В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 01.08.2014 г. № 14.593.21.0003 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» на этапе №3 в период с 01.07.2015 г. по 31.12.2015 г. выполнялись следующие работы:

1. Приобретено и введено в эксплуатацию оборудование: комплект оборудования для автоматизированного комплекса теплотехнических измерений.

Лазерный анемометр предназначен для прецизионных бесконтактных измерений трёх компонент вектора скорости в потоках газа или жидкости. Принцип действия основан на использовании оптического эффекта Доплера.

1. Приобретено и введено в эксплуатацию оборудование: автоматизированная система смешения и испарения жидкого топлива. Автоматизированная система смешения и испарения жидкого топлва предназначена для расширения возможности имеющегося экспериментального оборудования Научно-образовательного центра газодинамических исследований (НОЦ ГДИ СГАУ) при проведении научно-исследовательских работ, направленных на определение скорости распространения пламени жидких (в испарённом виде), газообразных и суррогатных топлив.
2. Приобретен порошок титановый марки ВТ1-0 в объеме 25 кг и порошок титановый марки ВТ6 в объеме 25 кг. Также приобретен металлический порошок жаропрочного сплава ВВ751П (ХН56КВМТЮБ) в объеме 85 кг.
3. Осуществлена закупка фотополимеризующейся композиции (ФПК) ИПЛИТ-3 в количестве 3 кг.
4. Осуществлена закупка комплектующих для системы осушки сжатого воздуха (набор сервисный для ТО рефрижераторного осушителя CAD 170).
5. Осуществлена закупка баллонов (10 л) с калибровочными газами для хроматографического анализа.
6. Приобретен датчик измерителя мощности (сенсор РМ3).
7. Осуществлена окончательная поставка и ввод в эксплуатацию 3D-термоанемометра для эталонных измерений скорости и турбулентности потоков по договору №ОК-02/15 от 12.05.2015 г. с ООО «ПРИМАТЕК».

Данное оборудование необходимо для проведения научно-исследовательских работ в областях газодинамических течений, для проведения лабораторных и практических работ со студентами, магистрантами и аспирантами.

1. Сотрудники ЦКП Балякин А.В., Евдокимов Д.В., Нигурей А.И., Федоров Д.Г., Швецов А.Н. проходили стажировку на базе предприятия «Би Питрон Самара» по теме: "Разработка промышленных технологий для инновационного машиностроения на основе CAD/CAM/CAE систем". Сотрудники ЦКП Сотов А.В., Агаповичев А.В., Храмова М. И. проходили стажировку в г. Екатеринбург, в компании ООО «ПЛМ Инжиниринг».

Сотрудник ЦКП Балякин А.В. проходил стажировку на предприятии ООО ПЛМ академия по теме: изучение Business Modeler и улит настройки Teamcenter для автоматизации процессов планирования технологических процессов.

**Работы (мероприятия), выполненные (выполняемые) за счет внебюджетных средств**

В 2015 году за счёт внебюджетных средств было дважды проведено техническое обслуживание оптической системы фазового доплеровского измерения параметров потока 3D PDA, замена красителей и спец.жидкостей комплекса оборудования для исследования структуры пламени методом PLIF. Закуплены твердосплавные пластины и свёрла, приобретены концевые фрезы, станочная технологическая оснастка для отработки опытных технологических процессов. Приобретенная технологическая продукция используется в ЦКП CAM-технологий для отработки современных технологических процессов для нужды индустриальных партнёров -предприятий авиационной промышленности Самарской области по созданию перспективных авиационных двигателей и их элементов, а также для изготовления опытных моделей камер сгорания ГТД с целью их последующей доводки на экспериментальных стендах Научно-образовательного центра газодинамических исследований СГАУ.

Были разработаны:

- методика измерений геометрических параметров хвостовиков лопаток компрессора ГТД,

- модели, алгоритмы и аттестованный программный комплекс для оценки точности и оптимизации выполнения координатных измерений геометрии сложных деталей (разработка программного обеспечения),

- технология получения сложнопрофильных деталей из специальных материалов по их 3D моделям методом лазерного спекания,

- методика проектирования технологических процессов и оптимизации литья по выплавляемым моделям на основе компьютерного моделирования сквозных наследственных остаточных напряжений и анализа пористости в отливках,

- теоретические модели формирования специальных структур при напылении и спекании порошковых материалов, обеспечивающих повышение эксплуатационных характеристик изделий,

- методика изучения морфологии поверхности частиц металлического порошка с целью получения более плотной структуры деталей и повышения их ресурса,

- методика исследования, анализа и оптимизации бизнес-процессов аддитивного производства,

- проведены комплексные исследования точности измерений геометрии деталей в условиях действующего аэрокосмического производства (разработка производственной инструкции для проведения спец. приемки).

В ходе выполнения работ получены следующие результаты:

1. Разработан комплект технологической документации по совершенствованию и оптимизации существующих технологических процессов литья лопаток турбины ГТД, включающий компьютерное моделирование сквозных наследственных остаточных напряжений и анализ пористости в отливках с целью повышения эффективности литейного производства предприятия ОАО Кузнецов г. Самара.
2. Разработан комплект технологической документации по ЕСТД, включающий:
* Маршрутно-технологический процесс изготовления корпуса 36.132.001 по 3D модели методом селективного лазерного сплавления частиц металлического порошка для предприятия ОАО «Кузнецов»;
* Маршрутно-технологический процесс изготовления форсунки 152.463.007 по ЗD модели методом селективного лазерного сплавления частиц металлического порошка для предприятия ОАО «Кузнецов»;
1. Разработан комплекс экспериментальных исследований на образцах и функциональных изделиях, полученных методом селективного лазерного сплавления, подтверждающих эксплуатационные характеристики, а именно:
* Методика исследования влияния остаточных напряжений на сопротивление усталости;
* Методика проведения металлографических и механических исследований.
1. Разработана технология контроля и инструкция по измерению геометрических параметров хвостовиков лопаток компрессора ГТД, утвержденная на ОАО «Кузнецов»; модели, алгоритмы и аттестованный программный комплекс для оценки точности и оптимизации выполнения координатных измерений геометрии сложных деталей (программное обеспечение).
2. Осуществлено техническое обслуживание 3D-принтера Objet EDEN 350.

**Основные результаты, полученные в отчётный период**

Полученные результаты будут использованы для создания перспективных авиационных двигателей для использования на современных летательных аппаратах и для наземного использования в качестве энергоустановок. Полученные результаты при исследовании процессов горения суррогатных топлив позволит заменить использование керосина в качестве авиационного топлива на альтернативное, более экономически выгодное. Научно-исследовательские работы, проводимые по изучению горения смесевых топлив, позволят разработать подходы снижения уровня выбросов вредных веществ энергетическими установками высотного и наземного применения. Получение новых знаний в области воспламенения и горения традиционных углеводородных, альтернативных, синтетических и перспективных смесевых топлив, построение расширенных кинетических моделей и компьютерных кодов предсказательного уровня необходимо для обеспечения высокоэффективного сжигания таких топлив в камерах сгорания двигателей для воздушного, космического и наземного транспорта при одновременном снижении эмиссии экологически опасных компонентов.

Исследования направлены на повышение международной конкуренто-способности научно-исследовательской деятельности по направлению фундаментальных и прикладных проблем воспламенения и горения традиционных углеводородных, альтернативных, синтетических и перспективных смесевых топлив в рамках главного научного направления СГАУ – «Аэрокосмическое двигателестроение».

Проводимые исследования базируются на современных методах численного моделирования с применением суперкомпьютерных технологий и современных экспериментальных методов исследования реагирующих потоков с использованием лазерно-оптических методов, методов эмиссионной и масс-спектрометрии и хроматографии.

Одними из перспективных направлений является численное и экспериментальное исследование структуры ламинарного пламени и динамики воспламенения различных газообразных углеводородных топлив с добавками водорода. Выявлена необходимость проводить экспериментальную работу по изучению горения керосина-воздушной смеси с добавками водорода. Это позволит получить уникальные экспериментальные данные, аналогов которым на сегодняшний момент не существует. Полученные результаты будут являться обширной базой для валидации численных расчётов и создадут почву для развития сотрудничества с отечественными и зарубежными ведущими научно-исследовательскими центрами.

Полученные результаты проведённых научно-исследовательских работ нашли применение в создании малоэмиссионного авиационного двигателя, работающего не только на авиационном керосине, но и на газообразном топливе. Снижение эмиссионных характеристик энергетических установок за счёт создания высокоэффективных процессов горения, а также использования в качестве топлива альтернативных видов позволит увеличить фактические объёмы продаж продукции на внутреннем рынке.

Были проведены работы по определению внутренних напряжений в деталях, выраженных путем селективного лазерного спекания на установке SLM 280. Было изготовлено два образца. Один из образцов был подвергнут отжигу для получения исходного состояния материала. На полученных дифрактограмах не выявлено смещений линий, т.е. макронапряжения отсутствуют. Как показало исследование в исходном материале присутствуют растягивающие внутренние микронапряжения, а после обработки на SLM 280 в материале образуются сжимающие микронапряжения.

Было проведено исследование структуры и химического состава деталей, выращенных на установке SLM 280. Была исследована микроструктура образцов. Было выявлено наличие оксидных пленок между зерен спеченного материала.

Проведены экспериментальные исследования технологических процессов литья по выплавляемым моделям в условиях реализации аддитивного производства с целью определения:

* морфологии поверхности сплавов и физических свойств отливок;
* усадки (линейной и объемной), а также характера ее поведения (свободная, затрудненная);
* локальных непроливов при литье тонкостенных деталей;
* зернистости отливки и определения неодродности макроструктуры.

Сотрудниками ЦКП подготовлено 7 статей по тематике проводимых исследований, заключено 14 Договоров и Соглашений с организациями-пользователями научным оборудованием ЦКП САМ-технологий. Полученные результаты научно-исследовательских работ нашли применение при разработке современной авиационной техники на предприятиях индустриальных партнёров. Были заключены договора и соглашения на проведение научно-исследовательских работ с предприятиями, выполнены работы по заключённым договорам и соглашениям.

Состав выполненных работ удовлетворяет условиям Соглашения о предоставлении субсидии, в том числе заданию на выполнение работ (проекта) и Плану-графику исполнения обязательств.

Результаты выполненных работ соответствуют требованиям задания на выполнение работ (проекта) и нормативной документации.

Комиссия Минобрнауки России признала обязательства по Соглашению на отчетном этапе исполненными надлежащим образом.