В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 27 июня 2014г. № 14.574.21.0070 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 июля 2015г. по 31 декабря 2015г. выполнялись следующие работы:

3.1 Разработка эскизной конструкторской документации на экспериментальные образцы ЦЭП.

3.2 Разработка математической модели системы управления экспериментальными образцами ЦЭП.

3.3 Разработка программного обеспечения системы управления для экспериментальных образцов ЦЭП.

3.4 Разработка программы и методик исследовательских испытаний экспериментальных образцов ЦЭП.

3.5 Разработка методики настройки регуляторов экспериментальных образцов ЦЭП.

3.6 Приобретение комплектующих для изготовления экспериментальных образцов ЦЭП.

3.7 Изготовление экспериментальных образцов ЦЭП (2 кВт, 5 кВт, 11 кВт) – по 1 шт.

3.8 Проведение испытаний экспериментальных образцов ЦЭП.

3.9 Участие в мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию промежуточных результатов ПНИ.

При этом были получены следующие результаты:

- Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальный образец ЦСУ МОЦ: схемы электрические: структурная, функциональная, принципиальная, соединений; чертежи: общего вида, габаритный; ведомость покупных изделий; пояснительная записка.

- Разработано системное ПО и интерфейс оператора экспериментального образца ЦСУ МОЦ, разработаны документы: текст программы; описание программы; пояснительная записка.

- Разработан интерфейс оператора экспериментального образца ЦСУ МОЦ, к которому разработаны: текст программы; описание программы.

- Разработана эскизная конструкторская документация на лабораторный исследовательский стенд для проведения испытаний основных элементов экспериментальных образцов ЦСУ МОЦ и цифровых электроприводов (ЦЭП): схемы электрические: принципиальная, соединений; чертежи: общего вида, габаритный; ведомость покупных изделий; пояснительная записка.

- Разработана программа и методика испытаний основных элементов ЦСУ МОЦ.

- Изготовлен лабораторный исследовательский стенд для проведения испытаний основных элементов экспериментальных образцов ЦСУ МОЦ и ЦЭП.

- Изготовлен экспериментальный образец ЦСУ МОЦ.

- Проведены исследовательские испытания основных элементов экспериментального образца ЦСУ МОЦ.

- Разработана эскизная конструкторская документация на экспериментальные образцы ЦЭП: схемы электрические: принципиальная, соединений; чертежи: общего вида, габаритный; ведомость покупных изделий; пояснительная записка.

- Разработана математическая модель системы управления экспериментальными образцами ЦЭП.

- Разработано программное обеспечение системы управления для экспериментальных образцов ЦЭП.

- Разработана программа и методики исследовательских испытаний экспериментальных образцов ЦЭП.

- Разработана методика настройки регуляторов экспериментальных образцов ЦЭП.

- Изготовлены экспериментальные образцы ЦЭП (2 кВт, 5 кВт, 11 кВт).

- Проведены испытания экспериментальных образцов ЦЭП.

1) Основные характеристики планируемых результатов:

Разрабатываемые экспериментальные образцы ЦСУ МОЦ и ЦЭП должны обладать следующими основными характеристиками:

- минимальное время выполнения кадра программы: 1 мс;

- скорость обработки данных: 300-700 кадров/сек;

- скорость обсчета регулятора положения: ≤ 500 мкс (≥2 кГц);

- скорость обсчета регулятора тока/момента: ≤ 150 мкс (≥7 кГц);

- максимальная подача: 30-40 м/мин для осей с круговыми электродвигателями;

- наличие упреждающих связей по скорости и ускорению;

- наличие компенсация сухого трения;

- компенсация погрешности ходового винта: одномерная, двумерная;

- компенсация постоянного люфта;

- таблица компенсации переменного люфта;

- погашение вибраций: функция сопряжение кадров;

- погашение механических резонансов; наличие режекторных фильтров;

- компенсация инструмента на износ;

- подключение измерительных устройств: для измерения инструмента, детали, погрешностей перемещения.

- количество управляемых осей: 8-16;

- количество одновременно интерполируемых осей: 3, 4, 5;

- количество координатных систем (каналов интерполяции): ≥2 (до 4-х);

- максимальный объем управляющей программы: до 10 Мб;

- алгоритмы интерполяции: линейная, круговая, винтовая, сплайновая;

- просмотр блоков вперед (функция Look-Ahead): от 200 до 1000;

- расчет кинематики: прямая, обратная;

- функция сопряжения кадров;

2) Проект по разработке ЦСУ МОЦ в рамках ПНИ позволит сформировать основные подходы к построению отечественных систем нового поколения для управления многокоординатным станочным оборудованием, где сейчас у нашей страны наблюдается значительное отставание. Создаваемые экспериментальные образцы ЦСУ МОЦ и ЦЭП в результате испытаний должны подтвердить правильность выбранных подходов и показателей быстродействия, технологичности и энергоэффективности при многокоординатной обработке сложнопрофильных металлических изделий. По результатам испытаний экспериментальных образцов, а также по результатам маркетологических исследований должно быть сформировано техническое задание на опытно-конструкторские работы по созданию опытных и предсерийных образцов ЦСУ МОЦ и ЦЭП.

Основными элементами новизны в рамках данных исследований являются:

- применение цифровых технологий в построении системы управления и электроприводов, отсутствие аналоговых сигналов в каналах управления;

- применение метода прямого ШИМ управления электроприводами, как наиболее быстродействующего и защищённого от помех и задержек в канале управления;

- применение алгоритмов прямых и обратных кинематических преобразований для обеспечения непрерывной многокоординатной интерполяции траектории перемещения и ориентации инструмента/детали;

- реализация специальных алгоритмов повышения точности и скорости обработки, а также программно-аппаратной компенсации механических погрешностей станка;

- использование специальных алгоритмов автоматического управления электроприводами для гашения вибраций при движении, синхронного управления многодвигательными узлами станка.

3) Созданы экспериментальные образцы ЦСУ МОЦ и ЦЭП, проведены их испытания, подтверждены основные архитектурные и структурные решения, принятые на этапе проектирования, работоспособность и основные технические и функциональные показатели.

Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки:

1) Заявка на изобретение № 2015125475 от 26.06.2015 «Способ компенсации влияния гармонических колебаний момента нагрузки в электромеханической системе и устройство для его осуществления», РФ.

2) Изобретение заявка на патент № 2014148536 от 02.12.2014 г. «Способ автоматической компенсации влияния гармонических колебаний момента нагрузки в электромеханической системе и устройство для его осуществления», РФ.

Результаты выполненных работ соответствуют техническим требованиям к выполняемому проекту, в том числе техническому заданию и нормативной документации. Достигнутые значения показателей результативности соответствуют требованиям Соглашения о предоставлении субсидии. Состав выполненных работ и отчетной документации удовлетворяет условиям Соглашения о предоставлении субсидии, в том числе техническому заданию и плану-графику исполнения обязательств.

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