

Разработка и изготовление экспериментальных образцов мехатронных модулей двух типов, обладающих предельными кинематическими параметрами

1. Цели и основные задачи выполнения СЧ НИОКР

1.1. Цель выполнения работы

Целью СЧ НИОКР является создание экспериментальных образцов мехатронных модулей (далее - ММ) двух типов (Тип 1 и Тип 2) (далее - ММ 1 и ММ 2, соответственно), обеспечивающих требуемую дискретность шага угла поворота с заданной угловой скоростью и в пределах необходимого углового сектора вращения. ММ двух типов, обладающие предельными кинематическими параметрами, предназначены для углового позиционирования полезной нагрузки. Разрабатываемые ММ позволят перемещать прецизионную гониометрическую аппаратуру, и рентгенооптические элементы синхротронных станций, включая системы монохроматизации синхротронного излучения.

ММ двух типов будут иметь следующие конструктивные особенности:

конструктивные особенности ММ 1 должны минимизировать массогабаритные параметры;

конструктивные особенности ММ 2 должны обеспечивать высокую пространственную и временную стабильность позиций полезной нагрузки.

Решаемые задачи:

1.1.1. Разработка документации

Должны быть разработаны следующие документы:

- эскизная конструкторская документация (ЭКД) на ММ двух типов (Тип 1 и Тип 2);
- программа и методика предварительных лабораторных испытаний (ПЛИ) ММ;
- программа и методика приемочных испытаний ММ двух типов (Тип 1 и Тип 2);
- паспорта и руководства по эксплуатации ММ двух типов (Тип 1 и Тип 2);
- проект технического задания (далее – ТЗ) на выполнение ОКР по разработке и изготовлению опытных образцов мехатронных модулей, обладающих предельными кинематическими параметрами;
- научно-технический отчет.

1.1.2. Изготовление экспериментальных образцов

Должны быть разработаны и изготовлены:

- экспериментальный образец мехатронного модуля тип 1 (ММ 1);
- экспериментальный образец мехатронного модуля тип 2 (ММ 2).

1.1.3. Проведение предварительных и приёмочных испытаний

Должны быть проведены предварительные лабораторные и приёмочные испытания экспериментальных образцов мехатронных модулей двух типов (ММ 1 и ММ 2).

2. Состав экспериментальных образцов

2.1. В состав экспериментального образца мехатронного модуля Тип 1 (ММ 1) должны входить следующие составные части:

2.1.1. Силовая конструкция, которая должна включать в себя:

- неподвижную часть с местами крепления к основанию (станине);
- подвижную часть, выполненную в виде выходного фланца с местами закрепления объекта перемещения (полезной нагрузки).

- 2.1.2. Элементы подвижного сочленения неподвижной и подвижной частей между собой.
- 2.1.3. Силовой редуктор червячного типа, реализующий необходимые кинематические и динамические параметры модуля.
- 2.1.4. Исполнительный привод в виде мотор-редуктора, состоящего из электрического двигателя с датчиком положения его ротора и редуктора с необходимым передаточным числом. Непосредственные типы двигателя и редуктора должны быть определены на основании кинематического расчета на этапе 1.
- 2.1.5. Элементы системы управления и обратной связи по положению выходного звена модуля.

2.2. В состав экспериментального образца мехатронного модуля Тип 2 (ММ 2) должны входить следующие составные части:

- 2.2.1. Силовая конструкция, которая должна включать в себя:
 - неподвижную часть с местами крепления к основанию (станине);
 - подвижный полый выходной вал с фланцем, имеющим посадочные места для закрепления объекта перемещения (полезной нагрузки);
- 2.2.2. Элементы подвижного сочленения неподвижной и подвижной частей между собой.
- 2.2.3. Силовой редуктор червячного типа, реализующий необходимые кинематические и динамические параметры модуля.
- 2.2.4. Элементы подвижного сочленения выходного вала и внешнего основания (станина).
- 2.2.5. Исполнительный привод в виде мотор-редуктора, состоящего из электрического двигателя с датчиком положения его ротора и редуктора с необходимым передаточным числом. Непосредственные типы двигателя и редуктора должны быть определены на основании кинематического расчета на этапе 1.
- 2.2.6. Элементы системы управления и обратной связи по положению выходного звена модуля.

3. Технические требования

3.1. Требования по назначению.

- 3.1.1. ММ обоих типов должны обеспечивать вращение выходного фланца в заданном угловом диапазоне и с требуемыми угловыми скоростями.
- 3.1.2. ММ обоих типов должны обеспечивать работу в режиме позиционирования в заданном угловом диапазоне и с требуемыми угловыми точностями.
- 3.1.3. Исполнение ММ обоих типов должно обеспечивать возможность их работы в вертикальной и горизонтальной ориентациях.
- 3.1.4. ММ обоих типов должны сохранять эксплуатационные характеристики при работе во всех режимах работы.
- 3.1.5. Максимальная скорость вращения экспериментальных ММ без потери информации о положении должна составлять не менее 10 град/мин.
- 3.1.6. Минимальная скорость вращения экспериментальных образцов ММ с сохранением эксплуатационных характеристик должна быть не более 0,5 град/мин.

3.1.7. Конструкция ММ обоих типов должна обеспечивать минимизацию вибраций закрепленного на неподвижном выходном фланце объекта заданной массы.

3.1.8. Система управления ММ обоих типов должна обеспечивать информационный обмен с контроллером управления и элементами обратной связи.

3.2. Общие технические требования.

3.2.1. Должно быть изготовлено два типа экспериментальных образцов ММ.

3.2.2. **ММ 1** должен быть выполнен по одноподвижной кинематической схеме на основе консольной (одноопорной) заделки подвижной части модуля (выходного фланца) на неподвижной части (станине).

Примерный вид конструкции ММ 1 показан в приложении А.

3.2.3. **ММ 2** должен быть выполнен по одноподвижной кинематической схеме на основе двухопорной заделки подвижной части модуля (выходного вала с фланцем) на неподвижной части (станине).

Примерный вид конструкции модуля данного типа ММ 2 показан в приложении Б.

3.2.4. ММ обоих типов должны быть выполнены в виде функционально законченных систем и удовлетворять следующим техническим требованиям:

- диапазон вращения: от 0 до 360 градусов. При этом управляемое движение (от заданного нулевого градуса) может осуществляться в диапазоне от 0 до 350 градусов с учетом возможности пользовательского выбора требуемой позиции нулевого градуса на выходном фланце;
- максимальная осевая/радиальная (в зависимости от ориентации оси) нагрузка (полная нагрузка): не менее 100 кг. При этом, в случае горизонтальной ориентации оси вращения выходного фланца максимально допустимое размещение полной нагрузки не далее, чем на расстоянии одного диаметра выходного фланца от привалочной поверхности;
- максимальная угловая скорость при полной нагрузке: не менее 10 град/мин. в режиме непрерывного движения;
- минимальный дискретный шаг вращения: не более 0,2 угл.сек;
- максимальная погрешность дискретного шага не более $\pm 0,1$ угл.сек;
- максимальное время перемещения выходного фланца при полной нагрузке из состояния покоя на 1 минимальный шаг: не более 200 мс;
- максимальный уровень механических вибрации при удержании выходного фланца вокруг оси вращения при удержании объекта в неподвижном положении: не более 0,004 угл.сек;
- радиальное биение выходного фланца должно быть: не более 3 мкм на оборот;
- осевое биение выходного фланца должно быть: не более 1 мкм на оборот;
- отклонение ортогональности привалочной плоскости выходного фланца от оси вращения должно быть не более 2 угл.сек;
- частота собственных колебаний поворотного стола должна быть не менее 90Гц;
- развиваемое усилие на выходном фланце должно быть: не менее 120 Нм;
- шероховатость привалочной плоскости выходного фланца должна быть не более Ra 0,2;
- диаметр осевого отверстия выходного фланца должен быть: не менее 70 мм.
- диаметры выходных фланцев для ММ должны лежать в пределах:
 - а) для ММ 1 Dф не менее или равным 120 мм и не более или равным 200 мм;
 - б) для ММ 2 Dф не менее или равным 200 мм и не более или равным 300 мм;
- длина полого выходного вала с фланцем для ММ 2 должна быть не менее 350 мм.

3.2.5. Параметры обратной связи

- компоненты датчика положения выходного фланца для ММ обоих типов должны использовать кольцевые инкрементальные шкалы с количеством штрихов не менее 46 шт. на 1 мм дуги окружности;
- разрешение системы обратной связи ММ 1 не более 0,04 угл.сек;
- разрешение системы обратной связи ММ 2 не более 0,02 угл.сек;
- система обратной связи должна быть реализована на основе оптического датчика углового смещения;
- система отсчета – инкрементальная.

3.2.6. Интерфейс системы управления и обратной связи по положению ММ должен корректно работать с контроллером управления движением, входящим в состав экспериментальных образцов ММ.

3.2.7. Контроллер управления движением должен обладать следующими характеристиками:

- допустимое рабочее напряжения питания силовой части не менее 12 В и не более 65 В;
- возможность работы с шаговыми двух и трехфазными двигателями, двигателями постоянного тока, двух и трехфазными бесщёточными двигателями;
- возможность разбиения 1 полного шага шагового двигателя не менее чем на 512 и не более чем на 2048 микрошагов;
- динамическая регулировка тока;
- выходной номинальный рабочий ток на одну ось не менее 2,3А в непрерывном режиме работы;
- пиковый выходной рабочий ток не менее 4,5А;
- время работы под пиковой нагрузкой не менее 0,5 секунды;
- несущая частота широтно-импульсной модуляции не менее 18 кГц;
- тип встроенного усилителя импульсов силовой части системы управления: широтно-импульсно модулированная трехфазная с перераспределением мощности;
- поддерживаемые стандарты систем обратной связи: АqВ энкодеры с максимальной частотой до 50 МГц, интерфейсом коммуникации RS-422 и отслеживанием состояния подключения энкодера и линии связи;
- протоколы общения: Ethernet, RS232, SPI;
- встроенный объектно-ориентированный язык программирования: ACSPL+;
- число осей контроллера: 4 шт.

Точная конфигурация уточняется и согласуется с Заказчиком на этапе проектирования.

3.2.8. Предварительный вид конструкции ММ показаны в приложениях к данному Техническому заданию. Конечные конструктивные требования могут уточняться на этапе проектирования ММ (на этапе 1 СЧ НИОКР).

3.3. Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта

3.3.1. Требования по стойкости к внешним воздействиям и условиям эксплуатации Рабочая (эксплуатационная) температура окружающего воздуха вокруг ММ, при которой выполняются указанные выше технические требования, должно быть на уровне $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Относительная влажность воздуха в диапазоне от 15 до 70%.

3.3.2. Требования к эксплуатации, хранению и техническому обслуживанию Соединители системы управления приводами для подключения внешних цепей должны иметь защиту от неправильного подключения.

Общая компоновка каждого ММ и их конструктивные схемы должны обеспечивать возможности проведения:

- монтажа и демонтажа элементов обратной связи без разборки узла силовой части ММ;
- удобство и безопасность выполнения всех видов работ при подготовке к испытаниям и в ходе испытаний экспериментальных образцов;
- выполнение регулировочных, настроечных работ и проверок модулей без их демонтажа со стапеля;
- выполнение консервации экспериментальных образцов без их разборки.

3.3.3. Требования по транспортированию

Транспортирование экспериментальных образцов ММ должно допускаться всеми видами транспорта при температуре окружающего воздуха от минус 20 °С до плюс 40 °С, относительной влажности воздуха 98 %, но без выпадения росы, атмосферном давлении от 75 до 115 кПа.

3.4. Требования безопасности

Конструкция ММ должна обеспечивать безопасность обслуживающего персонала при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов. Общие требования электробезопасности должны соответствовать ГОСТ 12.1.019-2017. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

4. Техничко-экономические требования

На первом этапе выполнения СЧ НИОКР Исполнителем разрабатывается «Ведомость покупных изделий, комплектующих, материалов, спецоборудования для выполнения НИОКР», содержащая полную информацию о приобретаемых изделиях, комплектующих, материалах и спецоборудовании, включая их технические характеристики, обоснование стоимости и предполагаемых поставщиках.

Данная «Ведомость покупных изделий, комплектующих, материалов, спецоборудования для выполнения НИОКР» может корректироваться по согласованию Заказчика и Исполнителя.

5. Требования по видам обеспечения

5.1. Требования к нормативно-техническому обеспечению

- эскизная конструкторская и эксплуатационная документации должны разрабатываться в соответствии с ЕСКД (ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации), ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам, ГОСТ 2.125-2008. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эскизных конструкторских документов. Общие положения

5.2. Требования к метрологическому обеспечению

На этапе 2 Исполнителем должен быть уточнен и согласован с Заказчиком перечень контролируемых параметров ММ двух типов и определена номенклатура средств измерений, установлены требования к методам испытания и методикам выполнения измерений, при необходимости должны быть разработаны методики и определены средства проведения испытаний в соответствии с ГОСТ 19.301-79* (СТ СЭВ

3747-82). Государственный стандарт Союза ССР. Единая система программной документации. Программа и методика испытаний. Требования к содержанию и оформлению. Расчеты и обоснования принятых решений по выбору контролируемых параметров механической части ММ двух типов, их допустимых отклонений и других задач метрологического обеспечения должны быть представлены в программе лабораторных испытаний в разделе «Метрологическое обеспечение».

6. Этапы выполнения СЧ НИОКР

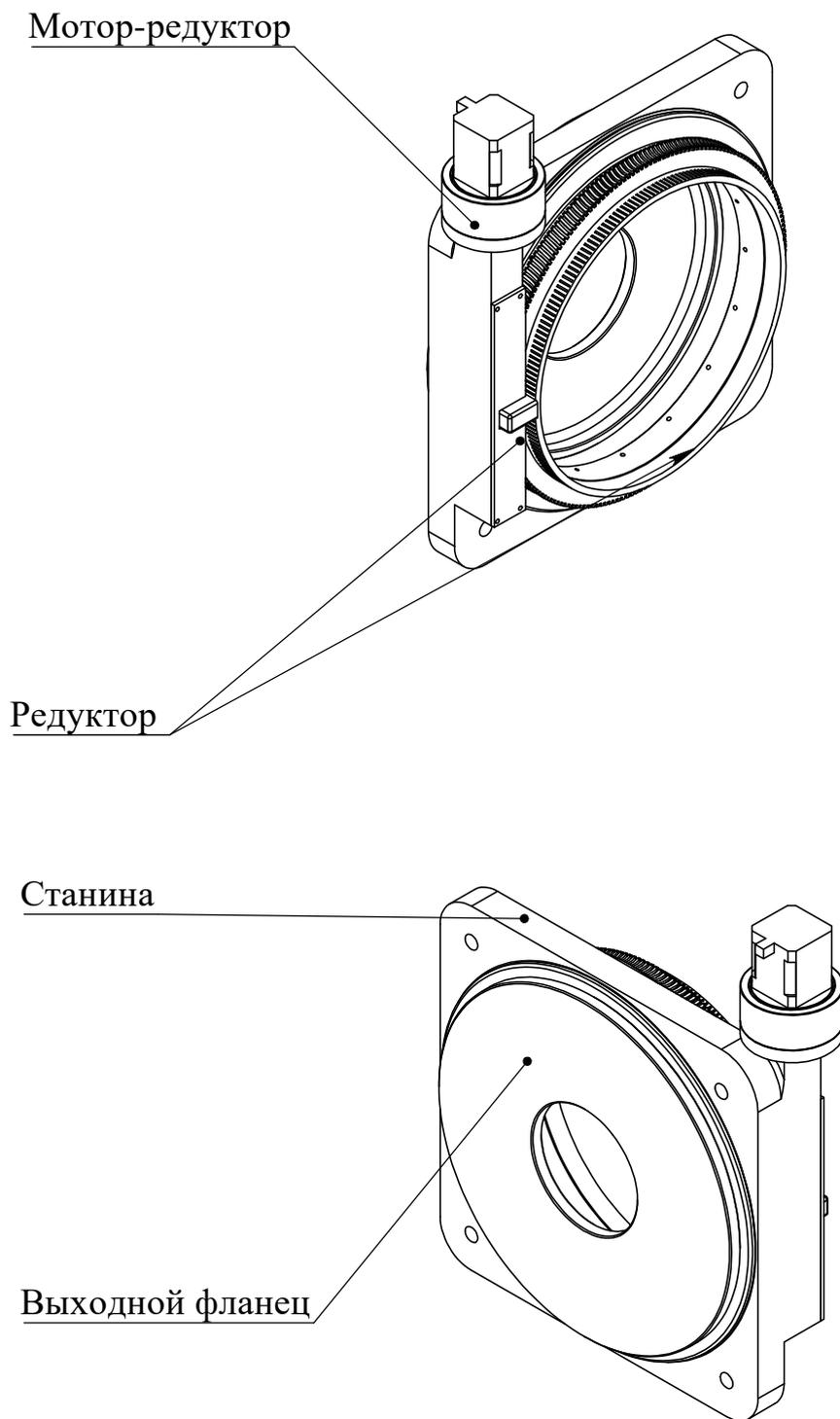
№ п/п	Наименование этапа. Содержание работ по этапу	Результаты работ и отчетные документы	Сроки исполнения	
			Начало	Окончание
1	<p>Разработка ЭКД ММ обоих типов.</p> <p>Разработка промежуточного научно-технического отчета, включающего:</p> <ul style="list-style-type: none"> - анализ современного состояния и литературных данных о конструкциях, существующих аналогичных мехатронных систем; - выбор элементов приводов и датчиков; - выбор исполнения конструктивных элементов ММ; - технико-экономическую оценку предлагаемых технологических и технических решений; - разработку вариантов конструкции (в том числе трехмерных геометрических моделей в электронном виде). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Комплект ЭКД на ММ 1. 2. Комплект ЭКД на ММ 2 3. Ведомость покупных изделий 4. Промежуточный научно-технический отчет 	с даты заключения контракта	10.06.2025
2	<p>Разработка программы и методики предварительных лабораторных испытаний (ПЛИ) ММ 1 и ММ 2.</p> <p>Разработка программы и методики приемочных испытаний ММ 1 и ММ 2.</p> <p>Изготовление ММ 1, ММ 2.</p> <p>Проведение предварительных лабораторных испытаний (ПЛИ).</p> <p>Корректировка ЭКД (при необходимости).</p> <p>Доработка ММ 1 и ММ 2 по результатам ПЛИ.</p> <p>Проведение приемочных испытаний.</p> <p>Подготовка проекта ТЗ на выполнение ОКР по разработке и изготовлению опытных образцов мехатронных модулей, обладающих предельными кинематическими параметрами.</p> <p>Разработка итогового научно-технического отчета, включающего:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проведение необходимых расчетов, 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Программа и методика проведения ПЛИ. 2. Акт изготовления ММ 1. 3. Акт изготовления ММ 2. 4. Акты ПЛИ ММ 1, ММ 2. 5. Доработанный комплект ЭКД на ММ 1. 6. Доработанный ЭКД на ММ-2. 7. Программа и методика проведения приемочных испытаний ММ 1 и ММ 2. 8. Протоколы 	11.06.2025	10.06.2026

	<p>подтверждающих работоспособность ММ с заданными предельными параметрами; - рекомендации по разработке опытных образцов ММ 1 и ММ 2.</p>	<p>приемочных испытаний ММ 1, ММ 2. 9. Акты о приеме-передаче объектов нефинансовых активов (ОКУД 0510448) на изготовленные ММ 1 и ММ 2. 10. Проект ТЗ на выполнение ОКР по разработке и изготовлению опытных образцов ММ, обладающих предельными кинематическими параметрами 11. Итоговый научно-технический отчет</p>		
--	---	--	--	--

7. Срок гарантии на выполненные работы

12 месяцев с даты подписания в единой информационной системе электронного документа о приемке работ по этапу 2.

Примерный общий мехатронного модуля Тип 1



Примерный общий мехатронного модуля Тип 2

