

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.233.04
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10 декабря 2019 г. №59
о присуждении Аман Елене Эдуардовне, гражданину Российской
Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и методики управления результативностью
создания автоколебательных микромеханических акселерометров»

по специальности 05.02.22 «Организация производства
(радиоэлектроника и приборостроение)»

принята к защите 8 октября 2019 г., протокол №57, Диссертационным
советом Д 212.233.04 на базе Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования «Санкт-
Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения», Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская,
д. 67, лит. А, приказ №363/нк от 19.06.2014 г.

Соискатель Аман Елена Эдуардовна, 1989 года рождения, в 2012
году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования «Санкт-
Петербургский государственный университет аэрокосмического
приборостроения», в период с 2012 по 2017 год обучалась в аспирантуре
Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения», в 2019 году была
прикреплена к Федеральному государственному автономному
образовательному учреждению высшего образования «Санкт-

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» в качестве экстерна для сдачи кандидатского экзамена по направлению 27.06.01 «Управление в технических системах» (Организация производства (по отраслям)), работает ассистентом кафедры высшей математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Диссертация выполнена на кафедре высшей математики и механики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, доцент Смирнов Александр Олегович, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», кафедра высшей математики и механики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. Тимошенко Сергей Петрович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», институт нано- и микросистемной техники, директор института;
 2. Деркач Михаил Михайлович, кандидат технических наук, АО «Научно-производственное предприятие «Радар ммс», Научно-производственный комплекс микроэлектроники, микросистемной техники и нанотехнологий, ведущий инженер-технолог;
- дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Акционерное общество «Концерн «Моринформсистема-Агат», в своем положительном заключении, утвержденном главным конструктором направления – руководителем научно-методического центра подготовки и переподготовки кадров, д.т.н.,

профессором Е.С. Новиковым, подготовленным заместителем руководителя НМЦ по научной работе д.т.н., профессором А.К. Красниковым, начальником отдела научной работы, к.т.н., доцентом О.Н. Андреевой, указала, что диссертационная работа, в которой изложены **новые научно обоснованные технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны**, соответствует требованиям ВАК Минобрнауки, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор – Аман Елена Эдуардовна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение).

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, все по теме диссертации, в том числе 10 статей в ведущих рецензируемых научных изданиях, 2 статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных, одна статья и 8 докладов в других изданиях. Общий объем 5 п.л. (2,2 п.л. соискателя)). Соискателем получено свидетельство о государственной регистрации патента на изобретение.

Результаты диссертационной работы внедрены в АО «Лазерные системы», ОМП «Энергопрогресс», АО НПП «Радар ммс» и образовательный процесс ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Аман, Е.Э. Разработка конструктивно-кинематической модели микромеханических акселерометров/ Е.Э. Аман // Вопросы радиоэлектроники. 2019. №10. С. 17-20 (объем 0,2 п.л./ авторский вклад 0,2п.л.).

Личный вклад: представлена конструктивно-кинематическая модель микромеханического акселерометра (ММА), описана реализация и обоснованы принципов построения.

2. Аман, Е.Э. Методика повышения качества функционирования автоколебательного микромеханического акселерометра / Е.Э. Аман // Вопросы радиоэлектроники. 2019. № 9. С. 6-10 (объем 0,2 п.л./ авторский вклад 0,2 п.л.).

Личный вклад: представлена методика повышения качества функционирования автоколебательного ММА, описаны принципы повышения результативности процесса производства.

3. Аман, Е.Э. Имитационная модель мониторинга процесса эксплуатации автоколебательных микромеханических акселерометров / Е.Э. Аман, А.О. Смирнов // Наука и бизнес: пути развития. 2019. №8. С. 31-35 (объем 0,2 п.л./ авторский вклад 0,1 п.л.).

Личный вклад: представлена имитационная модель мониторинга процесса эксплуатации автоколебательных ММА, приведены результаты моделирования процесса эксплуатации.

4. Аман, Е.Э. Диагностирование качества систем трения механизмов приборов / Е.Э. Аман, Д.Ю. Ершов, И.Н. Лукьяненко // Вопросы радиоэлектроники. 2019. №7. С. 10-13 (объем 0,2 п.л./ авторский вклад 0,06 п.л.).

Личный вклад: представлена разработанная методика, положенная в основу диагностической модели для контроля качества процессов производства и эксплуатации систем трения узлов механизмов приборов.

5. Аман, Е.Э. Разработка имитационной модели и анализ возможности создания микромеханического линейного акселерометра «обращенной» схемы / Аман Е.Э., Скалон А.И. // Вопросы радиоэлектроники. 2017. №5. С. 40-43 (объем 0,4 п.л./ авторский вклад 0,2 п.л.)

Личный вклад: приведены результаты сравнительного анализа технологий производства микромеханических инерциальных датчиков, представлены новые конструктивные-технологические решения ММА.

6. Аман, Е.Э. Диагностика технического состояния смазки опор электромеханических устройств приборостроения / Е.Э. Аман, В.А. Голубков, И.Н. Лукьяненко // Современное машиностроение: Наука и образование. 2016. №5. С. 368-375 (объем 0,4 п.л./ авторский вклад 0,1 п.л.).

Личный вклад: описаны методы и алгоритмы диагностики технического состояния смазки опор электромеханических устройств в приборостроении.

7. Аман, Е.Э. Теоретический базис и конструктивно-кинематические схемы микромеханических инерциальных автоколебательных датчиков /

Е.Э. Аман, С.Р. Карпиков, И.Н. Лукьяненко, А.И. Скалон, А.А. Тыртычный // Датчики и системы. 2016. № 7 (205). С. 3-9 (объем 0,4 п.л./ авторский вклад 0,2 п.л.).

Личный вклад: описана новая конструктивно-кинематической модель микромеханического датчика и представлено ее математическое обоснование.

8. Аман, Е.Э. Расчет тепловых характеристик микромеханического акселерометра «обращенной» схемы / Е.Э. Аман, А.И. Скалон // Датчики и системы. 2016. № 8 (171). С. 76-82 (объем 0,3 п.л./ авторский вклад 0,15 п.л.).

Личный вклад: приведены результаты оценки параметров конструктивно-кинематической модели ММА при внешних возмущающих воздействиях.

9. Аман, Е.Э. Автоколебания в измерительной технике: философские аспекты и практические результаты / Е.Э. Аман, А.И. Скалон // Датчики и системы. 2015. № 3 (190). С. 3-8 (объем 0,4 п.л./ авторский вклад 0,2 п.л.).

Личный вклад: представлена оценка автоколебательных систем, обосновано применение режима автоколебаний в измерительной технике.

10. Аман, Е.Э. Методика оценивания тепловых характеристик микромеханического акселерометра «обращенной» схемы / Е.Э. Аман, А.И. Скалон // Датчики и системы. 2013. №8 (171). С. 27-32 (объем 0,4 п.л./ авторский вклад 0,2 п.л.).

Личный вклад: представлена разработанная методика, предназначенная для исследования тепловых полей в микромеханических датчиках, в том числе в микромеханическом автоколебательном акселерометре.

11. Aman, E.E. Defining free damped oscillation in technological systems / E.E. Aman, I.N. Lukjanenko, D.Y. Ershov, A.O. Smirnov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE), 537 (3), 2019. №032035 (объем 0,4 п.л./ авторский вклад 0,1 п.л.)

Личный вклад: обоснована математическая модель автоколебательного ММА.

12. Aman E.E., The simplest oscillating solutions of nonlocal nonlinear models /A.O. Smirnov, E.E. Aman // Journal of Physics: Conference Series (JPCS). 2019. 1150 №011021 (объем 0,5 п.л./ авторский вклад 0,2 п.л.)

Личный вклад: представлены результаты исследования зависимостей характеристик автоколебательного режима от параметров математической модели микромеханического акселерометра.

В диссертации Аман Е.Э. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из 11 организаций (все отзывы положительные):**

1. АО «ЦНИИ «Электроника» (подписал руководитель центра управления стратегическими проектами, к.ф.-м.н., Д.В. Клепиков). Замечания: 1) В автореферате не указано, какие потребуются корректирующие мероприятия при нарушении критериев оценки показателей результативности микромеханических акселерометров. 2) В автореферате диссертации недостаточно полно раскрыты экономические аспекты использования отечественной элементной базы.

2. ОАО «Радиоавионика» (утвердил генеральный директор ОАО «Радиоавионика» Н.А. Белоусов, подписали заместитель генерального конструктора по научной работе, д.т.н., профессор М.Г. Степанов, заместитель директора научно-технического центра перспективных программ и управления разработками научно-технического комплекса прикладных информационных технологий, к.т.н., доц. А.В. Верещагин). Замечание: в автореферате не уточнен диапазон ускорений, измеряемый датчиком, и, соответственно, недостаточно подробно описаны ограничения, связанные с областью применения разрабатываемого технического устройства.

3. АО «Северный пресс» (подписал инженер-конструктор 1 категории, к.т.н. В.А. Михеев). Замечание: введение в контур обратной связи звена с

заведомо известной нелинейностью (10-12стр.), будет вносить переменную ошибку в измерительный контур.

4. ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (подписал заместитель директора по научной работе, к.т.н. Е.П. Кривцов). Замечания: 1) В автореферате не уточнено, в чем состоит особенность технологии создания опытного образца датчика, и какие операции формируют технологическую новизну. 2) Не в полном объеме представлена количественная оценка результативности применения разработанной методики повышения качества функционирования.

5. ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет» (подписал заведующий кафедрой систем связи и телекоммуникаций, д.т.н., проф. В.И. Нефедов, профессор кафедры систем связи и телекоммуникаций, к.т.н., проф. Н.А. Трефилов). Замечание: в автореферате не уточнено, как сказывается влияние влажности среды на параметры автоколебаний акселерометра, в то время как отказ от вакуумирования приводит к зависимости данных параметров не только от температуры, но и от влажности.

6. АО «НИИ «Рубин» (утвердил ВрИО генерального директора, к.т.н., доц. В.Б. Чуйков, подготовили руководитель проекта, д.в.н., проф. В.И. Кузнецов, начальник конструкторского бюро 11/45, к.т.н. М.В. Яковицкая). Замечание: в автореферате не уточнено, как подтверждается достоверность применения имитационной модели мониторинга процесса эксплуатации микромеханических акселерометров на этапе изготовления опытного образца для удовлетворения нужд потребителя.

7. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (подписал профессор факультета систем управления и робототехники, д.т.н., проф. Г.Н. Лукьянов). Замечание: автор в

автореферате не представил в полном объеме оценку адекватности имитационной модели, что мешает получить представление о возможности использования этого результата при решении схожих задач.

8. АО «НПП «СПЕЦ-РАДИО» (утвердил генеральный директор А.В. Ладгин, подписал руководитель обособленного подразделения, академик Российской академии космонавтики, к.т.н. С.Н. Щугарев). Замечания: 1) В автореферате недостаточно подробно описаны отличительные организационные изменения, которые были внесены автором в типовой технологический процесс производства опытного изделия. 2) Недостаточно внимания уделено вопросу адаптивной (гибкой) настройке параметров микромеханического акселерометра этапе планирования производства.

9. ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (подписал заведующий кафедрой конструирования и производства радиоэлектронных средств, к.т.н., доц. Д.И. Кирик). Замечания: 1) из автореферата диссертации не ясно, какими параметрами ограничено расширение диапазона измерения микромеханического акселерометра в 1,5 раза; 2) при описании показателей результативности микромеханического акселерометра автор использует понятие «нулевого сигнала», не давая определение этому понятию.

10.ОАО «Завод Магнетон» (подписал заместитель генерального директора по инновационной деятельности, д.т.н., профессор А.А. Иванов). Замечание: недостаточно полно представлен сравнительный анализ отечественной элементной базы МЭМС и зарубежных аналогов.

11.АО «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры» (подписал старший научный сотрудник, д.т.н. Л.Б. Фридман). Замечания: 1) недостаточно глубоко и подробно представлен анализ отечественных и зарубежных аналогов прибора; 2) в тексте автореферата следовало бы уточнить степень

влияния радиационного фона на выходной сигнал с датчика, и, соответственно, пояснить возможность использования авторского микромеханического акселерометра в системах ориентации микроспутников.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их известностью своими достижениями в области организации производства, управления результативностью процессов производства микроэлектромеханических датчиков, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложена методика повышения результативности процесса создания автоколебательного микромеханического акселерометра, позволившая на этапе планирования производства гибко настраивать параметры прибора за счет нелинейной обратной связи;

предложена имитационная модель мониторинга процесса эксплуатации автоколебательных микромеханических акселерометров, позволившая обеспечить устойчивое состояние основных характеристик на этапе проектирования;

предложена методика повышения качества функционирования автоколебательных микромеханических акселерометров, улучшившая технологический процесс создания микромеханических датчиков путем оценки качества их работы в различных условиях эксплуатации.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что применительно к проблематике диссертации результативно и эффективно, т.е. с получением обладающих новизной результатов:

разработана конструктивно-кинематическая модель микромеханического акселерометра, отличающаяся от известных улучшенными конструкторско-технологическими решениями микромеханических

датчиков на основе нелинейного способа управления и электромагнитного взаимодействия;

предложена методика повышения результативности процесса создания автоколебательного микромеханического акселерометра, позволившая в отличии от известных гибко настраивать параметры проектируемого изделия на этапе планирования производства и проводить оценку качества микромеханического акселерометра на основе точностных характеристик;

разработана и обоснована имитационная модель мониторинга процесса эксплуатации автоколебательных микромеханических акселерометров;

предложена и обоснована методика повышения качества функционирования автоколебательных микромеханических акселерометров, позволившая повысить технологичность производственных процессов их изготовления при изменении требований заказчика.

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

проведена реализация автоколебательных режимов и введение существенно нелинейного звена, что уменьшило нестабильность коэффициента преобразования до 0,05%;

проведена реализация отказа от операции вакуумирования, что позволило сократить трудоемкость процесса производства в среднем на 20-23%;

результаты использования основных положений и выводов, сформулированных в диссертации, позволили расширить диапазон измерений в 1,5 раза, уменьшить величину смещения «нуля» до 30 % относительно аналогов, сократить энерго- и трудовые затраты при производстве микромеханических акселерометров;

полученные результаты использованы при обучении студентов по дисциплинам, связанным с организацией производства, разработкой и проектированием микромеханической продукции.

Указанные результаты подтверждены актами внедрения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что

теория построена на основе известных, достоверных и проверенных данных, которая согласуется с полученными автором результатами моделирования и экспериментальных исследований;

идея базируется на исследованиях отечественных и зарубежных авторов в области организации производства, разработки и проектирования микромеханической продукции;

теоретические модели и методики разработаны на основе признанного математического аппарата и известных, достоверных и проверенных данных;

установлено соответствие результатов работы с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, и апробацией в АО «Лазерные системы», АО «НПП «Радар ммс», ОМП «Энергопрогресс» и ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»;

корректно использованы математический аппарат, методы и средства имитационного моделирования, методы планирования и проведения экспериментов, научные достижения в области проектирования и организации производства.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и внедрении новых научных результатов: в разработке конструктивно-кинематической модели автоколебательного микромеханического акселерометра; методики повышения результативности процесса создания автоколебательного микромеханического акселерометра; имитационной модели мониторинга процесса эксплуатации автоколебательного микромеханического акселерометра; методики повышения качества функционирования автоколебательного микромеханического акселерометра; апробации и внедрении результатов исследования; подготовке публикаций по теме исследования.

