

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д212.277.04, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО
ДИССЕРТАЦИИ

НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.12.2021 № 10

О присуждении Савченко Евгению Геннадьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата ТЕХНИЧЕСКИХ наук.

Диссертация «Улучшение метрологических и эксплуатационных характеристик преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире» по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления» принята к защите 27.10.2021 (протокол заседания №7) диссертационным советом Д212.277.04, созданным на базе ФГБОУ ВО «УЛЬЯНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (432027, г. УЛЬЯНОВСК, ул. СЕВЕРНЫЙ ВЕНЕЦ, 32) №678/НК от 18.11.2020.

Соискатель Савченко Евгений Геннадьевич 29 июля 1989 года рождения. В 2016 году соискатель окончил очную аспирантуру в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», работает и.о. начальника научно-исследовательской лаборатории в ООО «Мидаус» (МИкроэлектронные ДАтчики и УСtrойства).

Диссертация выполнена на кафедре Физического материаловедения Инженерно-физического факультета высоких технологий ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

Научный руководитель – Стучеников Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, действительный член Российской метрологической академии, директор ЗАО МНС Промышленной Группы МИДА (МИкроэлектронные ДАтчики).

Официальные оппоненты:

1. **Михайлов Пётр Григорьевич**, доктор технических наук, спец. 05.11.14 «Технология приборостроения», профессор, ведущий научный сотрудник ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет»;
 2. **Антонец Иван Васильевич**, доктор технических наук, спец. 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», доцент, профессор кафедры авиационной техники ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева»
- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Ульяновский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук в своем положительном отзыве, подписанном **Сергеевым Вячеславом Андреевичем**, доктором технических наук, профессором, директором УФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН указала, что диссертационная работа Е.Г. Савченко является завершенной научно-квалификационной работой, по объему и научному уровню полученных результатов отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 28.08.2017 №1024) и содержит новое решение важной научно-технической задачи улучшения метрологических и эксплуатационных характеристик преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире» для применения в системах автоматизированного управления различных технологических процессов, а её автор Савченко Евгений Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления».

Соискатель имеет 18 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 18 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ, 2 статьи индексированы в Scopus.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Основные результаты представлены в следующих наиболее значимых работах:

- 1) Савченко, Е.Г. Влияние структурного состояния титановой мембранны на характеристики преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире» / Е.Г. Савченко, В.М. Стучебников // Приборы. – 2020 – № 3. – С.11-16.
- 2) Савченко, Е.Г. Гистерезис первого нагружения в преобразователях давления на основе структур КНС / Е.Г. Савченко, В.М. Стучебников // Датчики и системы. – 2017. – №7. – С. 23-29.
- 3) Савченко, Е.Г. Пайка чувствительных элементов в преобразователях давления на основе структур «кремний на сапфире» / Е.Г. Савченко, В.М. Стучебников // Сварочное производство. – 2013 – №1. – С. 23-25.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов, все отзывы положительные.

1. АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения» (г. Ульяновск). Отзыв подписан начальником НИО-22, к.т.н., **Козловым А.И.** **Замечания:** автореферате отсутствуют сведения о метрологических и эксплуатационных характеристиках современных датчиков давления иностранного производства. В списке публикаций автора отсутствуют сведения о защите разработанных соискателем технических решений объектами интеллектуальной собственности: патентами на изобретения, полезными моделями и т.д.

2. Чистопольский филиал «Восток» Казанского Национального исследовательского технического Университета им. А.Н. Туполева (г. Чистополь). Отзыв подписан заведующим кафедрой приборостроения, к.т.н, доцентом Прохоровым С.Г. **Замечания:** в автореферате отсутствуют сведения о том в каких конкретно системах управления используются исследуемые датчики. Часть рисунков имеет очень мелкий шрифт.

3. Научно-производственный комплекс "Технологический центр" (г. Зеленоград). Отзыв подписан директором, д.ф.-м.н., профессором **Светухиным В.В.** и к.т.н., начальником НИЛ ПП **Кицюком Е.П.** **Замечания:** указанная оптимальной микроструктура мембранны – мелкозернистая 1-3 балла глобуллярного типа – в основном тексте автореферата не упоминается. Аббревиатура ПЧЭ в тексте автореферата не расшифрована. Из текста автореферата и рисунка 3 непонятно, в чем преимущество сплава ВТ-6 над ВТ-16.

4. ООО «Ферри Ватт» (г. Казань). Отзыв подписан главным конструктором, к.т.н., профессором **Саликеевым С.И.** **Замечания:** автореферат был бы более информативен, если бы хотя бы на отдельные работы (наиболее значимые), перечисленные на стр. 4 и 11 были даны ссылки. Из рис. 3 неясно почему сплав ВТ-16 не является оптимальным. В автореферате отсутствуют сведения об оценке суммарной погрешности измерений.

5. АО «Промсервис» (г. Димитровград). Отзыв подписан ведущим специалистом перспективного планирования, к.т.н., **Колесниковым А.Н.** **Замечания:** в качестве характеристики механических свойств мягкой зоны соединительного слоя припоя ПСр72 автор применяет понятие «предел пластичности», которое в металловедении не используется. Как вариант – предел упругости. В отношении поведения под напряжением сплавов титана при околокомнатных температурах справедливо все же оперировать не понятием «ползучесть», а «микропластическая деформация». Согласно шкале величин зерен, принятой в материаловедении, самыми крупными являются зерна 0 и 1 баллов. Так что называть, как делает автор, структуру титанового сплава с зернами 1-3 баллов мелкозернистой – сомнительно. На рис.3 автореферата на самом деле показана «Диаграмма «напряжение-деформация» при растяжении». На рис.20 - путаница (дублирование) с описанием Рис.17. Утверждение «Показано, что механические свойства сплава ВТ6 можно повышать с помощью различных термообработок» - очевидно. Экспериментальные данные свидетельствуют о лучших характеристиках ПД, полученных пайкой припоеем СТЕМЕТ 1202, чем СТЕМЕТ 1410. Однако в выводах эти припои присутствуют на равных. Целесообразно также было бы уточнить, использован припой в виде ленты или порошка? Использование припоя СТЕМЕТ требует подогрева до 800-850 °С. Как это отражается на кремнии? Сапфире? Использование технологии SLM при изготовлении мембранны сложно обосновать экономически.

6. ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева» (г. Санкт-Петербург). Отзыв подписан руководителем лаборатории госэталонов и научных исследований в области измерений низкого абсолютного давления и вакуума, к.т.н. **Чернышенко А.А.** **Замечания:** в списке

публикаций автора отсутствуют единоличные публикации автора. В автореферате отсутствует информация о сравнении метрологических характеристик полученных улучшенных датчиков с датчиками иностранного производства.

7. ОАО «Манотомь» (г. Томск). Отзыв подписан главным экспертом по инновационному развитию, к.т.н., доцентом **Свинолуповым Ю.Г.** Замечаний нет.

8. Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г. Томск). Отзыв подписан заведующим кафедрой – руководителем отделения ядерно-топливного цикла на правах кафедры Инженерной школы ядерных технологий, доктором технических наук, доцентом **Горюновым А.Г.** и ведущим научным сотрудником научно-образовательной лаборатории электроники и автоматики физических установок, к.т.н. **Надеждиным И.С.** **Замечания:** в автореферате не уделено внимания к параметрам временной стабильности характеристик тензопреобразователей с предложенной новой технологией их изготовления.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области разработки элементов и устройств вычислительной техники и систем управления, наличием публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях по теме диссертационной работы, что позволило им определить научную и практическую ценность диссертации. Официальные оппоненты не имеют совместных проектов и совместных публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны мембранные тензопреобразователи давления с улучшенными метрологическими и эксплуатационными характеристиками, у которых вариация уменьшена в 4–7 раз, гистерезис первого нагружения при отрицательной температуре снижен в 100 раз, расширен температурный диапазон работы до 350 °C при сохранении точности.

Предложены новые подходы к проектированию датчиков давления на основе структур «кремний на сапфире», позволяющие учесть влияние металлических составляющих преобразователей (упругая металлическая мембрана и соединительный слой мембрана-сапфир) на их метрологические и эксплуатационные характеристики.

Доказана взаимосвязь метрологических характеристик преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире» с механическими свойствами соединительного слоя лейкосапфира и титановой мембранны.

Введено понятие «гистерезис первого нагружения» - нерегламентированная погрешность преобразователей давления, не поддающаяся схемотехнической коррекции и отрицательно влияющая на точность прецизионных датчиков давления.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказана и описана взаимосвязь механических свойств металлических элементов преобразователя давления с его метрологическими характеристиками, что даёт возможность корректировки существующих математических моделей преобразователей давления.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы методы металлографического и рентгеноспектрального анализа, статистической обработки результатов измерений, а также методы расчёта метрологических характеристик измерительных приборов;

изложены экспериментальные и теоретические способы выбора металлических составляющих преобразователей давления, влияющих на их метрологические и эксплуатационные характеристики;

раскрыто отрицательное влияние на метрологические и эксплуатационные характеристики преобразователей и систем управления на их основе использование стандартного паяного соединения титанового сплава с сапфиром (припой ПСр72) неоднородного по химическому составу и механическим свойствам. Показано, что недостатки соединения подложки с мембраной на основе припоя ПСр72, обусловленные неоднородностью его состава по толщине, можно устраниТЬ, используя высокотемпературную вакуумную пайку аморфными припоями марки СТЕМЕТ на основе титана и циркония;

изучено влияние металлических составляющих тензопреобразователей давления (упругая металлическая мембрана и соединительный слой мембрана-сапфир) на метрологические и эксплуатационные характеристики ТП на основе КНС;

проведена модернизация серийно выпускаемых тензопреобразователей и датчиков

давления на основе структур «кремний на сапфире».

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

разработаны и внедрены в серийное производство датчики давления с новыми тензопреобразователями, обладающими улучшенными метрологическими и эксплуатационными характеристиками, предназначенные для высокоточных систем управления и контроля;

разработаны преобразователи и датчики давления на основе КНС, работающие до температуры 350 °C, для измерения давления расплавов полимеров и эталонные датчики давления с точностью 0,01–0,05%. Эти приборы освоены в серийном производстве ПГ МИДА;

разработан и опробован процесс термомеханической стабилизации ТП. Процесс позволяет улучшить эксплуатационные и метрологические характеристики ТП.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на современном сертифицированном и поверенном оборудовании;

достоверность разработанных научных положений и выводов подтверждена результатами опытных испытаний образцов ТП и датчиков давления производства Промышленной Группы МИДА, а также серийным производством приборов;

теория не противоречит известным физическим принципам и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

использованы современные методы металлографических и метрологических измерений и обработки их результатов, произведён аналитический обзор результатов и достижений в исследуемой области.

Личный вклад соискателя состоит в: выполнении теоретических и всех экспериментальных исследований, изложенных в диссертационной работе, включая экспериментальные методики исследований, подготовку шлифов для металлографического анализа, макетных образцов ТП и оснастки для испытаний, выбор необходимого оборудования и проведение измерений, анализ и оформление результатов в виде публикаций и научных докладов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В работе отсутствуют аналитические и численные модели, связывающие параметры структуры и механические свойства материала слоя контактного соединения с метрологическими и эксплуатационными характеристиками ТП и датчиков давления на основе структур «кремний на сапфире» и объясняющие полученное улучшение указанных характеристик;
2. Отсутствует сравнение исследуемых преобразователей с зарубежными преобразователями и датчиками.

Соискатель Савченко Е.Г. согласился с критическими замечаниями, ответил на вопросы и дал необходимые разъяснения по замечаниям в ходе защиты и в отзывах на диссертационную работу.

На заседании 29.09.2021 диссертационный совет принял решение: за новые научно-обоснованные технические решения в области разработки преобразователей давления на основе структур «кремний на сапфире» присудить Савченко Е.Г. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 16, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета



Ярушкина Надежда Глебовна

Ученый секретарь
диссертационного совета

Наместников Алексей Михайлович

29.12.2021