

## Резюме проекта, выполняемого

в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

по этапу № 2/итоговый

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: 14.586.21.0019

Тема: «Разработка алгоритмов многопроцессорной обработки и коррекции трехмерных моделей элементов конструкций перспективных летательных аппаратов, изготавливаемых методом послойного лазерного синтеза»

Приоритетное направление: Транспортные и космические системы (ТС)

Критическая технология: Технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения

Период выполнения: 11.11.2015 - 31.12.2016

Плановое финансирование проекта: 26.50 млн. руб.

Бюджетные средства 13.00 млн. руб.,

Внебюджетные средства 13.50 млн. руб.

Получатель: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)"

Иностраный партнер: Свободный университет Брюсселя

Ключевые слова: аддитивные технологии, подготовка моделей, исправление ошибок, параллельные алгоритмы, послойный лазерный синтез, трансляция форматов, механические испытания, качество изделий

### 1. Цель проекта

Работы, проводимые в рамках темы: «Разработка алгоритмов многопроцессорной обработки и коррекции трехмерных моделей элементов конструкций перспективных летательных аппаратов, изготавливаемых методом послойного лазерного синтеза», направлены в первую очередь на развитие критической технологии создания ракетно-космической и транспортной техники нового поколения.

Развитие и применение в российской промышленности аддитивных технологий на разных этапах жизненного цикла авиационной и ракетно-космической техники требуют разработки собственных алгоритмов для обработки и исправления трехмерных моделей различных элементов конструкций перспективных образцов изделий. В том числе, способных эффективно задействовать современную многопроцессорную и многоядерную вычислительную технику.

### 2. Основные результаты проекта

1) Основные результаты работы:

- Разработан алгоритм многопроцессорной обработки и коррекции трехмерных моделей;
- разработан банк тестовых моделей для их изготовления методом послойного лазерного синтеза;
- разработаны критерии качества электронной модели изделия и рекомендации к качеству модели изделия;
- разработана методика трансляции файлов систем геометрического моделирования.

В ходе выполнения работы проведена технологическая проработка конструкции; выполнено изготовление образцов конструкции методами аддитивных технологий; выполнено определение напряженно-деформированного состояния в процессе изготовления образцов; проведено испытание изготовленных образцов на экспериментальных установках с целью определения механических характеристик.

2) Исследование влияния различных типов геометрических и топологических дефектов трехмерных моделей на возможность изготовления изделий типа узловых пространственных элементов сложной формы и изготовления качественных изделий типа тонкостенных элементов конструкций, а также изделий, содержащих внутренние полости и каналы, методами аддитивных технологий;

проведение экспериментальных исследований образцов, созданных по технологии лазерного спекания;

разработка параллельных алгоритмов для многопроцессорной техники в области контроля качества геометрии.

3) Оценка элементов новизны научных и технологических решений, получивших развитие и разработанных исключительно в

рамках проекта получили положительную оценку и вызвали заинтересованность широкого круга специалистов высокотехнологичных областей промышленности, заинтересованных в развитии или внедрении технологий аддитивного производства на своих предприятиях. Положительная оценка была получена в рамках выступлений на конференциях и семинарах, участие в которых способствовало как популяризации проекта, так и получению рекомендаций для дальнейшего его развития.

4) Работы по проекту проводятся совместно с иностранным партнером (Vrije Universiteit Brussel - VUB, Бельгия), а также с использованием уникальных программных продуктов компании CapVidia (Бельгия). Программные компоненты и библиотеки, разрабатываемые иностранными партнерами, используются мировыми лидерами авиа- и ракетостроения, а также общего машиностроения, для подготовки производства, в том числе средствами аддитивных технологий.

### **3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки**

На втором этапе были проведены дополнительные патентные исследования согласно пункту 6.1.2 приложения 1 Соглашения о предоставлении субсидии. Разработана программа для ЭВМ "Программные компоненты технологической подготовки аддитивного производства (ПКТПП)"

### **4. Назначение и область применения результатов проекта**

1) Важность и значимость реализации проекта для решения ключевых проблем заключается в том, что существующие методы компьютерного моделирования в аддитивных технологиях не позволяют учесть все факторы, влияющие на процессы формирования и самоорганизации слоев при 3D-печати. Однако многие из них являются критичными для конечного результата. Например, анализ ошибок в построении 3D-модели не всегда способен выявить наличие дефектов в геометрии детали (самопересечения контуров, наличие незамкнутых контуров и т.д.). В связи с этим актуальным является вопрос разработки новых методов компьютерного моделирования процессов формирования и самоорганизации слоев при лазерном спекании частиц в аддитивных технологиях, которые позволяли бы учитывать эти факторы и избежать ошибок при 3D-печати, а также способствовать стремительному развитию и применению в российской промышленности разработанных собственными силами элементов технологии аддитивного производства на разных этапах жизненного цикла авиационной и ракетно-космической техники.

2) Использование разработанного многопроцессорного алгоритма обработки и коррекции моделей позволяет в перспективе выполнить импортозамещение западных программных инструментов аналогичного назначения. Также полученные алгоритмы имеют перспективу адаптации под аппаратные ЭВМ отечественного производства, например, серию ЦП «Эльбрус». Предложенный перечень дефектов модели и рекомендаций по качеству модели изделия является основой для разработки нормативной документации в области описания качества электронной модели изделия в виде отраслевых или государственных стандартов.

Разработанные методики, методы и алгоритмы являются неотъемлемой частью процесса подготовки производства аддитивными методами.

### **5. Эффекты от внедрения результатов проекта**

К основным эффектам, ожидаемым в результате внедрения результатов проекта можно отнести:

- значительное снижение временных затрат на подготовку, адаптацию и верификацию цифровой модели изделия для ее дальнейшего использования при производстве средствами аддитивных технологий;

- снижение зависимости от западных поставщиков программного обеспечения в области контроля качества электронной модели изделия и технологической подготовки аддитивного производства.

- возможность получать детали практически разнообразной сложности геометрической формы.

- создание промышленного прототипа математического обеспечения для компьютерного моделирования процессов формирования и самоорганизации слоев при лазерном спекании частиц в аддитивных технологиях.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования разработанных методик и алгоритмов в виде специализированных программных компонент для задач промышленности при производстве методом послойного лазерного синтеза изделий типа узловых пространственных элементов сложной формы, а также тонкостенных элементов конструкций и изделий, содержащих внутренние полости и каналы.

Применение таких программных компонент возможно как для современных промышленных установок зарубежного производства, так и для вновь разрабатываемых отечественных установок, работающих по принципу послойного нанесения порошковых материалов (SLS, SLM).

### **6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта**

К одной из возможных форм внедрения результатов проекта можно отнести задачи в области разработки отечественных программных продуктов для обеспечения этапов технологической подготовки аддитивного производства.

Использование разработанного многопроцессорного алгоритма обработки и коррекции моделей позволяет в перспективе импортозаместить набор программного обеспечения западных производителей, которое сегодня в обязательном порядке

поставляется вместе с промышленными установками аддитивного производства. Полученные алгоритмы могут быть использованы в решениях, которые обеспечат полное программно-аппаратное замещение всего цикла связанного с подготовкой цифровой модели и производством средствами аддитивных технологий.

Предлагаемые решения для задач технологической подготовки аддитивного производства, отличаются от существующих возможностью расширения функционала и адаптации к новым задачам высокотехнологичных областей производства. Основной стратегией внедрения и развития таких решений является привлечение промышленных предприятий, заинтересованных в сокращении издержек на производство за счет внедрения технологий аддитивного производства и одновременно внедрения новых решений для нового уровня автоматизации этого производства.

К 2022 году прогнозируемый объем мирового рынка аддитивных технологий составит более 20 млрд. долларов. В настоящее время, доля программного обеспечения занимает до 25% от объема рынка, соответственно, предполагаемый объем мирового рынка программных решений для задач аддитивного производства к 2022 году составит более 5 млрд. долларов.

## 7. Наличие соисполнителей

Соисполнители не привлекались.

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)"

проректор по научной работе

(должность)

Руководитель работ по проекту

заведующий кафедрой

(должность)

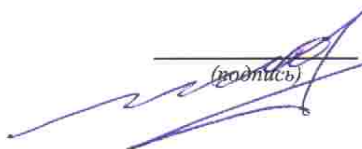
М.П.



Равич Ю.А.

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)



Куприков М.Ю.

(подпись)

(фамилия, имя, отчество)