

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный  
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)  
ул. Профессора Попова, 5, С.-Петербург, 197376  
Тел.: (812) 346-44-87 Факс: (812) 346-27-58  
E-mail: [eltech@eltech.ru](mailto:eltech@eltech.ru)  
ОКПО 02068539 ОГРН 1027806875381  
ИНН/КПП 7813045402/781301001

13.04.2015 № 0020/421  
На № 430-10.48 от 03.04.2015

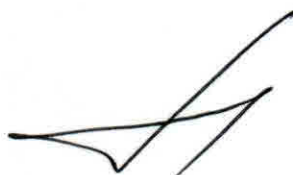
Учёному секретарю диссертационного  
Совета Д.212.125.02  
МАИ  
А.Н. Ульяшиной

(МАИ) Волоколамское ш. дом.4, Москва  
А80, ГСП – 3  
125993

### Сопроводительное письмо

Направляем Вам отзыв ведущей организации на диссертацию Косолапова Ильи Алексеевича на тему: «Маршрут автоматизации системного проектирования микроптоэлектро-механических систем», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (в электронике, радиотехнике и связи)».

Проректор по научной работе



Шестопалов М.Ю.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

ул. Профессора Попова, д.5, Санкт-Петербург, 197376  
Телефон: (812) 346-44-87 Факс: (812) 346-27-58 E-mail: [eltech@eltech.ru](mailto:eltech@eltech.ru) http://www.eltech.ru  
ОКПО 02068539 ОГРН 1027806875381 ОКВЭД 80.3, 73.1 ОКТМО 40392000000  
ИНН/КПП 7813045402/781301001

13.04.2015 № 0020/420

На № 430-10 от 03.04.2015

Утверждаю  
Проректор по научной работе  
к.т.н., доцент  
Шестопалов М.Ю.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Косолапова Ильи Алексеевича на тему: «Маршрут автоматизации системного проектирования микрооптоэлектро-механических систем», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (в электронике, радиотехнике и связи)».

Развитие микроэлектроники в области разработки датчиков, основанных на сочетании различных физических эффектов имеет особое значение, поскольку позволяет получить принципиально новые устройства, обладающие лучшими, по сравнению с существующими аналогами, характеристиками и не подверженные различным негативным эффектам.

На сегодняшний день экспериментальный подход к проектированию микрооптоэлектромеханических систем является неприемлемым из-за непредсказуемого возрастания количества необходимых экспериментальных образцов для получения необходимых данных. Поскольку существующие САПР не позволяют проводить математическое моделирование механических, оптических и электронных эффектов в едином цикле моделирования

необходима разработка маршрута автоматизации проектирования микрооптоэлектромеханических систем, основанного на системном подходе.

**Основная научная цель диссертации** – разработка маршрута автоматизации системного проектирования микрооптоэлектромеханических систем, позволяющий на основе исходных параметров получить в качестве результата структуру микрооптоэлектромеханической системы и зависимость выходных характеристик от точности воспроизведения параметров механической подсистемы.

**Главным направлением исследований**, проведенных в диссертационной работе, является разработка маршрута автоматизации системного проектирования микрооптоэлектромеханических систем.

## **1. Актуальность темы**

МЭМС и МОЭМ устройства базируются на использовании различных физических эффектов: электрических, оптических, механических и др. Экспериментальные исследования таких устройств связаны с большими временными затратами в связи со сложностью создания экспериментальных образцов, что делает разработку алгоритмов моделирования и автоматизированного проектирования подобных устройств актуальной задачей. Разработка методов, позволяющих выполнить междисциплинарное моделирование МОЭМ устройств в одном программном комплексе позволяет снизить стоимость разработки микросистем за счет уменьшения материальных затрат на проведение экспериментальных исследований, а также повысить процент выхода годных микросистем в серийном производстве. Однако применение существующих САПР для проектирования микросистем затруднено из-за больших вычислительных затрат, связанных с необходимостью решения систем уравнений большой размерности.

На этапе проектирования сложных микрооптоэлектромеханических систем возникает основная проблема – невозможность моделирования оптических, механических и электрических эффектов в рамках одного программного

комплекса, а так же невозможность проведения экспериментального исследования поведения разрабатываемого устройства в рамках одного программного комплекса.

На данный момент решением данной проблемы может стать разрабатываемый маршрут автоматизации системного проектирования микрооптоэлектромеханических систем, позволяющий проводить моделирование разрабатываемого устройства вне зависимости от входных параметров данного устройства и получать в результате структуру разрабатываемого устройства.

В связи с изложенным, диссертация, посвященная разработке маршрута автоматизации системного проектирования МОЭМС, является **актуальной** и безусловно имеет существенное значение для науки и техники, экономики и обеспечения информационной независимости страны.

## **2. Новизна проведенных исследований и полученных результатов**

В настоящее время построение математической модели механической подсистемы осложняется тем, что получение математической модели на языке VHDL-AMS возможно только при определенных геометрических размерах, построение математической модели механической подсистемы основано на матричном уравнении, включающем в себя частные случаи прохождения светового луча через интерферометр Фабри-Перо.

В диссертационной работе автором сформулирована и решена важная задача разработки маршрута автоматизации системного проектирования микрооптоэлектромеханических систем, позволяющих получить в результате маршрута получить структуру МОЭМС и зависимость выходных характеристик устройства от точности воспроизведения параметров механической подсистемы. Предложена математическая модель оптической подсистемы, основанная на матричных уравнениях.

К числу новых научных результатов, полученных автором, следует отнести:

- Маршрут автоматизации системного проектирования микрооптоэлектромеханических систем;
- Математическая модель оптической подсистемы, основанная на матричных уравнениях;
- Алгоритм получения математической модели механической подсистемы на языке формального описания VHDL-AMS;
- Зависимость выходных характеристик устройства от точности воспроизведения параметров механической подсистемы.

Результаты и выводы диссертации являются теоретической и практической основой для разработки новых и модернизации существующих маршрутов и алгоритмов проектирования МОЭМС.

### **3. Значение результатов диссертационной работы для науки**

Диссертантом предложен новый маршрут автоматизации системного проектирования микрооптоэлектромеханических систем.

Разработанные математические модели, предложенные алгоритмы и маршрут позволяют сформировать научную базу для исследования влияния точности воспроизведения механической подсистемы на выходные характеристики.

Необходимо также отметить, что сформулированные в диссертации выводы и рекомендации позволяют сократить время моделирования МОЭМС.

### **4. Значение результатов диссертационной работы для производства**

Полученные в работе результаты имеют высокую практическую ценность и способствуют использованию новых алгоритмических решений при проектировании микрооптоэлектромеханических систем.

Представленные в диссертации положения позволяют снизить временные и материальные затраты на разработку и проектирование микрооптоэлектромеханических систем.

## **5. Использование результатов и выводов диссертации**

Полученные результаты исследований использованы при выполнении исследований по грантам Российского Фонда Фундаментальных Исследований (гранты 10-07-0171а и 13-07-00073а). Полученные результаты внедрены в учебный процесс в МГТУ им. Баумана.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в деятельности предприятий микроэлектронного комплекса и других научно-производственных и промышленных предприятиях, выполняющих работы по разработке и серийному производству изделий микроэлектроники, в том числе в ОАО «РКС», ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю.Е. Седякова», а также в учебных курсах по специальностям микроэлектроника, технология полупроводникового приборостроения в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

## **6. Заключение о соответствии диссертации требованиям ВАК РФ к публикациям**

Результаты работы были апробированы на 7 международных и всероссийских конференциях, ряде семинаров. По теме работы опубликовано 11 печатных работ, в том числе 3 работы изданиях из перечня, утвержденного ВАК РФ для публикаций трудов соискателей ученых степеней, а так же 1 публикация включенная в индекс цитирования SCOPUS

В научных трудах Косолапова И.А. достаточно полно представлены направления и результаты его диссертационного исследования.

Автореферат отражает основные научные положения диссертации и подготовлен в соответствии с требованиями ВАК РФ.

## **7. Замечания и недостатки**

Диссертация Косолапова И.А. не свободна от ряда недостатков, как технического, так и методологического и оформительского характера.

К наиболее существенным можно отнести:

1. Из текста диссертации не ясно, насколько можно распространить разработанные модели и методы на другие конструкции. Однако для каждой новой конструкции придется изменять матричные уравнения в среде MatLab и редактировать разработанную на языке APDL программу, что может представлять сложность для неопытного пользователя.

2. Не приведены экспериментальные исследования в части анализа оптических и электрических характеристик.

3. Рис. 3.6-3.13 не несут информации кроме частоты, поэтому логичнее было бы представить эту информацию в виде таблицы.

Однако в целом, с учетом отмеченных выше результатов по диссертационной работе Косолапова И.А. можно сделать общее положительное заключение. Автореферат диссертации с достаточной полнотой отражает ее содержание.

#### **8. Общие выводы по работе**

Диссертацию следует признать научной работой, выполненной с использованием известных и лично разработанных автором алгоритмов и маршрутов исследования.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится изложение научно обоснованных решений задачи математического моделирования микрооптоэлектромеханических систем. Результаты работы важны для исследований и организации производства изделий микроэлектроники, что имеет существенное значение для экономики и обеспечения обороноспособности страны.

Диссертация Косолапова И.А., представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, полностью удовлетворяет требованиям п. 8 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует специальности 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования (в электронике, радиотехнике и связи)».

Диссертант заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв обсуждён и одобрен на заседании кафедры  
“Микрорадиоэлектроники и технологии радиоаппаратуры”,  
Протокол № 3, от “13” Августа 2015г.

Заведующий кафедрой “Микрорадиоэлектроники и технологии  
радиоаппаратуры”

доктор технических наук, профессор



/В.А. Тупик/

Тупик Виктор Анатольевич, д.т.н., по специальности 05.16.09 –  
Материаловедение

СПбГЭТУ “ЛЭТИ”, 197376, Россия, Санкт-Петербург, улица Профессора  
Попова, дом 5, тел.: +7 (812) 234-16-97; +7 (812) 234-33-20,  
адрес электронной почты: [VATupik@etu.ru](mailto:VATupik@etu.ru).