

## ОТЗЫВ

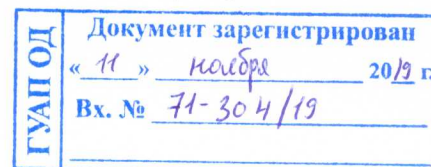
официального оппонента на диссертационную работу Аман Елены Эдуардовны «Модели и методики управления результативностью создания автоколебательных микромеханических акселерометров», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение).

### **Актуальность диссертационной работы**

Развитие отечественных средств авиационного и морского транспорта, разработка и реализация концепции интеллектуальных транспортных систем, включая беспилотные дистанционно управляемые, стремительный рост практического использования геоинформационных технологий сопровождается постоянным ужесточением требований к навигационным устройствам и датчикам. Ряд проблем, стоящих перед отечественными предприятиями по изготовлению микроэлектромеханических датчиков, связан с необходимостью существенного сокращения массы и габаритов таких датчиков при одновременном повышении их надежности и эксплуатационной стабильности. Постановление Правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 г. № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» в рамках программы «Развитие транспортного и специального машиностроения» (ред. от 29.03.2019 № 355 - 23) указывает на необходимость создания техники, конкурентоспособной как на внутреннем, так и на мировом рынках. С целью решения этих задач необходимы разработка и внедрение новых моделей и методик управления результативностью производства. Именно такие задачи и ставит перед собой автор диссертационной работы применительно к основным этапам жизненного цикла микроэлектромеханических акселерометров – проектированию, производству и эксплуатации.

В результате проведенных исследований в области организации производства сокращены трудовые, временные и материальные затраты, разработаны и внедрены новые производственно-технологические решения для микромеханических акселерометров производства изделия, повышена конкурентоспособность продукции.

Проведенное Аман Е.Э. диссертационное исследование направлено на развитие ряда направлений, включенных в Перечень критических технологий Российской Федерации, соответствует Государственной



программе «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» в сфере развития наукоемкого производства.

Вследствие этого диссертационная работа Е.Э. Аман, посвященная разработке моделей и методик управления результативностью создания автоколебательных микромеханических акселерометров, является актуальной.

### **Научная новизна исследований и полученных результатов**

Автором проведен всесторонний и глубокий анализ зарубежных и отечественных патентов, конструктивных материалов и рынков сырья, применяемых в процессе создания микромеханической измерительной аппаратуры.

Научная новизна основных результатов диссертационной работы Аман Е.Э. заключается в следующем:

- предложена и разработана новая конструктивно-кинематическая модель микромеханических акселерометров, отличающаяся от известных тем, что обеспечила реализацию автоколебательного режима при введении существенно нелинейного звена, исключило ряд технологических операций при одновременном улучшении тактико-технических параметров датчика, использующего исключительно отечественную элементную базу. Новизна научного результата подтверждена патентом;

- предложена новая методика повышения результативности процесса создания автоколебательного микромеханического акселерометра, позволившая на этапе планирования производства повысить эксплуатационную стабильность прибора за счет постоянного мониторинга работы изделия;

- предложена имитационная модель мониторинга процесса эксплуатации автоколебательных микромеханических акселерометров, новизна которой заключается в использовании результатов анализа их характеристик для обеспечения управляемости производственно-технологического процесса создания опытного изделия;

- предложена новая методика повышения качества функционирования автоколебательных микромеханических акселерометров, обеспечившая расширение диапазона условий их эксплуатации при одновременном повышении результативности производственных процессов изготовления МЭМС.

## **Основное содержание работы**

Во введении автором обоснована актуальность выбранной темы, описаны перспективы рынка МЭМС, подробно описаны цели и задачи работы, методы исследования, научная новизна, теоретическая, практическая значимость и указаны результаты внедрения.

В первой главе описаны конструктивно-технологическая специфика ММА, области их применения и требования к тактико-техническим характеристикам, предложена концепцию построение изделий, обоснована актуальность разработки моделей и методик повышения результативности создания микромеханических датчиков линейного ускорения. Автором проведен всесторонний и глубокий анализ зарубежных и отечественных патентов, конструктивных материалов и рынков сырья, применяемых в процессе создания микромеханической измерительной аппаратуры.

Вторая глава посвящена разработке конструктивно-кинематической модели микромеханических акселерометров. Автором предложены и обоснованы технические и технологические решения для создания конкурентоспособной техники, соответствующей международному уровню требований по безопасности, экологичности и экономичности. Содержание главы отвечает Области исследования 7 Паспорта специальности.

В третьей главе представлены и обоснованы методика повышения результативности (соответствует Области исследования 10 Паспорта специальности) и имитационная модель мониторинга процесса эксплуатации микромеханического датчика линейного ускорения (Область исследования 11 Паспорта специальности).

В четвертой главе автором предложена методика повышения качества функционирования автоколебательных микромеханических акселерометров (Область исследования 5 Паспорта специальности). Уделено особое внимание повышению качества работы изделия за счет введения тепловой компенсации и средств снижения влияния магнитных полей помех. Приведенные в главе результаты позволяют осуществить адаптацию производственно-технологического процесса создания изделия к изменяющимся требованиям технического задания к параметрам изделия.

## **Степень обоснованности и достоверности**

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов работы обусловлена корректным применением математических методов и моделирования, обоснованным подходом к управлению результативностью создания микромеханических датчиков линейного перемещения с апробацией на международных и всероссийских конференциях.

## **Практическая значимость результатов диссертационной работы**

Результаты диссертационной работы Аман Е.Э. обладают высокой практической ценностью, их внедрение дает возможность:

- сократить трудоемкость производства;
- повысить конкурентоспособность изделия за счет качественного улучшения характеристик (расширение диапазона измерений в 1,5 раза, уменьшение смещения «нуля» до  $4,15 \cdot 10^{-5}$  м, снижения нестабильности коэффициента преобразования до 0,05%, создания саморегулирующейся системы) за счет применения теоретических (имитационных) моделей;
- сократить энерго- и трудовые затраты при производстве микромеханических акселерометров;
- расширить диапазон условий эксплуатации микромеханических акселерометров за счет магнитного экрана и тепловой компенсации;
- упростить технологический процесс и повысить надежность за счет применения магнитного датчика силы и отказа от вакуумирования.

Результаты диссертационной работы внедрены в производственные процессы АО «НПП «Радар ммс», АО «Лазерные системы», ОМП «Энергопрогресс», использованы в НИР № С-7 «Разработка новых принципов построения микромеханических датчиков для систем навигации» и в образовательный процесс ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

Полученные результаты свидетельствуют о решении поставленной научной задачи, и подтверждают достижение цели диссертационного исследования.

## **Замечания**

В качестве замечаний по диссертационной работе следует отметить следующее:

1. Автору следовало бы в подтверждение научной новизны полученных выводов и положений привести полуколичественные или количественные оценки результатов математического моделирования и экспериментальных исследований.

2. Предлагаемое автором исключение операций вакуумирования и герметизации при переходе от электростатического датчика силы к магнитному требует дополнительного обоснования. Кроме того, следовало бы привести количественную оценку влияния вязкостных характеристик воздуха на параметры датчика при исключении именно вакуумирования разрабатываемого микромеханического акселерометра.

3. В диссертационной работе автор уделяет много внимания разрабатываемого акселерометру, то есть прибору, но существенно меньше – экономической составляющей работы. Отсутствуют опирающиеся на принятые экономические теории и методики расчеты затрат на организацию производства и получаемый экономический эффект.

4. В тексте диссертации имеется некоторое количество опечаток и грамматических ошибок.

Указанные замечания не носят принципиальный характер и не снижают общего уровня диссертационной работы.

### **Общая оценка диссертационной работы**

Материал диссертационной работы изложен логично и последовательно, иллюстрации выполнены наглядно и аккуратно.

Автореферат полностью отражает научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе.

Представленные в диссертационной работе новые научные результаты опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, в изданиях, входящих в Международные реферативные базы данных и системы цитирования. Аман Е.Э. внесла самостоятельный вклад в получение новых научных результатов, что подтверждается наличием публикаций без соавторства и патентом на изобретение.

Полученные в диссертационной работе результаты соответствуют Областям исследования 5, 7, 10, 11 паспорта специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение).

Диссертация является завершенной научно-квалифицированной работой, выполненной на высоком научном уровне, в которой решены все поставленные задачи. Работа содержит новые результаты теоретических исследований, а материал методично изложен и хорошо структурирован.

В диссертации изложены новые научно обоснованные технические и технологические разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Аман Елены Эдуардовны «Модели и методики управления результативностью создания автоколебательных микромеханических акселерометров» по содержанию, значимости новых научных результатов, выводов и рекомендаций полностью удовлетворяет основным требованиям

ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» № 842 от 24.09.2013, а ее автор – Аман Елена Эдуардовна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.22 – Организация производства (радиоэлектроника и приборостроение).

Официальный оппонент,  
ведущий инженер-технолог,  
АО «НПП «Радар ммс»,  
тел. +7-921-325-65-58,  
e-mail: derkach\_mm@radar-mms.com

«29» 10 2019 г.  Деркач Михаил Михайлович

Деркач Михаил Михайлович – кандидат технических наук по специальности 05.27.01 – Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нано-электроника, приборы на квантовых эффектах.

Подпись Деркача М.М. удостоверяю



ЗАМЕСТИТЕЛЬ ДИРЕКТОРА  
СЛУЖБЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ПЕРСОНАЛОМ  
БАГРОВА Н.И.