, автором разработаны:

- математические модели упругих элементов ТП давления и профилей деформации в УЭ;
- оптимизированные ТП на основе КНС и исследованы их метрологические характеристики.

В диссертации получены новые научные результаты, среди которых наибольший интерес представляют:

- распределения изменения тензорезисторов под действием температуры и давления;
- конструктивные решения оптимизации ТП, повышающие их метрологические характеристики;
- типы унифицированных ПЧЭ, с уменьшенными температурными погрешностями, со сниженной себестоимостью изготовления ТП.

Работа написана хорошим стилем, материал изложен последовательно, логично и аргументировано. Однако по автореферату имеются отдельные замечания:

- стр.9 рис.1 не подписаны графики, непонятно где ϵ_r и ϵ_t ;
- в автореферате не указаны причины установленного значительного расхождения результатов аналитических расчетов и экспериментальных данных распространения упругих деформаций мембраны за линию ее жесткого защемления.

Указанные замечания не носят принципиального характера и ни в коей мере не снижают ценности проведенного исследования. Проделанная автором работа заслуживает внимания для разработчиков датчиковой аппаратуры для проектирования новых типов и совершенствования существующих типов. Результаты диссертации обоснованы и представляют собой законченное научное

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации КОЗЛОВА Александра Ипатьевича
«Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления»
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Работа посвящена важной и актуальной задаче разработки мембранных тензопреобразователей давления (МТПД) широкого спектра применения. Рост числа областей, в которых использование МТПД позволяет повысить управляемость технологических процессов и улучшить on-line информативность требует удешевления их изготовления и повышения метрологической надежности. Конечно, утверждение автора, что обычно применяемое аналитическое описание не дает достоверных результатов не оригинально: просто его погрешность такова, что устраивала разработчиков и пользователей в XX-м веке, но не соответствует современным задачам. Справедливости ради отметим, что неприемлемость общепринятых аналитических методов для решения задач МТПД достаточно очевидна и обусловлена миниатюрностью объектов исследования.

В этой связи весьма своевременно автор использует комбинированный теоретико-экспериментальный метод изучения распределения напряжений и деформаций различных конструктивов упругих элементов тензопреобразователей на основе КНС. Этот предложенный соискателем метод, улучшающий метрологические характеристики датчиков- переход от абстрактной модели жесткого закрепления мембраны по контуру и недеформируемого основания к модели с реально распределяемыми деформациями. Как следствие, удалось оптимизировать расположение тензорезисторов на поверхности мембраны и учесть краевые эффекты. Предложенные топологии размещения терморезисторов МД-009, МД-010 и МД-12 дают существенный эффект как в упрощении технологии изготовления, так и в повышении метрологических характеристик. Использование рекомендаций соискателя при выпуске продукции ЗАО «МИДАУС»- свидетельство практической значимости работы.

В качестве замечания следует обратить внимание автора на целесообразность использовать систему СИ и измерять температуру в Кельвинах.

Рецензируемая работа «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления» является хорошим примером адекватного научного ответа на возникающие инженерные запросы. Она отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к авторефератам диссертаций на соискание ученой степени кандидата

технических наук, а КОЗЛОВ Александр Ипатьевич заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.13.05- Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.



Колесников Александр Николаевич, к.т.н.

24 .12.2014

Подпись Колесникова А.Н. заверяю

Генеральный директор ЗАО «ПромСервис»



А.А.Минаков

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козлова А.И. «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Диссертация посвящена исследованию и разработке первичных измерительных преобразователей – тензопреобразователей (ТП) давления с мембранными упругими элементами чашечного типа. Учитывая, что для различных тензопреобразователей (полупроводниковых кремниевых, металлических пленочных, на основе структур «кремний на сапфире») принцип преобразования измеряемого давления в электрический сигнал один и тот же, выбор объекта исследований обоснован. Полученные результаты позволяют разрабатывать более совершенные средства измерения, поэтому диссертация актуальна и по содержанию соответствует заявляемой специальности.

В представленной на защиту работе решение задач, сформулированных в начале исследования, достигается соискателем последовательно, шаг за шагом. Сначала автор рассматривает различные теоретические модели, используемые при проектировании ТП с мембранными упругими элементами чашечного типа, обосновывает необходимость применения численного моделирования. Далее экспериментально подтверждает адекватность выбранной численной модели. Работа завершается разработкой тензопреобразователей давления с оптимизированными параметрами, подтвержденными данными сравнительных испытаний.

Важным фактом, подтверждающим практическую применимость полученных результатов, является исследование, разработка, испытание и внедрение в серийное производство тензопреобразователей давления новых унифицированных полупроводниковых чувствительных элементов на основе структур «кремний на сапфире».

Вместе с тем, автореферат был бы более информативен, если бы хотя бы на отдельные работы (наиболее значимые), перечисленные на стр.4 и 11 были

бы даны ссылки. Однако указанный недостаток не снижает ценности полученных результатов диссертационной работы.

По материалам диссертации опубликованы 4 статьи в журналах, рекомендованных ВАК. Диссертация Козлова является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные технические решения по созданию новых унифицированных полупроводниковых чувствительных элементов, имеющие существенное значение для развития приборостроительной отрасли, соответствует пунктам «Положения о присуждения ученых степеней» ВАК №9 – 14, а ее автор Козлов Александр Ипатьевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Старший научный сотрудник
кандидат технических наук

А.Л. Очеретянский
26.12.14

А.Л. Очеретянский

Подпись Очеретянского А.Л. заверяю

Ученый секретарь ВНИИА



С.И. Дубовик
26.12.14

С.И. Дубовик

Очеретянский Аркадий Львович

Адрес рабочий: 127055, Москва

ул. Суцеская, д. 22

тел.: +7(499) 972-57-50,

e-mail: mailbox244@vniia.ru

Место работы: ВНИИА

Должность: старший научный сотрудник

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора ОАО
"НИИФИ" по научной работе, к.т.н.

А.В. Блинов

" 7 " 01 2015 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козлова Александра Ипатьевича

«Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.13.05-Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления имеют важное значение для создания новых и модернизации существующих датчиков давления. Поэтому диссертационные исследования и тема диссертационной работы Козлова Александра Ипатьевича, в настоящее время являются актуальными.

Научная новизна диссертационной работы Козлова Александра Ипатьевича характеризуется следующими основными положениями:

1 Результатами исследования распределения изменения сопротивления тензорезисторов под действием давления и температурных коэффициентов сопротивления тензорезисторов по поверхности упругого элемента чашечного типа для одно-и двухмембранных тензопреобразователей.

2 Показано, что деформированное состояние упругого элемента чашечного типа не достаточно точно описывается аналитическими выражениями, справедливыми для круглых мембран, жесткозащемленных по контуру.

3 Предложено конструктивное решение оптимизации тензопреобразователей, позволяющее повысить их метрологические характеристики.

4 Разработаны новые типы унифицированных чувствительных элементов, обеспечивающих уменьшение температурной погрешности нулевого сигнала тензопреобразователей и снижающих себестоимость их изготовления.

Практическая значимость работы Козлова Александра Ипатьевича заключается в следующем:

—в оптимизации конструкций упругих элементов тензопреобразователей, позволившей снизить нелинейность и вариацию выходного сигнала серийных тензопреобразователей давления типа МИДА в 1,2-1,6 раза и в 3-7 раз соответственно;

– в разработке полупроводникового чувствительного элемента на основе структур КНС МД-010, использование которого позволило снизить температурный дрейф нулевого сигнала серийных тензопреобразователей давления типа МИДА в 2,5-3 раза;

– в разработке полупроводникового чувствительного элемента на основе структур КНС МД-12, имеющего в 3,3 раза меньшую площадь по отношению к ранее использованным полупроводниковым чувствительным элементам, использование которого позволило вдвое уменьшить нижний предел измеряемых давлений датчиков давления МИДА (до 1,6-2,5 кПа).

Автореферат написан технически грамотным языком и дает достаточно полное представление о сути диссертационной работы.

К числу недостатков автореферата можно отнести:

1 Отсутствует обоснование возможности распространения экспериментальных результатов, полученных на полупроводниковых чувствительных элементах, на любые тензопреобразователи с упругими элементами чашечного типа.

2 В списке публикаций автора отсутствуют единые публикации автора.

3 В списке публикаций автора отсутствуют сведения о защите разработанных соискателем технических решений объектами интеллектуальной собственности: патентами на изобретения, полезными моделями и т.д.

Отмеченные недостатки не снижают общей научной и практической значимости диссертационной работы.

Судя по автореферату, можно отметить, что диссертация Козлова Александра Ипатьевича, посвященная решению актуальной задачи исследованию и разработке мембранных тензопреобразователей давления, представляет собой законченную научно-квалификационную работу. При её выполнении сделан определенный научный и практический вклад в совершенствование тензопреобразователей. Поэтому диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.13.05 "Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления" и требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Ученый секретарь научно-технического
совета ОАО "НИИФИ", д.т.н.

А.А. Папко

А.А. Папко

Член научно-технического совета

ОАО "НИИФИ", д.т.н.

*Матвеевская Елена
по работе с персоналом
ОАО "НИИФИ"*

Е.М. Белозубов
А.А. Папко
Матвеевская Елена



Отзыв

на автореферат диссертации Козлова А.И. «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления

Работа Козлова А.И. посвящена очень важной проблеме – повышению чувствительности и уменьшению температурной погрешности измерения давления. В настоящее время использование новых алгоритмов цифровой обработки сигналов практически не приводит к потере полезной информации, поэтому на первый план выходит задача повышения точности первичных датчиков получения информации.

В автореферате четко сформулированы и поставлены основные задачи, показана актуальность темы, определена научная новизна и основные положения, выносимые на защиту.

Следует отметить наиболее значимые результаты диссертационной работы:

- экспериментально определено распределение изменения сопротивления под действием давления радиальных и тангенциальных полупроводниковых тензорезисторов на мембранных упругих элементах чашечного типа;
- экспериментально подтверждена справедливость численной математической модели тензорезисторных преобразователей давления;
- на основе результатов исследований проведена оптимизация топологии чувствительного элемента на основе структур «кремний на сапфире», что позволило снизить нелинейность, вариацию и температурный дрейф.

В качестве замечания по автореферату необходимо отметить тот факт, что из текста не совсем ясно, насколько учтены экспериментальные данные смещения максимума величины δ (рис. 4) при оптимизации топологии чувстви-

тельного элемента. Особенно интересны результаты оптимизации при больших толщинах мембраны, когда максимум смещается за ее границу.

Отмеченные замечания, однако, не снижают научной и практической значимости диссертационной работы.

Структура диссертации, как это следует из автореферата, полностью соответствует требованиям ВАК РФ.

Работа выполнена на должном профессиональном уровне и отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Козлов Александр Ипатьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

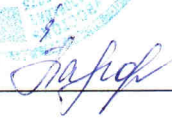
Профессор кафедры приборостроения,
Чистопольский филиал «Восток» Казанского
национального исследовательского технического
университета им. А.Н. Туполева, к.т.н., доцент



С.Г. Прохоров

Подпись Прохорова С.Г. заверяю:

09.12.2014 г.

 Секретарь
Ученого совета
ЧФ КНИТУ-КАИ
Тарфенева Е.А.

Прохоров Сергей Григорьевич,
422981, г. Чистополь, ул. Энгельса, д.127 А,
тел. (84342) 5-69-42, e-mail: psgr@mail.ru,

Чистопольский филиал «Восток» Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, профессор кафедры приборостроения.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козлова Александра Ипатьевича на тему «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Выбранная тема диссертации Козлова А.И., охватывающая задачи определения реального распределения деформаций на поверхности мембранного упругого элемента чашечного типа ТП давления, является актуальной.

В ходе решения поставленных задач диссертантом были разработаны адекватные математические модели ТП давления и успешно применены в исследованиях, получены важные для теории и практики применения мембранных ТП давления результаты, к которым следует отнести:

1. распределения изменения сопротивления под действием давления радиальных и тангенциальных полупроводниковых тензорезисторов на мембранных упругих элементах чашечного типа;
2. распределения деформаций по поверхности мембранных упругих элементов чашечного типа, кардинально отличающиеся от классических;
3. установлено, что разность ТКС радиальных и тангенциальных тензорезисторов определяется краевым эффектом и практически не зависит от конструктивных параметров мембранного упругого элемента;
4. разработаны новые конструктивы тензопреобразователей и чувствительных элементов на основе КНС, позволившие существенно улучшить метрологические характеристики ТП и снизить себестоимость их изготовления.

Работа сделанная автором полезна с теоретической и практической точек зрения и безусловно заслуживает внимания специалистов. Результаты диссертации обоснованы грамотным планированием и статистическим анализом результатов эксперимента. Работа выполнена на современном научном уровне и представляет собой законченное научное исследование.

Из замечаний: в автореферате было бы полезнее сравнить характеристики серийных и разработанных ТП не в табличном, а в более наглядном виде.

Это замечание не оказывает существенного влияния на общее восприятие работы и ни в коей мере не снижает ценности проведенного исследования.

По структуре и содержанию решенных в ней задач работа полностью отвечает требованиям специальности 05.13.05.

В целом, из автореферата следует вывод, что представленная диссертация «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления» соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Козлов А.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Заместитель генерального директора

ОАО «Манотомь» к.т.н., доцент



Свинолулов Ю.Г.

Подпись Свинолулова Ю.Г. заверяю



секретарь
Иванова Я.
Перкина Верка

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора по

ОКР – Директор НТЦР ОАО «УКБП»,

кандидат технических наук



В.П. Деревянкин

22 12 2014г.

О Т З Ы В

на автореферат диссертации Козлова Александра Ипатьевича «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления»

Преобразователи первичной информации в значительной степени определяют погрешность различных измерительных систем и комплексов, что в дальнейшем определяет и экономический эффект применяемых систем, безопасность эксплуатации (например, безопасность эксплуатации воздушных судов) и т.д. Поэтому вопросы уменьшения погрешности преобразователей первичной информации не теряют своей актуальности и выбранное направление исследований полностью соответствует современным потребностям в первичных преобразователях для измерительных систем.

В данной работе решаются задачи сравнения результатов экспериментальных исследований и общепринятых аналитических зависимостей, описывающих распределение деформаций по поверхности мембран, а также разработки уточненной математической модели по результатам экспериментальных исследований для нахождения наиболее подходящих метрологических характеристик тензопреобразователей.

Научная новизна проведенных исследований заключается в уточненной численной модели для оптимизации метрологических характеристик тензопреобразователей, позволившая разработать новые типы чувствительных элементов с уменьшенной температурной погрешностью нулевого сигнала.

Практическая ценность подтверждается получением тензопреобразователей давления с уменьшенной в 1.5 раза нелинейностью и в 5 раз вариацией выходного сигнала. Отдельного внимания заслуживает замена двухмембранного тензопреобразователя на основе структур «кремний на сапфире» на одномембранный при сохранении диапазонов измеряемого давления.

Основные результаты исследований опубликованы в 10 печатных работах, в том числе 4 – в журналах, рекомендуемых ВАК, докладывались на различных научно-практических конференциях, в том числе и международных.

В качестве замечаний по работе следует указать следующее.

1. Отсутствует описание состояния рассматриваемого вопроса за рубежом и сравнительные характеристики с зарубежными аналогами.

2. В автореферате не показано, какой именно метрологической характеристике отдавалось предпочтение при оптимизации тензопреобразователей, а также не обозначено, какие именно технические решения, кроме размещения тензорезисторов, были внедрены для улучшения метрологических характеристик.

Однако, указанные недостатки не снижают ценности проведенных исследований и практическую значимость полученных результатов.

В целом диссертация представляет собой законченный научный труд, соответствует требованиям ВАК, а ее автор Козлов Александр Ипатьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Начальник расчетно-теоретического
отдела, кандидат технических наук

Сорокин

Михаил Юрьевич

Подпись М.Ю.Сорокина заверяю:

Начальник



Е. А. Погова

19.12.14

ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»

432071, г. Ульяновск, ул. Крымова, 10а, тел. (8422) 58-46-80, e-mail: rto@ukbp.ru

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Козлова Александра Ипатьевича «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Актуальность работы. В большей части используемых датчиков давления применяются тензорезисторные преобразователи (ТП) давления на мембранных упругих элементах (УЭ) с тензорезисторами (ТР), сопротивление которых меняется при деформации мембраны. Точность показаний таких датчиков существенно зависит от формы и места расположения ТР на поверхности мембраны.

Но, несмотря на многолетнюю практику разработок и многомиллионное производство ТП вопросы оптимального расположения ТР на поверхности мембран на сегодняшний день изучены недостаточно.

С учетом данного обстоятельства в диссертационной работе Козлова А.И. поставлена задача разработки мембранных ТП давления с улучшенными метрологическими характеристиками на основе теоретико-экспериментального исследования особенностей распределения деформаций на поверхности мембраны и изменения сопротивления ТР под воздействием давления и температуры.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующих результатах:

- проведены экспериментальные исследования распределения изменения сопротивления ТР под воздействием давления и температуры для одно- и двухмембранных ТП;
- показано, что деформированные состояния УЭ чашечного типа и тонких круглых мембран, защемленных по контуру, описываются разными аналитическими выражениями;
- предложены решения по оптимизации расположения ТР на ТП, повышающие их метрологические характеристики;
- разработаны новые типы пьезочувствительных элементов (ПЧЭ), уменьшающих погрешности сигнала и снижающие себестоимость изготовления ТП.

Практическая ценность диссертационной работы состоит в том, что по ее результатам были оптимизированы конструкции УЭ тензопреобразователей и разработаны ПЧЭ №МД-010 и №МД-012 на основе технологии «кремний на сапфире», имеющие улучшенные характеристики по сравнению с используемыми ПЧЭ.

Недостатки работы:

1. В автореферате не приведены обоснования снижения стоимости ПЧЭ в зависимости от уменьшения ее площади (см. стр. 19).
2. В тексте автореферата встречаются нераскрытые аббревиатуры (например ТПЭ, МИДА).

Следует отметить, что приведенные недостатки не имеют принципиального характера и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Учитывая вышеизложенное и судя по автореферату, работа Козлова Александра Ипатьевича является законченным научным исследованием и соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы, Козлов А.И., заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05.

Д.т.н., доцент,
главный научный сотрудник
ФНПЦ ОАО «НПО «Марс»



Токмаков Г.П.

Подпись Токмакова Г.П. заверяю:
Ученый секретарь НТС к.т.н.



Масленникова Т.Н.