

## О Т З Ы В

официального оппонента на диссертационную работу 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 темы диссертации.** Развитие приборостроения неразрывно связано с постоянным совершенствованием датчиковой аппаратуры. В области общепромышленных датчиков давления наибольшее распространение получили датчики на основе тензометрических преобразователей давления. Совершенствование их метрологических характеристик, осуществляется за счет повышения чувствительности, снижения нелинейности, гистерезиса и снижения влияния дестабилизирующих факторов, основным из которых является температура. Поэтому тема диссертационной работы Козлова А.И., направленная на повышение метрологических характеристик тензопреобразователей давления для датчиковой аппаратуры, является весьма актуальной.

**Научно-технический уровень и научная ценность диссертации.** Научная ценность работы заключается в том, что автором с помощью численных методов и экспериментальных исследований были уточнены существующие аналитические описания распределения деформаций тензопреобразователя давления мембранного типа, что позволило обеспечить возможность разработки тензопреобразователей с более высокими метрологическими характеристиками.

Полученные автором экспериментальные профили относительных изменений сопротивлений и температурных коэффициентов сопротивлений во всем рабочем диапазоне температур позволили разработать уточненную численную модель тензопреобразователя и проверить ее адекватность.

Все предложенные автором математические модели, теоретические и технологические решения были экспериментально исследованы. Таким образом, использованные автором методы теоретического анализа, и экспериментальных исследований оказались достаточными для разработки новых тензопреобразователей для датчиковой аппаратуры.

**Практическая ценность работы.** На основе разработанных автором математических моделей и способов повышения чувствительности и снижения аддитивной составляющей температурной погрешности были разработаны новые чувствительные элементы с улучшенными метрологическими характеристиками.

Разработанные на основе доработанных чувствительных элементов датчики показали в 1,2-1,6 раза меньшую нелинейность, в 3-7 раз меньшую вариацию выходного сигнала.

Кроме того, у вновь разработанного датчика МД-010 на основе чувствительного элемента с измененной топологией расположения тензорезисторов удалось снизить температурный дрейф нулевого сигнала в 2,5-3 раза, что минимизирует дополнительную температурную погрешность.

Реализованные автором решения при разработке нового чувствительного элемента, также позволили вдвое уменьшить нижний предел измеряемых давлений датчика, на его основе и оптимизировать конструктив чувствительного элемента с двухмембранного на одномембранный. Как следствие – повышение технологичности и снижение себестоимости.

Полученные научные и практические результаты внедрены в серийное производство датчиковой аппаратуры ЗАО «МИДАУС».

### **Замечания по диссертации**

1. Обзор литературных источников представлен не в 1-й главе, а во введении. Вследствие чего, введение по объему соизмеримо с главами диссертации.
2. В диссертации не приведен патентно-информационный обзор по отечественным и иностранным патентным материалам, хотя во введении есть упоминание, что проведено изучение патентной литературы (с.13), как

следствие, сложно сопоставить технический уровень исследования с зарубежными аналогами.

3. В методике эксперимента с.54 приведены погрешности применяемого оборудования и суммарная погрешность косвенного измерения 0,10%, без приведения расчета. При этом погрешность применяемой термопары, равная  $\pm 1^\circ\text{C}$ , вносит в итоговый результат измерения сопротивления тензорезисторов, с учетом их ТКС (с.73), погрешность до  $\pm 0,15\%$ .
4. С.85. Утверждение, что «математическая модель тензопреобразователя с достаточной степенью достоверности и адекватности описывает реальные процессы....» должно быть подкреплено расчётом оценки достоверности и конкретными величинами.
5. В диссертации рассмотрена только аддитивная составляющая температурной погрешности тензопреобразователей и способы ее минимизации. Данные по мультипликативной составляющей не представлены.
6. С. 89. Для снижения температурного дрейфа предложено «сместить тензорезисторы к центру мембраны на 0,9 мм, что позволяет уменьшить температурный дрейф нулевого сигнала в 1,5-2 раза...», однако это приведет к уменьшению чувствительности тензопреобразователя. Поэтому корректнее сравнивать величины дрейфа, отнесенные к чувствительности тензопреобразователя до и после смещения, а не их абсолютные значения.
7. На рис 4.5 с. 90 представлены статистические данные по величине температурных дрейфов нулевых сигналов тензопреобразователей МИДА, но не указан объем выборки, по которой они рассчитаны.
8. Учитывая практическую направленность работы, патентоспособные результаты, имеющие новизну, целесообразно запатентовать.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации. Замечания носят рекомендательный характер и могут быть учтены автором при подготовке доклада, представляемого к защите.

Говоря о работе в целом, в качестве ее достоинства следует отметить эффективное использование в ней современных теоретических и компьютерных методов исследования и моделирования, сравнение полученных теоретических результатов с экспериментальными данными. В изложении материалов и выводов прослеживается логическая связь. Автор работы показал умение ставить и решать задачи, анализировать полученные результаты и грамотно формулировать выводы.

Работа выполнена на достаточно высоком научно-техническом уровне, является законченной научно-исследовательской работой и может быть квалифицирована, как совокупность научно обоснованных технических и технологических решений, внедрение которых, вносит значительный вклад в ускорение научно-технического прогресса в области приборостроения.

**Оформление материалов диссертации.** Диссертация написана квалифицированно, литературно-техническим языком, снабжена достаточным количеством правильно оформленного иллюстративного материала.

Следует отметить, как положительную сторону, использование автором при оформлении диссертации современных текстовых и графических редакторов, то есть современных издательских средств.

Степень апробации работы путем опубликования основных положений в печати (10 публикаций, в том числе 4 статьи в журналах из перечня ВАК), на конференциях и путем использования полученных методик и моделей в ЗАО «МИДАУС», на мой взгляд, вполне достаточна.

Автореферат и опубликованные работы отражают основное содержание диссертации.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.05 “Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления”

## Заключение

Диссертационная работа Козлова Александра Ипатьевича на тему «Исследование и разработка мембранных тензопреобразователей давления», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», является законченной научно-квалификационной работой, которая по актуальности, научно-техническому уровню и практическому значению выполненных исследований, технических и технологических разработок полностью соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук: п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, а сам автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по заявленной специальности.

Официальный оппонент

кандидат технических наук,  
 начальник тематической комплексной бригады ТКБ-222  
 АО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»  
 Винокуров Лев Николаевич  
 432071, г.Ульяновск, Крымова 10а.  
 Тел./факс: (8422) 44-59-62  
 E-mail: nejron@gmail.com

Подпись Винокурова Л.Н. заверяю:

*Начальник отдела кадров Е.А. Гонцова*

«29» декабря 2014 г. Ульяновск

