

Разработка и изготовление прототипов технологических систем канала вывода излучения из вставного устройства синхротронного источника четвертого поколения

1. Цели и основные задачи выполнения СЧ НИОКР

1.1. Цель выполнения работы

Разработка конструкции, изготовление прототипов технологических систем канала вывода синхротронного излучения из вставного устройства, применяемого на исследовательской установке «СИЛА». Канал вывода излучения предназначен для формирования рентгеновского синхротронного пучка, позволяющего реализовать широкий спектр исследовательских методик на экспериментальных станциях для изучения различных объектов.

1.2. Решаемые задачи:

1.2.1. Разработка документации

Должны быть разработаны следующие документы:

- ЭКД на прототип опорных и несущих конструкций;
- ЭКД на прототип вакуумной системы;
- ЭКД на прототип системы охлаждения;
- ЭКД на прототип пневмосистемы;
- ЭКД на прототип системы радиационного мониторинга;
- ЭКД на прототип локальной системы управления каналом вывода синхротронного излучения (ЛСУ КВСИ)
- ЭКД прототипа канала вывода синхротронного излучения из вставного устройства синхротронного источника 4 поколения, содержащая, в том числе, проект компоновочного решения;
- эскизный и технический проект локальной системы автоматизированного управления каналом вывода синхротронного излучения (ЛСУ КВСИ);
- технический проект канала вывода синхротронного излучения;
- программы и методики испытаний разрабатываемых прототипов;
- паспорта разрабатываемых прототипов, руководства по эксплуатации и иная техническая сопроводительная документация.

1.2.2. Изготовление прототипов

Должны быть разработаны и изготовлены:

- прототип опорных и несущих конструкций;
- прототип вакуумной системы;
- прототип системы охлаждения;
- прототип пневмосистемы;
- прототип системы радиационного мониторинга;
- прототип ЛСУ КВСИ;

1.2.3. Проведение предварительных и приёмочных испытаний

Должны быть проведены испытания:

- предварительные испытания разрабатываемых прототипов технологических систем канала вывода излучения проводятся на территории Исполнителя с участием представителей Заказчика;
- приёмочные испытания разрабатываемых прототипов технологических систем канала вывода излучения проводятся на территории Заказчика;
- разрабатываемые, а также имеющиеся у Заказчика прототипы систем и узлов должны быть проверены на собираемость и взаимную функциональную совместимость, сборка должна быть осуществлена на территории Заказчика.

2. Исходные данные для выполнения СЧ НИОКР

2.1. Общие данные

Канал вывода излучения представляет собой сверхвысоковакуумную линейную структуру, начинающуюся с места присоединения к фланцу выходного вакуумного шиберов накопителя и заканчивающуюся вакуумным шибером на стене биозащиты накопителя со стороны экспериментального зала. Первый вакуумный шибер накопителя должен располагаться на расстоянии около 13800 мм от точки излучения. Выходной вакуумный шибер канала должен располагаться на расстоянии около 34700 мм от точки излучения. Поперечные размеры канала не должны превышать: 400 мм на начальном участке, из-за близкого расположения элементов накопителя (см. рисунок 1) и не более 1000 мм на остальных участках канала. Высота оси канала от уровня пола тоннеля должна составлять 1200 мм.

Канал вывода излучения должен обеспечивать:

- вывод СИ из вакуумной камеры ондуляторного источника и его перепуск в канал транспортировки до экспериментальной станции за стеной биозащиты;
- формирование требуемого профиля пучка СИ;
- управляемое полное поглощение пучка СИ по команде пользователя;
- контроль положения пучка СИ;
- обеспечение вакуумной безопасности накопителя;
- обеспечение радиационной безопасности персонала в экспериментальном зале;
- осуществление информационного обмена с АСУ УНК и экспериментальной станции о состоянии и режиме работы оборудования.

Для выполнения СЧ НИОКР должны быть использованы проектные параметры источника синхротронного излучения четвертого поколения «СИЛА», параметры ондуляторного источника, параметры инженерных систем обеспечивающих функционирование УНК, планировочные решения по размещению строительных конструкций тоннеля биозащиты УНК:

- полная энергия пучка СИ не менее 3760 Вт;
- давление остаточных газов в камере накопителя не более 10^{-8} Па;
- тип присоединительного фланца к камере накопителя: Ду 40 (CF40) в соответствии с ГОСТ 26526-85 (Оборудование вакуумное. Соединения фланцевые для сверхвысоковакуумных систем);
- температура охлаждающей воды: $+20^{\circ}\text{C}$;
- давление охлаждающей воды: 8 бар;
- удельное электрическое сопротивление охлаждающей воды не менее: 2 кОм/м;
- давление воздуха в пневмомагистрали: 8-10 кгс/см²;
- позиции для размещения линейной структуры канала вывода излучения: от 14 до 35 м от точки излучения.

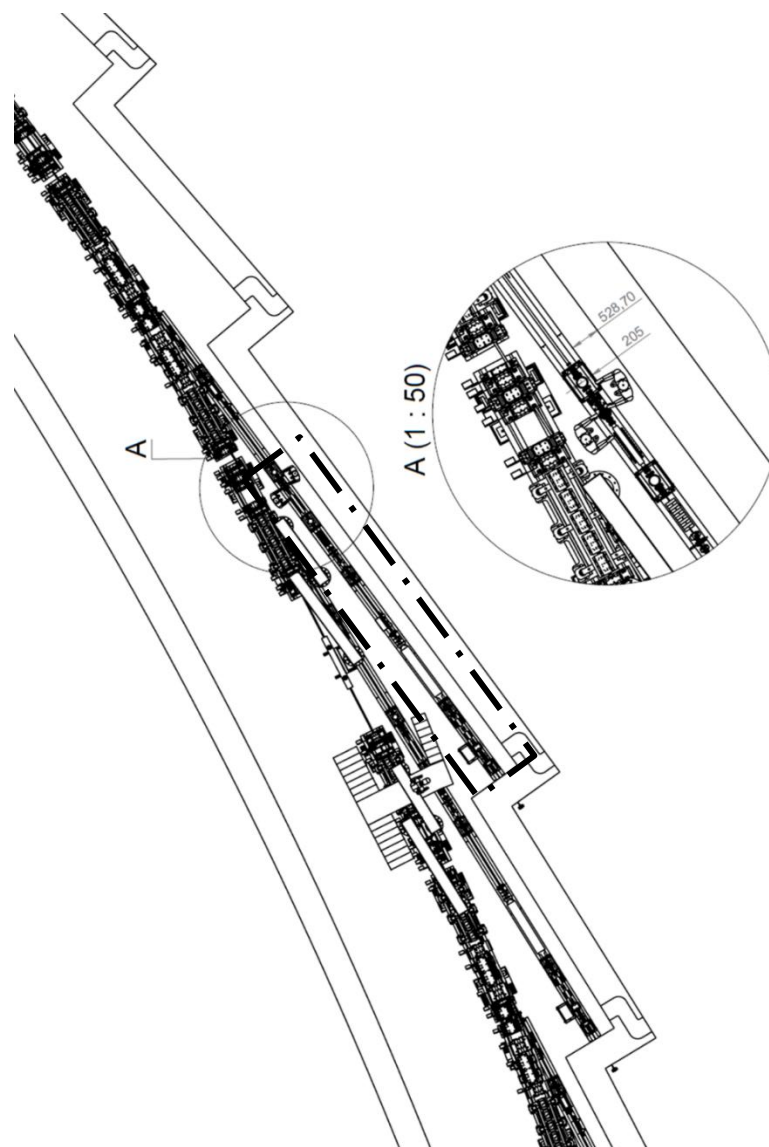


Рисунок 1. Ориентировочное расположение канала вывода СИ в тоннеле биозащиты накопительного комплекса исследовательской установки «СИЛА», А – место соединения канала вывода СИ и вакуумной камеры накопителя, штрихпунктирной линией выделена зона для размещения канала вывода излучения.

В состав канала вывода синхротронного излучения входят следующие основные узлы и системы, обеспечивающие безопасную работу с пучком СИ:

- входная маска;
- монитор положения пучка СИ;
- тепловой затвор;
- маска белого пучка;
- коллиматоры тормозного излучения;
- магнит-сепаратор;
- вакуумная линия задержки;
- алмазное окно;
- рентгеновские щели;
- радиационный затвор;
- опорные конструкции;
- вакуумная система;
- система охлаждения;

- пневмосистема;
- система радиационного мониторинга;
- локальная система управления канала вывода СИ (ЛСУ КВСИ).

На рисунке 2 показана ориентировочная схема размещения перечисленного оборудования с указанием расстояний от точки излучения.

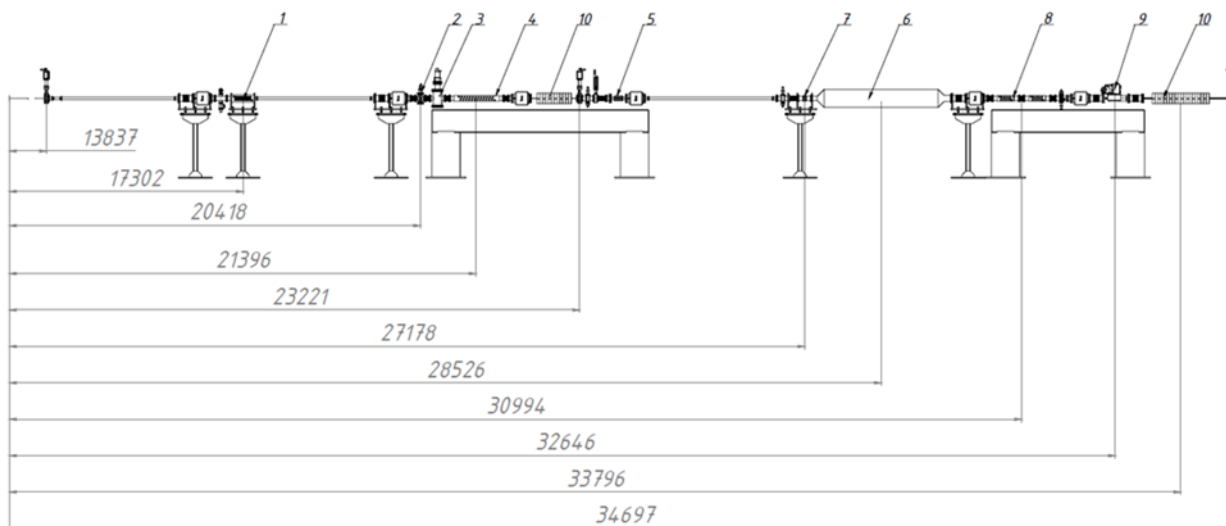


Рисунок 2. Предварительная схема размещения узлов формирования и управления пучком СИ. 1 - входная маска, 2 - система контроля положения пучка СИ, 3 - тепловой затвор, 4 - маска белого пучка, 5 – магнит-сепаратор, 6 - вакуумная линия задержки, 7 - алмазное окно, 8 - рентгеновские щели, 9 - радиационный затвор, 10 - коллиматор тормозного излучения.

2.2. Технические характеристики узлов и систем

2.2.1. Входная маска

Входная маска обеспечивает выделение области пучка вблизи оси начального участка канала и поглощение фонового потока излучения со стороны накопителя.

Поглощаемая входной маской тепловая мощность излучения, не менее 2 кВт.

Входная маска имеет водяное охлаждение для съема поглощенной тепловой мощности.

Контроль температуры осуществляется двумя датчиками температуры.

Корпус входной маски имеет ручную механическую регулировку положения относительно оси пучка СИ.

Натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120°C.

Габаритные размеры (длина x ширина x высота), не более 500x350x350мм.

Масса, не более 30 кг.

2.2.2. Монитор положения пучка СИ

Монитор положения пучка СИ выполняет функции контроля, расчета координаты центра масс пучка и передачу данных в ЛСУ КВСИ, а также в АСУ УНК и ЛСУ ЭС.

Монитор положения пучка СИ состоит из:

- двух идентичных датчиков положения, расположенных следующим образом: один датчик находится на минимально возможном расстоянии от источника СИ (вакуумной камеры накопителя), второй – на участке канала СИ в экспериментальной станции для обеспечения максимальной базы;

- блока измерения и обработки сигналов с датчиков положения для передачи данных в ЛСУ КВСИ, АСУ экспериментальной станции и в систему стабилизации УНК;
- комплекта соединительных кабелей.

Частота передачи данных от системы измерения положения пучка СИ в АСУ УНК, не менее 500 Гц.

Натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120 °С.

Габаритные размеры (Длина x ширина x высота), не более 700x700x1100 мм.

Масса, не более 70 кг.

2.2.3. Тепловой затвор

Тепловой затвор обеспечивает безопасное дистанционно-управляемое полное перекрытие (поглощение) длинноволновой компоненты пучка СИ для обеспечения безопасности оборудования и персонала.

Тепловой затвор имеет электропневматический привод с напряжением управления 24 В постоянного тока.

Состояние теплового затвора (открыт/закрыт) контролируется двумя независимыми парами датчиков с нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми контактами (переключаемый тип). При этом одна пара датчиков резервируется для подключения к ЛСУ ЭС.

Время срабатывания затвора не превышает 1 с на закрытие и 3 с на открытие при давлении сжатого воздуха 4-7 кгс/см².

Тепловой затвор имеет водяное охлаждение.

Температура контролируется двумя термopарами К-типа.

Корпус теплового затвора имеет ручную механическую регулировку положения относительно оси пучка СИ.

Натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120°С.

Затвор выполнен нормально закрытым.

Габаритные размеры (длина x ширина x высота), не более 650x500x1100 мм.

Масса, не более 70 кг.

2.2.4. Маска белого пучка

Маска белого пучка формирует требуемый поперечный размер пучка СИ, выходящего из источника, и поглощает периферийные части пучка вместе с выделяемой им тепловой энергией.

Маска белого пучка имеет водяное охлаждение для съема поглощенной тепловой мощности.

Контроль температуры осуществляется двумя датчиками температуры.

Корпус маски белого пучка имеет ручную механическую регулировку положения относительно оси пучка СИ.

Натекание, не более: 2×10^{-11} Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120°С.

Габаритные размеры (Длина x ширина x высота), не более 500x350x350 мм.

Масса, не более 30 кг.

2.2.5. Магнит-сепаратор

Магнит-сепаратор предотвращает выход в канал транспортировки СИ к экспериментальной станции основной части заряженных частиц, поступающих из накопителя и образующихся в объеме канала вывода СИ.

Магнит-сепаратор имеет ручную механическую регулировку положения относительно оси пучка СИ.

Натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120°C.

Габаритные размеры (Длина x ширина x высота), не более 400x250x250 мм.

Масса, не более 150 кг.

2.2.6. Вакуумная линия задержки

Вакуумная линия задержки обеспечивает задержку распространения волны давления со стороны канала транспортировки СИ, достаточную по времени для срабатывания быстрозакрывающегося затвора.

Форма камеры: цилиндр с присоединением через фланцы в соответствии с ГОСТ 26526-85 (Оборудование вакуумное. Соединения фланцевые для сверхвысоковакуумных систем).

Вакуумная линия задержки имеет ручную механическую регулировку положения относительно оси пучка СИ.

Длина и диаметр корпуса камеры: не менее 2000 мм и 320 мм соответственно.

Натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120°C.

Общие габаритные размеры (Длина x ширина x высота), не более 2700x700x700 мм.

Масса, не более 200 кг.

2.2.7. Алмазное окно

Алмазное окно выполняет функцию поглощения коротковолновой части СИ и обеспечения вакуумного разделения между накопителем и конечной частью канала.

Присоединение алмазного окна осуществляется через фланцы, изготовленные согласно ГОСТ 26526-85 (Оборудование вакуумное. Соединения фланцевые для сверхвысоковакуумных систем).

Алмазное окно имеет водяное охлаждение.

Контроль температуры осуществляется двумя датчиками температуры.

Натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120°C.

Габаритные размеры (Длина x ширина x высота), не более 500x350x300 мм.

Масса, не более 50 кг.

2.2.8. Рентгеновские щели

Рентгеновские щели осуществляют дистанционно-управляемое изменение апертуры пучка СИ по командам от ЛСУ КВСИ и ЛСУ ЭС.

Привод створок рентгеновских щелей обеспечивается шаговыми двигателями.

Контроль положения рентгеновских щелей осуществляется датчиками абсолютного положения.

Рентгеновские щели имеют водяное охлаждение.

Контроль температуры осуществляется двумя датчиками температуры.

Корпус рентгеновских щелей имеет ручную механическую регулировку положения относительно оси пучка СИ.

Натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120°C.

Габаритные размеры (Длина x ширина x высота), не более 800x250x250 мм.

Масса, не более 80 кг.

2.2.9. Радиационный затвор

Радиационный затвор осуществляет дистанционно-управляемое перекрытие пучка СИ для обеспечения безопасности персонала и экспериментального оборудования под управлением контроллера безопасности ЛСУ КВСИ и ЛСУ ЭС.

Оперативное управление радиационным затвором канала вывода СИ экспериментальной станции (открытие и закрытие) производит только пользователь, работающий на экспериментальной станции данного канала вывода СИ. Запрос на открытие транслируется в контроллер безопасности ЛСУ КВСИ и при отсутствии блокирующих факторов, затвор открывается. Команда на закрытие имеет наивысший приоритет и исполняется безусловно.

Радиационный затвор обеспечивает полное поглощение излучения, которое может распространяться в участок канала транспортировки СИ через отверстие в коллиматоре тормозного излучения, установленном перед биозащитой.

Ввод поглотителя осуществляется с помощью двухходового пневмоцилиндра с двумя парами датчиков положения и клапана с электропневматическим управлением с напряжением 24 В постоянного тока. Снятие управляющего сигнала приводит к закрытию затвора.

Нормальное положение затвора – закрытое.

Время срабатывания затвора не превышает 1 с на закрытие и 3 с на открытие при давлении сжатого воздуха 4-7 кгс/см².

Затвор имеет водяное охлаждение поглотителя пучка.

Температура затвора контролируется двумя датчиками температуры.

Состояние радиационного затвора (открыт/закрыт) контролируется двумя независимыми парами датчиков с нормально замкнутыми и нормально разомкнутыми контактами (переключаемый тип). При этом одна пара датчиков резервируется для подключения к ЛСУ ЭС.

Радиационный затвор имеет ручную механическую регулировку положения относительно оси пучка СИ.

Натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с.

Температура дегазации: 110-120°C.

Габаритные размеры (Длина x ширина x высота), не более 700x600x1100 мм.

Масса, не более 150 кг.

2.2.10. Коллиматоры тормозного излучения

Коллиматоры тормозного излучения в количестве 3-х шт. защищают элементы канала вывода СИ и персонал от жесткой компоненты тормозного излучения.

Внутренние размеры вакуумной камеры коллиматора составляют около трех полуширин сечения рентгеновского пучка в месте расположения коллиматора.

Толщина коллиматора вдоль оси канала для свинца составляет не менее 200 мм; - поперечные размеры не превышают 300 мм.

Корпус коллиматора тормозного излучения имеет ручную механическую регулировку положения относительно оси пучка СИ.

Общие габаритные размеры (длина x ширина x высота), не более 800x400x400 мм.

Масса, не более 150 кг.

3. Технические требования к выполняемым работам и разрабатываемым прототипам

3.1. Общие требования

В рамках работы должны быть разработаны и изготовлены прототипы следующих систем:

- Опорных-и несущих-конструкций;
- вакуумной системы;
- системы охлаждения;
- пневмосистемы;
- системы радиационного мониторинга;
- локальной системы управления каналом вывода СИ (ЛСУ КВСИ).

Разрабатываемые прототипы систем должны быть совместимы с имеющимися у заказчика прототипами узлов, технические характеристики которых, приведены в разделе 2:

- входная маска;
- монитор положения пучка СИ;
- тепловой затвор;
- маска белого пучка;
- коллиматоры тормозного излучения;
- магнит-сепаратор;
- вакуумная линия задержки;
- алмазное окно;
- рентгеновские щели;
- радиационный затвор;

На рисунке 3 показана предварительная схема размещения прототипов узлов и систем с указанием расстояний от точки излучения, но не представлены системы, обеспечивающие функционирование канала вывода излучения, которые могут располагаться отдельно: пневмосистема, система охлаждения, локальная система управления.

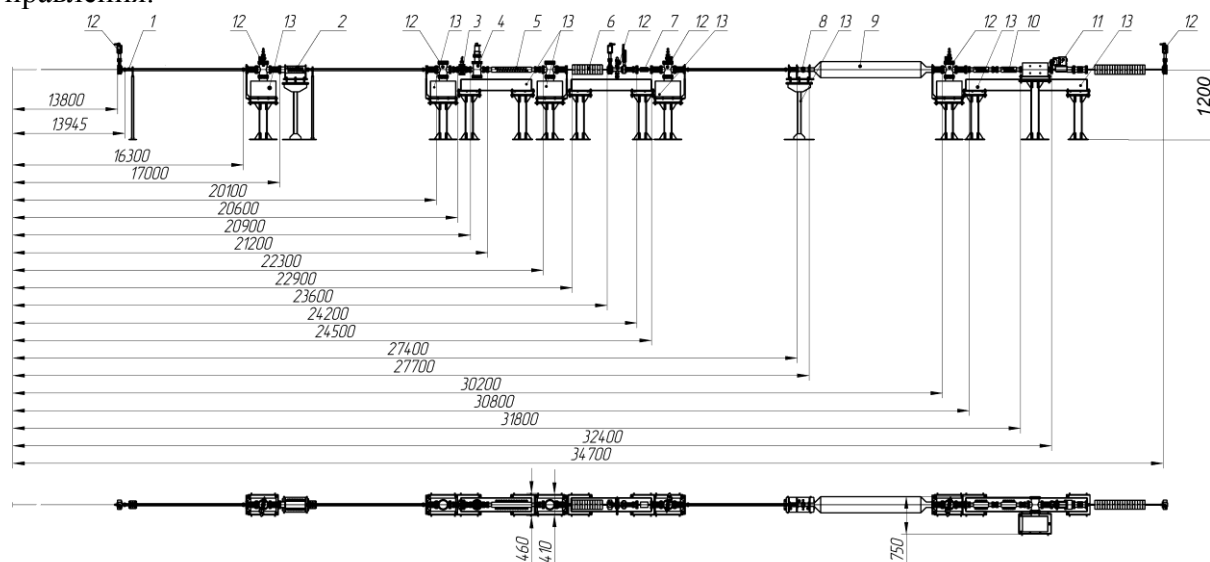


Рисунок 3. Схема размещения узлов формирования и управления пучком СИ.

1 - диэлектрическая вставка, 2 - входная маска, 3 - монитор положения пучка, 4 - тепловой затвор, 5 - маска белого пучка, 6 - коллиматор тормозного излучения, 7 - магнит сепаратор, 8 - алмазное окно, 9 - вакуумная линия задержки, 10 - рентгеновские щели, 11 - радиационный затвор, 12 - элементы вакуумной системы, 13 – элементы опорных конструкций

Разрабатываемые и имеющиеся у Заказчика прототипы систем и узлов должны быть проверены на собираемость и взаимную функциональную совместимость, сборка должна быть осуществлена на территории Заказчика.

3.2. Требования к прототипам технологических систем канала вывода излучения СИ

3.2.1. Требования к прототипам несущих и опорных конструкций

Используются для установки прототипов узлов начального участка канала вывода СИ.

Для прототипов, требующих высокой стабильности (щели, датчики положения пучка), а также с целью снижения собственных частот колебаний прототипы горизонтальных опорных конструкций должны быть изготовлены из природного гранита или полимергранита.

Прототипы пассивных компонент (пролетные базы, линии задержки, средства откачки) допускается монтировать на прототипы опорных конструкций, изготовленные из металла.

Прототипы опорных конструкции должны устанавливаться и фиксироваться на полу.

Все основные прототипы узлов и систем начального участка канала вывода СИ должны размещаться, выравниваться и закрепляться на прототипах несущих конструкций.

3.2.2. Требования к прототипу вакуумной системы

Должна поддерживать рабочее давление внутри начального участка канала вывода СИ на уровне не более $1 \cdot 10^{-8}$ Па при температуре окружающего воздуха $+23^{\circ}\text{C}$.

Должна быть разделена на три вакуумные секции. Каждая секция должна включать штатные средства откачки, узлы диагностики вакуума, вакуумные шиберы и клапаны для подключения внешних приборов. Вторая и третья вакуумные секции должны быть разделены алмазным окном.

Должен включать не менее шести магниторазрядных насосов. Первый насос поддерживает граничный уровень вакуума между накопителем и каналом. Вторым и третьим насосы должны располагаться в местах стимулированного газовыделения. Четвертый и пятый насосы обеспечивают штатный уровень вакуума во второй вакуумной секции. Шестой насос поддерживает уровень вакуума между выходом канала вывода излучения и каналом транспортировки СИ в экспериментальном зале;

Предварительная откачка канала и подключение течейскаателей должна осуществляться через угловые цельнометаллические клапаны Ду40 (CF40) с ручным управлением.

Для диагностики должны быть использованы сверхвысоковакуумные вакуумметры и терморезисторные вакуумметры типа «Пирани» с радиационной стойкостью не менее $1 \cdot 10^4$ Гр.

Для разделения на секции, помимо прототипа алмазного окна, должны использоваться вакуумные шиберы в сверхвысоковакуумном исполнении. - шиберы должны иметь пневмопривод с электромагнитным реверсом, дополнительную опцию ручного переключения и сигнальную индикацию положения.

Время срабатывания шиберов на закрывание, не более: 1.5 с.

Во второй вакуумной секции должны быть расположены прототипы быстрой вакуумной заслонки и быстрого теплового затвора со временем срабатывания не более 10 мс.

Все данные по состоянию прототипов вакуумных шиберов, прототипов быстрозакрывающегося изолирующего затвора, прототипа теплового затвора и показания вакуумных датчиков должны передаваться в ЛСУ КВСИ.

Размеры присоединительных фланцев всех вакуумируемых элементов канала вывода излучения и типовой вакуумной арматуры должны быть определены в процессе разработки.

Для дегазации внутренних поверхностей канала вывода излучения все вакуумные элементы должны допускать длительный прогрев до 110-120°C.

Прототип должен быть укомплектован средствами для проведения дегазации, включающие гибкие нагревательные элементы и терморегуляторы.

На Рисунке 4 показана ориентировочная вакуумная структура канала.

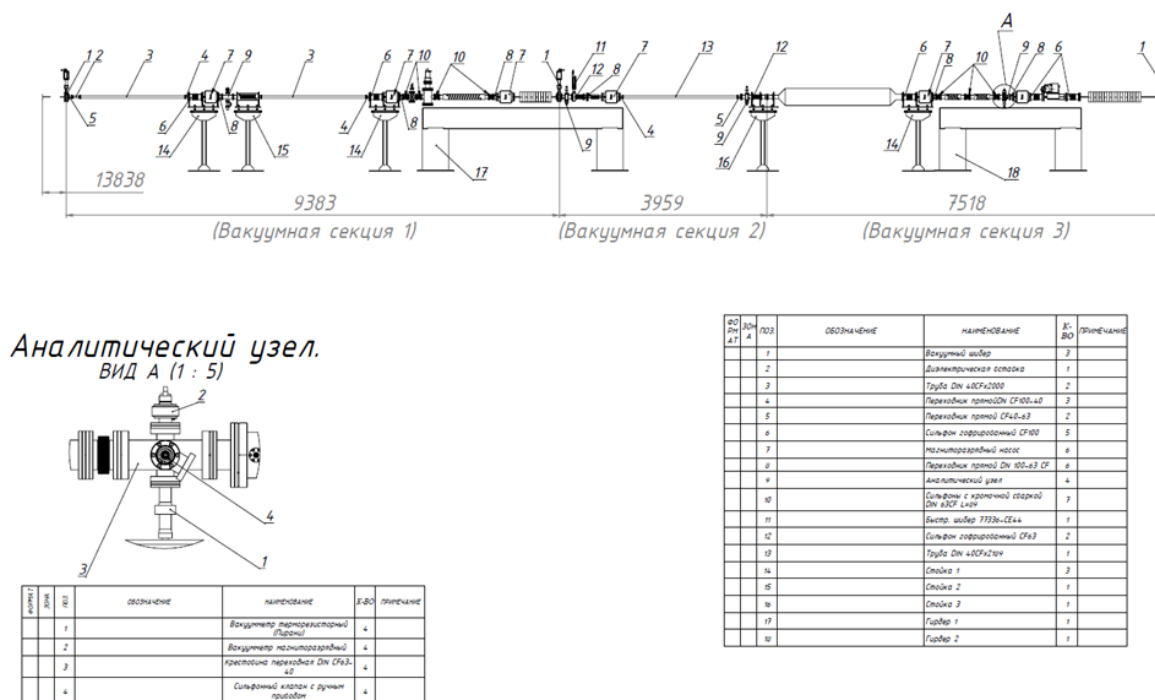


Рисунок. 4. Ориентировочная вакуумная структура канала вывода СИ

Прототип должен включать в себя диэлектрическую вставку, обеспечивающую гальваническую развязку между накопителем электронов и каналом вывода излучения.

Диаметр и тип присоединительных фланцев: Ду 40 (CF40) в соответствии с ГОСТ 26526-85 (Оборудование вакуумное. Соединения фланцевые для сверхвысоковакуумных систем). Основные параметры диэлектрической вставки: натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с; Температура дегазации: 110-120°C; Напряжение пробоя, не менее: 30 кВ.

Прототип должен включать в себя быстрозакрывающиеся изолирующий вакуумный затвор и тепловой затвор.

Быстрозакрывающийся изолирующий вакуумный затвор:

- должен выполнять функцию начального перекрытия канала для защиты вакуумной системы ускорителя в случае прорыва атмосферы или резкого увеличения газовыделения в объеме канала;
- должен иметь датчики положения;
- тип управления: электропневматический;
- время срабатывания затвора на закрывание, не более: 10 мс;
- диапазон рабочего давления: 10^{-8} Па – 10^5 Па;
- давление в пневмосистеме: 4-7 кгс/см²;
- напряжение питания электромагнитного клапана: 24 В постоянного тока;
- натекание, не более: $2 \cdot 10^{-11}$ Па·м³/с;
- температура дегазации: 110-120°C;
- ресурс срабатываний, не менее 2000 раз.

Быстрозакрывающийся тепловой затвор:

- должен выполнять функцию кратковременной защиты вакуумных шиберов и изолирующего затвора от воздействия длинноволновой части спектра пучка СИ;
- должен устанавливаться перед изолирующим затвором;

- должен иметь датчики положения;
- максимальная удельная нагрузка: 25 Вт/мм²;
- диапазон давления: 10⁻⁸ Па – 10⁵ Па;
- тип управления: электропневматический;
- время срабатывания затвора на закрывание, не более: 1 с;
- ресурс срабатываний, не менее 2000 раз;
- давление в пневмосистеме: 4-7 кгс/см²;
- напряжение питания электромагнитного клапана: 24 В постоянного тока;
- натекание, не более: 2·10⁻¹¹ Па·м³/с;
- температура дегазации: 110-120°С

Управление затворами должно осуществляться от контроллера безопасности по сигналу с отдельного вакуумметра, установленного на канале экспериментальной станции. Контроллер безопасности должен быть неотъемлемой частью ЛСУ КВСИ.

3.2.3. Требования к прототипу системы охлаждения

Прототипы входной маски, маски белого пучка, датчиков положения пучка, теплового рентгеновского затвора, быстрозакрывающегося теплового затвора, рентгеновского коллиматора, алмазного окна, рентгеновской щели и радиационного затвора требуют водяного охлаждения. Для распределения поступающей охлаждающей воды по локальным петлям к перечисленным узлам их необходимо оснастить коллекторами с регулирующей арматурой и индивидуальными приборами измерения потока воды.

Данные с датчиков потока, давления и температуры воды в подающей магистрали должны поступать в ЛСУ КВСИ.

Подающая и сливная ветви прототипа системы охлаждения и терморегулирования должны иметь возможность подключения к централизованной системе охлаждения УНК. Подключение подающей и сливной ветви прототипа системы охлаждения к централизованной системе охлаждения УНК должно осуществляться через диэлектрические вставки.

Для коммутации необходимо использовать мягкие медные/нержавеющие трубки и цельнометаллические разъемные соединения. Запрещается использование материалов, образующих гальваническую пару и являющихся источниками загрязнения.

3.2.4. Требования к прототипу пневмосистемы

Должен обеспечивать воздухом высокого давления исполнительные механизмы вакуумной системы, приемники излучения и радиационные затворы с электропневматическим приводом;

Должен состоять из аппаратуры обеспечения, подготовки, раздачи и контроля, размещаемой в навесном пневмопосте. Пневмопост должен иметь 2 входа подключения сжатого воздуха: один к централизованной пневмомагистрали, второй – быстросъемный, для подключения безмасляного портативного компрессора. Пневмопост должен иметь в своем составе электрическую распределительную коробку для подключения к электрической сети и системе управления. Для подключения потребителей должны использоваться быстросъемные цанговые штуцеры на полиуретановую трубку наружным диаметром 8 мм. Пневмопост должен иметь отвод конденсата;

В прототипе должна быть реализована схема хранения аварийного запаса сжатого воздуха, достаточного для двукратного гарантированного срабатывания всех исполнительных механизмов с пневматическим приводом. Хранение аварийного запаса сжатого воздуха должно осуществляться в главном ресивере пневмопоста и в индивидуальных ресиверах, установленных на узлах канала с пневматическим приводом;

Измерительные манометрические датчики в составе пневмопоста должны иметь токовый выход 4-20 мА для подключения к системе управления;

В пневмосистеме должны быть установлены дублирующие механические манометры.

3.2.5. Требования к прототипу системы радиационного мониторинга

Прототип системы радиационного мониторинга должен выполнять функцию оповещения персонала о текущем уровне радиационного фона.

Сигнал с блока обработки и передачи информации должен передаваться в контроллер безопасности ЛСУ КВСИ в виде дискретного сигнала типа сухой контакт (НЗ);

Блок обработки и передачи информации должен иметь интерфейс Ethernet для обмена данными с ПЛК ЛСУ.

Прототип не требует испытания с источниками ионизирующего излучения и является симулятором (тестовой системой).

3.2.6. Требования к прототипу локальной системы управления канала вывода синхротронного излучения (ЛСУ КВСИ)

Прототип ЛСУ КВСИ должен обеспечивать управляемую и контролируемую работу канала вывода, обеспечивать защиту оборудования УНК и персонала, выполнять мониторинг состояния отдельных узлов и параметров канала и обеспечивать необходимые блокировочные действия при возникновении неполадок или аварийной ситуации;

Комплекс технических средств прототипа ЛСУ КВСИ должен включать в себя:

- контроллер безопасности;
- программируемый логический контроллер (ПЛК);
- контроллеры вакуумметров;
- контроллеры магниторазрядных насосов;
- контроллер быстрой заслонки;
- контроллер датчиков положения пучка;
- панель оператора;
- коммутатор уровня технологической сети ЛСУ;
- шлюз для реализации связи с САУ УНК (необходимость определяется Исполнителем по согласованию с Заказчиком);
- медиаконвертеры для организации сети передачи данных посредством ВОЛС;
- источник бесперебойного питания с двойным преобразованием, активной мощностью не менее 1,8кВт, обеспечивающий автономную работу контроллера безопасности и ПЛК в течение не менее 20 часов при нештатном отключении внешнего электропитания.

Комплекс технических средств должен располагаться в стойке(-ах) управления.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора в составе:

- персональный компьютер с соответствующим системным, базовым и прикладным программным обеспечением (ОЗУ не менее 16 Гб, ПЗУ твердотельный (SSD) не менее 1Тб, процессор: ядер не менее 8, тактовая частота не менее 2 ГГц);
- монитор (диагональ не менее 24", разрешение не менее 1920x1080);
- манипулятор «мышь»;
- клавиатура.

Оборудование АРМ при поставке в стойку(-и) управления не встраивается.

Ориентировочная структурная схема ЛСУ КВСИ приведена на рисунке 5.

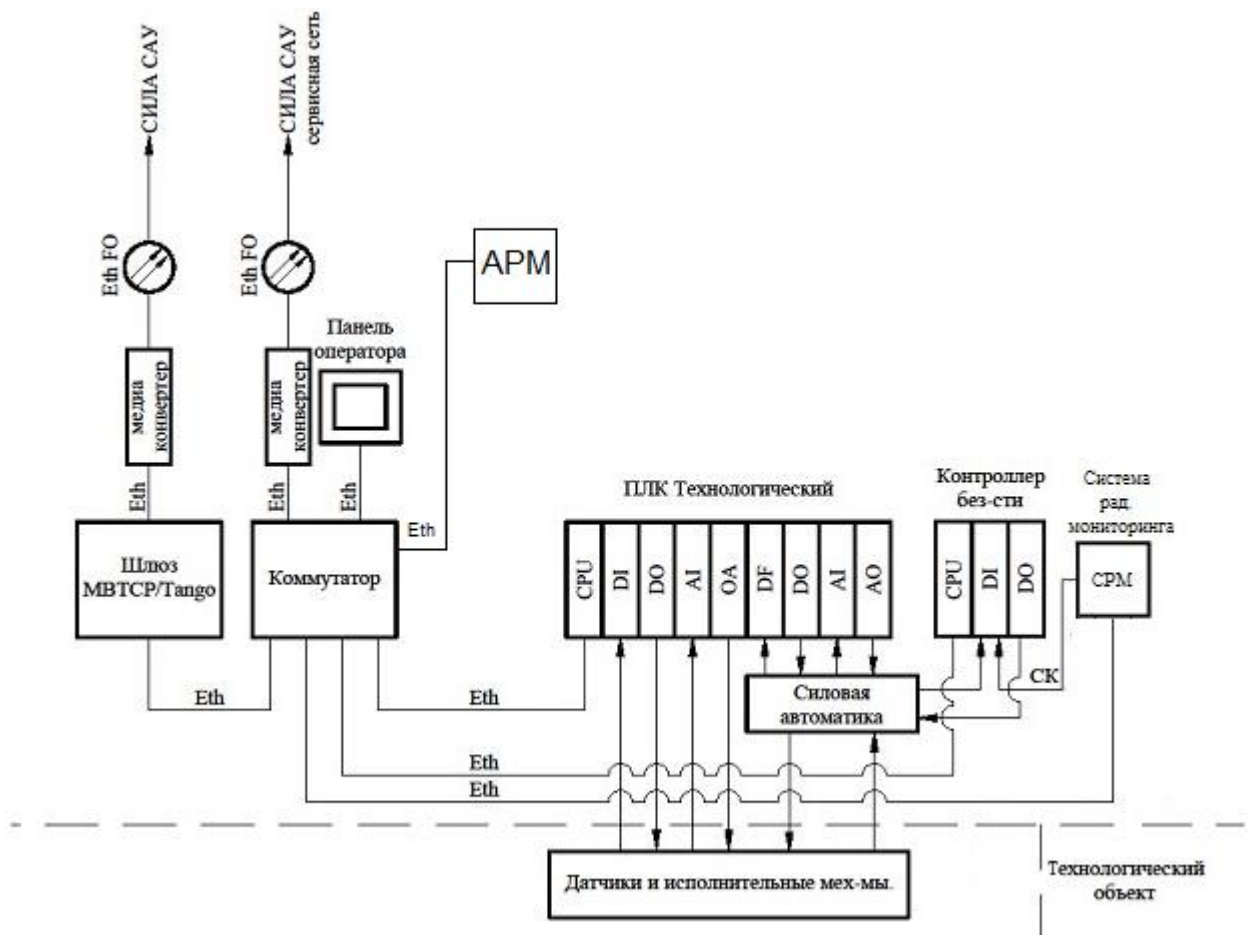


Рисунок 5. Ориентировочная структурная схема ЛСУ КВСИ

Оборудование, входящее в прототип ЛСУ КВСИ, должно быть установлено в стойке(-ах) с самовентиляцией и возможностью осмотра и наблюдения за ним.

Максимальная потребляемая мощность, не более: 6 кВт.

Ввод всех кабелей в стойку(-и) должен осуществляться снизу.

Стойка(-и) управления должна(-ы) иметь зажим заземления с резьбовым отверстием под болт М6 для подключения к защитному заземлению экспериментального зала. Конструкцией стойки(-ек) должна быть предусмотрена возможность выполнения защитного заземления оборудования внутри стойки(-ек).

В стойке(-ах) управления должны быть предусмотрены устройства для закрепления проводов и кабелей.

Степень защиты стойки(-ек) управления от прикосновения обслуживающего персонала к токоведущим частям, проникновения пыли и воды должна быть не ниже IP 21 по ГОСТ 14254-2015 (Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)). Допускается использование стойки(-ек) произвольной конструкции, пригодной для общепромышленных целей.

На АРМ должна быть развернута система диспетчерского управления и сбора данных Tango Controls (<https://www.tango-controls.org/>) версии не ниже 9.3.4, которая должна обеспечить следующие информационные функции:

- измерение технологических параметров;
- сбор и первичная обработка информации о технологических параметрах и состоянии оборудования;
- контроль и подготовка информации для представления оперативному персоналу на экране АРМ;

- представление оператору на мнемосхеме экрана АРМ информации о ходе технологического процесса, работе механизмов и их состоянии (значения технологических параметров, состояния электропроводов механизмов, положения механизмов);
- информирование о выходе технологических параметров за установленные границы (предупредительная и аварийная сигнализация), а также о санкционированном выводе защит и блокировок и нарушениях нормальной эксплуатации электротехнического оборудования;
- предоставление данных по настройке защит и блокировок.

Управляющие функции должны включать в себя:

- автоматическую реализацию защит и блокировок по оборудованию;
- выдачу команд управления оператора с АРМ;
- дистанционное управление исполнительными механизмами;
- санкционированный ввод, вывод защит и блокировок с помощью виртуальных накладок;
- перевод технологических режимов и режимов управления.

Вспомогательные функции должны включать в себя:

- диагностика состояний и работоспособности компонентов программно-технического комплекса(ПТК);
- диагностика исправности исполнительных, измерительных и информационных каналов;
- тестирование программных средств при загрузке;
- проверка прав доступа, регистрация пользователей;
- поддержка системы единого времени;
- первоначальное и последующее конфигурирование ПТК и проведение в регламентируемых пределах отключение (подключение), проверку и замену элементов ПТК;
- изменение уставок и констант управления и обработки информации;
- защита от несанкционированного доступа;
- контроль электропитания.

Состояние канала вывода излучения с возможностью управления и изменения установочных параметров должно отображаться на дисплее АРМ оператора – главном окне и окне установочных параметров:

- в главном окне должны быть показаны (сверху вниз): макет канала; ряд активных кнопок с названиями элементов канала, их статусом и кнопками управления «Открыто»; ряд со схематическим изображением элементов канала, цвет заливки которых изменяется в зависимости от состояния (зеленый вне пучка, красный на пучке); ряд активных кнопок для изменения статуса элемента на «Закрыто»; ряд индикаторов состояния вакуума «Норма» - зеленый, «Плохой» - красный; ряд показаний вакуумметров; ряд показаний тока насосов; ряд показаний значения температур «Норма» - зеленый, «Плохой» - красный; ряд статуса элементов канала по потоку воды «Норма» - зеленый, «Плохой» - красный.

Пример возможной компоновки основного окна показан на рисунке 6.

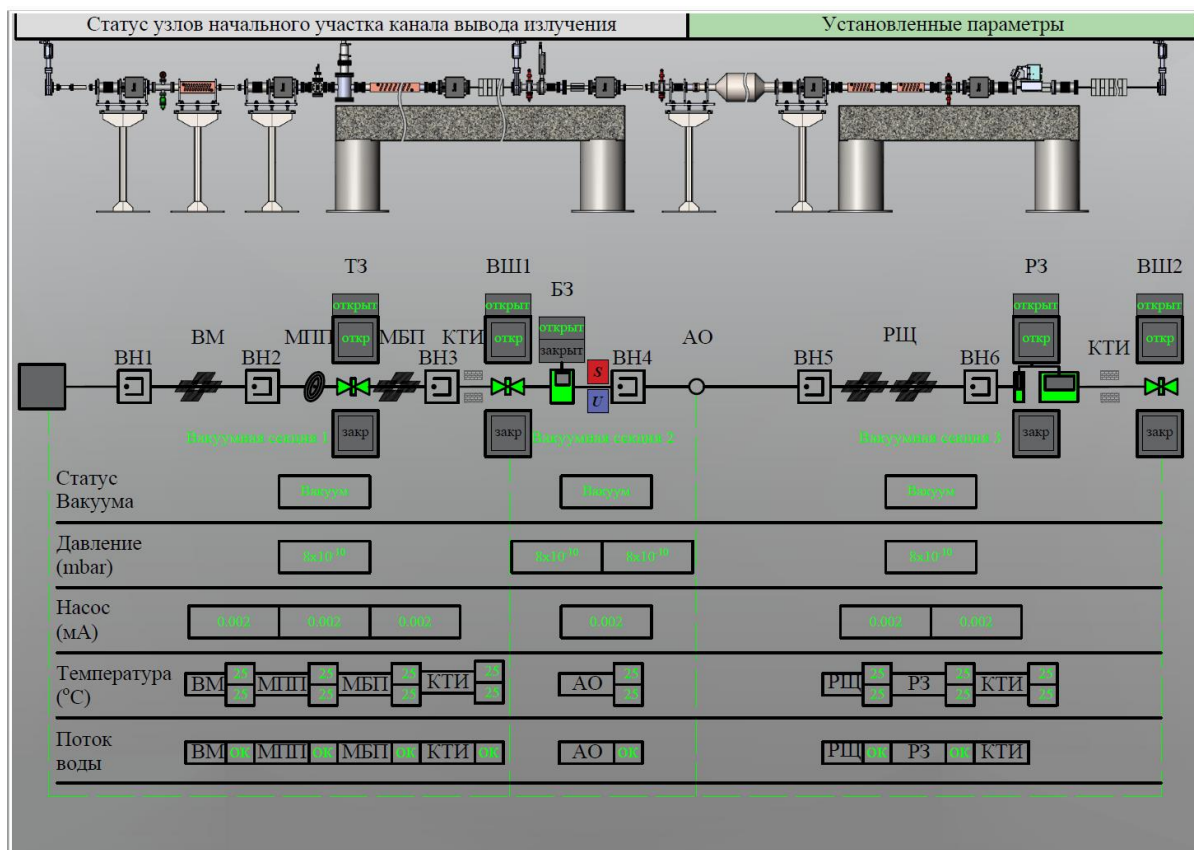


Рисунок 6. Главное окно оператора канала вывода излучения.

- на второй странице должны быть собраны окна для задания установочных параметров: предельные значения уровня вакуума по вакуумным секциям; предельные значения температуры узлов; уровни сигналов с датчиков потоков воды;
- на третьей странице должно быть изображение центральной части монитора положения пучка с координатными осями, должны быть показаны текущие значения токов с лезвий мониторов, формула обработки четырех токов и текущее значение сигнала обратной связи. Необходимо предусмотреть окна для выбора параметров шаговых двигателей;
- на четвертой странице должно быть изображение центральной части узла рентгеновских щелей с координатными осями, должны быть показаны текущие положения четырех створок и кнопки управления для калибровки положения. Необходимо предусмотреть окна для выбора параметров шаговых двигателей.

Отображение технологической информации на экране панели оператора и АРМ должно производиться в соответствии с соглашением по применению системы кодирования «Канал. Наименование элементов», разрабатываемой Исполнителем по согласованию с Заказчиком.

В прототипе ЛСУ КВСИ должны быть реализованы три алгоритма управления:

- планово-профилактические и ремонтные работы;
- готовность;
- работа;
- авария.

Переход в режим «авария» должен происходить при:

- превышении давления остаточных газов в канале выше установленных значений по показаниям вакуумметров;
- срабатывании быстродействующего затвора;

- снижении давления сжатого воздуха в пневмомагистрале;
- снижении или отсутствии расхода охлаждающей воды;
- достижении предельной температуры контролируемых элементов канала;
- превышении сверх установленного времени исполнения команд на закрытие/открытие вакуумных шиберов, тепловых и радиационных затворов;
- самопроизвольном изменении состояния датчиков положения исполнительных механизмов;
- превышении радиационного фона по показаниям дозиметра;
- отсутствии информационного обмена с системой автоматизированного управления исследовательской установки «СИЛА» (СИЛА САУ) и локальной системой управления (ЛСУ) ЭС и между отдельными контроллерами ЛСУ канала;
- отключении электропитания или разрядки аккумуляторов ИБП.

Порядок действий при переходе в режим «аварии»:

1. Передать команду с кодом аварии в СИЛА САУ на отключение ондулятора и закрытие приемника излучения.

2. Заблокировать принудительное открытие радиационного и теплового затвора по команде от ЛСУ ЭС.

3. Одновременно закрыть тепловой и радиационный затвор.

4. При переходе в режим «авария» при увеличении давления остаточных газов, отключении или потери связи с источниками питания магнитоэлектрических насосов или контроллерами вакуумметров – после выполнения действий п. 1-3 закрыть вакуумные шиберы. Контролировать изменение давления в изолированных секциях. Отключить магнитоэлектрические насосы и вакуумметры в секции с устойчивым увеличением давления остаточных газов.

5. При снижении расхода охлаждающей воды – выполнить действия п. 1-3.

6. При превышении температуры охлаждаемых элементов – выполнить действия п. 1-3. Если показания дублируемых термодатчиков отличаются – не переходить в режим «авария». Работа допускается с предупреждением до закрытия радиационного затвора по команде ЛСУ экспериментальной станции. После закрытия радиационного затвора – выполнить действия п. 1-3.

7. При снижении давления в пневмосистеме – выполнить действия п. 1-3, закрыть вакуумные шиберы.

8. При превышении радиационного фона - выполнить действия п. 1-3.

В режиме «планово-профилактические и ремонтные работы» (ППР) управление каналом может выполняться в автоматическом и ручном режиме (изменение состояния элементов канала с панели управления и/или механическими переключателями на электропневматических приводах). Переход в режим ППР возможен авторизованным персоналом после прохождения процедуры идентификации и при нахождении УНК в аналогичном режиме. При выходе из режима ППР прототип ЛСУ КВСИ должен проверить работоспособность всех элементов, наличие протока воды, давление сжатого воздуха и при отсутствии ошибок перейти в режим готовности.

Режим «готовность», в котором канал находится до получения подтверждения о готовности к работе от ЛСУ экспериментальной станции и разрешения от СИЛА САУ. В этом режиме приемник излучения УНК закрыт. Тепловой и радиационный затворы канала закрыты и заблокированы. Вакуумный шибер секции 3 закрыт.

Для перехода в режим штатной работы из режима «готовность» ЛСУ ЭС передает в ЛСУ КВСИ сигнал о готовности к работе. ЛСУ КВСИ открывает вакуумный шибер секции 3, отправляет в СИЛА САУ сигнал о готовности к работе и после получения разрешения снимает блокировку с теплового и радиационного затвора.

В режиме «работа» по командам ЛСУ ЭС осуществляется управление радиационным затвором и рентгеновскими щелями.

При штатном завершении работы экспериментальной станции или прекращении действия разрешения от СИЛА САУ канал переходит в режим «готовность».

Требования к программному обеспечению прототипа ЛСУ КВСИ

Программное обеспечение прототипа ЛСУ КВСИ должно представлять собой совокупность программных средств, обеспечивающих реализацию функций и задач по созданию автоматизированной системы управления начальным участком канала вывода СИ;

Должно быть обеспечено сохранение информации в специальной базе данных с возможностью последующего отображения на экране монитора и в отчете, выдаваемом персоналу;

Прикладное программное обеспечение должно выполняться в среде исполнения (Runtime) SCADA, под управлением операционной системы Astra Linux Special Edition версии 1.7 (Реестровая запись ПО РФ №369 от 08.04.2016) или выше и имеющей сертификат ФСТЭК РФ;

Программное обеспечение начального участка канала вывода СИ должно подразделяться на:

1) системное программное обеспечение (СПО) – операционная система (ОС) и ее утилиты, обеспечивающее организацию вычислительных процессов и управление данными;

Операционная система должна удовлетворять следующим требованиям:

- совместимость с аппаратными средствами и сетевым оборудованием;
- надежность - сохранение устойчивости работы и управляемости при сбоях и отказах выполняющихся под ее управлением программ;
- поддержка режима многозадачности;
- поддержка файловых систем с высокой степенью отказоустойчивости;
- восстановление целостности ПО после аварийных отключений;
- соответствовать требованиям руководящих документов по обеспечению информационной безопасности.

2) базовое программное обеспечения – система SCADA, включающее в себя ПО инструментальных средств разработки, среды исполнения и конфигурирования системы и обеспечивающее выполнение всех функций системы;

Базовое программное обеспечение должно удовлетворять следующим требованиям:

- наличие средств разработки и выполнения программ для всех уровней системы;
- модульная и масштабируемая архитектура;
- наличие механизма доставки данных между узлами системы по сети Ethernet за гарантированный период времени;
- наличие сред разработки, включающей в себя редактор пользовательского интерфейса, редакторы графических и текстовых языков технологического программирования, средства отладки и развертывания проекта;
- наличие средств разработки прикладных программ на графических и текстовых языках технологического программирования стандартов МЭК-61131 (циклическая модель исполнения) и МЭК-61499 (событийная модель исполнения);
- наличие скриптовых языков программирования для разработки сценариев и программ обработки данных;
- возможность разработки и подключения функций и программных модулей на языках С и С++;
- наличие средств локальной и удаленной отладки ПО;
- наличие средств эмуляции объектов контроля и управления;
- поддержка структурированных типов данных для описания сложных объектов;

- многоуровневая защита от несанкционированного доступа на уровне среды исполнения;
- контроль целостности программ, рабочих файлов, баз данных и архивов;
- обеспечение непрерывной диагностики всех аппаратных средств и программных модулей;

3) прикладное программное обеспечение (ППО), разрабатываемые Исполнителем прикладные программы.

Прикладное ПО применяется на технических средствах и обеспечивает следующие функции:

- обработку сигналов ввода-вывода;
- формирование и фиксацию событий с привязкой ко времени возникновения;
- реализацию технологических алгоритмов;
- выполнение расчетных задач;
- архивирование результатов измерений;
- отображение информации.

Программное обеспечение должно обеспечивать защиту доступа к ПО, базам данных, системным данным и настройкам измерительных каналов.

Требования к временным характеристикам:

- время циклического опроса всех каналов, не более 1 с;
- период сохранения данных в архив, не более 5 с;
- время хранения архивов: 60 дней;
- точность синхронизации времени, не более 10 мс.

Формат хранения данных в архиве должен обеспечивать сохранение данных с меткой времени регистрации данных.

Все действия оператора должны регистрироваться в архиве событий;

Должен быть обеспечен контроль целостности прикладного ПО.

Требования к характеристикам работы ЛСУ КВСИ при программном/аппаратном сбое

При возникновении программного/аппаратного сбоя на выходах управления исполнительными механизмами и блокировками должны быть установлены уровни логического нуля.

Требования к техническому обеспечению прототипа ЛСУ КВСИ.

Техническое обеспечение должно включать в себя комплекс средств, который должен быть достаточным для решения всех функциональных задач системы и выполнения функций сбора, ввода, накопления, обработки, вывода, отображения, приема и передачи циркулирующей в системе информации.

Количество сигналов ввода/вывода должно быть учтено дополнительно с 10% резервом.

Модули аналогового ввода сигнала диапазона от 0 до 20 мА должны иметь следующие параметры каналов:

- функция преобразования – линейная;
- диапазон преобразования входного тока – от 0 до 20 мА;
- входное сопротивление 100 Ом;
- пределы допускаемой основной приведенной погрешности преобразования не более 0,1 %;
- пределы допускаемой дополнительной температурной погрешности преобразования не более 0,05 % на каждые 10 °С;
- время преобразования [не более 40 мс];
- групповая гальваническая изоляция 500 В.

Модули аналогового ввода сигналов от термопар должны иметь следующие параметры каналов:

- функция преобразования – линейная;
- диапазон преобразования входного напряжения от минус 5 до плюс 45 мВ;
- входное сопротивление не менее 200 кОм;
- пределы допускаемой основной приведенной погрешности преобразования напряжения в диапазоне от минус 5 до плюс 45 мВ не более 0,05 %;
- пределы допускаемой дополнительной температурной погрешности преобразования не более 0,025 % на каждые 10 °С;
- схема подключения датчиков – двухпроводная;
- подключение датчиков к модулю должно выполняться проводом (кабелем), величина омического сопротивления которого не более 300 Ом;
- время преобразования [не более 40 мс];
- поканальная гальваническая изоляция 500 В.

Модули аналогового ввода сигналов от датчиков сопротивлений Р500 (термосопротивлений, реостатных датчиков положения и пр.) должны иметь следующие параметры каналов:

- функция преобразования – линейная;
- диапазон преобразования сопротивления от 0 до 500 Ом;
- схема подключения сопротивления – четырёхпроводная (возможен вариант двухпроводной схемы подключения);
- пределы допускаемой основной приведенной погрешности преобразования не более 0,025 %;
- пределы допускаемой дополнительной температурной погрешности преобразования не более 0,015 % на каждые 10 °С;
- подключение датчиков к модулю должно выполняться проводом (кабелем), величина омического сопротивления не более 300 Ом;
- время преобразования [не более 40 мс];
- поканальная гальваническая изоляция 500 В.

Модули дискретного ввода сигнала напряжения постоянного тока должны иметь следующие параметры каналов:

- уровни сигналов по входу:
- логический “0” – диапазон от 0 до 3 В;
- логическая “1” – диапазон от 18 до 36 В;
- входной ток не более 6 мА (при входном напряжении 24 В);
- светодиодная индикация состояния входов каналов;
- групповая гальваническая изоляция 500 В.

Модули дискретного вывода сигнала напряжения постоянного тока должны иметь следующие параметры каналов:

- канал содержит один транзисторный ключ;
- коммутируемое напряжение не более 30 В постоянного тока;
- коммутируемый ток не более 0,5 А;
- светодиодная индикация состояния выходных каналов;
- групповая гальваническая изоляция 500 В.

Требования к кабельным трассам и маркировке

Кабели управления, питания и контроля узлов структуры должны быть собраны в лотках, идущих вдоль канала вывода излучения, и проложены к стойке(-ам) управления, расположенной за биозащитой в экспериментальном зале.

Кабели в лотках должны группироваться по степени влияния друг на друга через наводки: кабели со слабыми сигналами (монитор положения пучка, термопары, магниторазрядные насосы, вакуумные датчики), кабели сигнальные и управления

(вакуумные шиберы, энкодеры) и кабели шаговых двигателей. Расстояние между группами должно быть не менее 60 мм.

Все кабели должны иметь двойную маркировку со стороны каждого разъема. Одна метка должна указывать тип кабеля и его разводку его проводов по разъемам. Вторая метка должна указывать место присоединения кабеля на канале вывода излучения и в стойке управления.

Все данные по разводке кабелей должны быть сведены в единую таблицу. Для каждого типа кабеля на отдельном листе должен быть приведен рисунок по распределению его проводов по разъемам.

4. Требования по стойкости к внешним воздействиям и условиям эксплуатации

Прототипы технологических систем канала вывода излучения должны сохранять работоспособность в следующих условиях по ГОСТ 21964-76. Внешние воздействующие факторы. Номенклатура и характеристики:

- температура воздуха в диапазоне от 15 до 35°C;
- относительная влажность воздуха в диапазоне от 45 до 75%;
- атмосферное давление в диапазоне от $8,6 \cdot 10^4$ до $10,6 \cdot 10^4$ Па (в диапазоне от 645 до 795 мм рт. ст.);
- другие требования не предъявляются.

5. Требования к эксплуатации, хранению и техническому обслуживанию

Прототипы технологических систем канала вывода излучения предназначены для размещения, хранения и эксплуатации в помещениях по ГОСТ 15150-69. Межгосударственный стандарт. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды: с искусственно регулируемыми климатическими условиями, например в закрытых отапливаемых или охлаждаемых и вентилируемых производственных и других, в том числе хорошо вентилируемых подземных помещениях (отсутствие воздействия прямого солнечного излучения, атмосферных осадков, ветра, песка и пыли наружного воздуха; отсутствие или существенное уменьшение воздействия рассеянного солнечного излучения и конденсации влаги);

Прототипы технологических систем канала вывода излучения должны сохранять эксплуатационные характеристики при хранении в отапливаемых складских помещениях [не менее 5 лет] при температуре в диапазоне от 15°C до 35°C и относительной влажности воздуха [до 70 %] (за исключением стандартных изделий и расходных материалов, срок хранения которых определяется по их паспортным данным).

6. Требования по транспортированию

Транспортирование прототипов технологических систем канала вывода излучения в таре должно допускаться всеми видами транспорта при температуре окружающего воздуха от минус 20°C до плюс 40°C, относительной влажности воздуха 98% при температуре 35°C и атмосферном давлении от 75 до 115 кПа.

7. Требования безопасности

Конструкция прототипов технологических систем канала вывода излучения должна обеспечивать безопасность обслуживающего персонала при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте в соответствии с требованиями соответствующих нормативных документов.

Общие требования электробезопасности должны соответствовать ГОСТ Р 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты и ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей», утв. приказом Минэнерго России от 12.08.2022 № 811 «Об утверждении Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии»;

Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок, утв. приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903н;

Правилам устройства электроустановок, утв. Главтехуправлением, Госэнергонадзором Минэнерго СССР 05.10.1979;

Общие требования пожаро- и взрывобезопасности – по ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования и ГОСТ 12.1.010-76. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность.

8. Техничко-экономические требования

8.1. Ведомость покупных изделий, комплектующих, материалов, спецоборудования для выполнения НИОКР

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.

9. Требования к видам обеспечения

9.1. Требования к нормативно-техническому обеспечению

Рабочая конструкторская, технологическая и эксплуатационная документации должны разрабатываться в соответствии с требованиями ЕСКД и ЕСТД.

Документация программных изделий должна разрабатываться в соответствии с требованиями ЕСПД (ГОСТ 19.101-77* (СТ СЭВ 1626-79). Государственный стандарт Союза ССР. Единая система программной документации. Виды программ и программных документов).

Документация автоматизированных систем должна разрабатываться в соответствии с требованиями комплекса стандартов на автоматизированные системы (ГОСТ 34.201-2020. Межгосударственный стандарт. Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Виды, комплектность и обозначение документов при создании автоматизированных систем).

9.2. Требования к метрологическому обеспечению

Не предъявляются.

9.3. Требования к диагностическому обеспечению

Контроль параметров и технического состояния прототипов технологических систем должен быть автоматизированным и вестись непрерывно в процессе их эксплуатации.

9.4. Требования к математическому, программному и информационному обеспечению

Используемое математическое, программное и информационное обеспечение должны иметь соответствующие лицензии.

10. Требования к материалам

10.1. Количество и сортамент материалов

Количество и сортамент материалов используемых для производства прототипов технологических систем канала вывода излучения подлежит разработке в ходе выполнения этапа 1 СЧ НИОКР.

10.2. Особые требования к материалам

Особых требований к материалам для изготовления прототипов систем канала вывода излучения и специальной технологической оснастки не предъявляется.

10.3. Использование изделий внешней поставки импортного производства

Допускается использование изделий внешней поставки импортного производства, утвержденных по согласованию с Заказчиком.

11. Этапы выполнения СЧ НИОКР

№ п/п	Наименование этапа Содержание выполняемых работ	Результаты работ и отчетные документы	Сроки выполнения	
			Начало	Окончание
1	Разработка эскизной конструкторской документации на прототипы технологических систем канала вывода излучения: - несущих и опорных конструкций; - вакуумной системы; - системы охлаждения; - пневмосистемы; - системы радиационного мониторинга; - ЛСУ КВСИ Разработка эскизного проекта ЛСУ КВСИ Разработка программ и методик испытаний прототипов технологических систем канала вывода излучения	Комплекты эскизной конструкторской документации на прототипы технологических систем канала вывода излучения; Эскизный проект ЛСУ КВСИ; Программы и методики испытаний прототипов технологических систем канала вывода излучения; Промежуточный научно-технический отчет	С даты заключения контракта	20.11.2024
2	Изготовление прототипов технологических систем канала вывода излучения: - опорных и несущих конструкций; - вакуумной системы; - системы охлаждения; - пневмосистемы; - системы радиационного мониторинга; - ЛСУ КВСИ Разработка технического проекта ЛСУ КВСИ Проведение предварительных испытаний разработанных прототипов	Акты изготовления прототипов технологических систем канала вывода излучения; Технический проект ЛСУ КВСИ Акты и протоколы предварительных испытаний прототипов технологических систем канала вывода излучения; Промежуточный научно-технический отчет	С даты заключения контракта	20.11.2025

3	<p>Разработка сопроводительной документации на разрабатываемые прототипы технологических систем канала вывода синхротронного излучения: паспортов и руководств по эксплуатации;</p> <p>Разработка технического проекта канала вывода синхротронного излучения;</p> <p>Разработка ЭКД прототипа канала вывода синхротронного излучения из вставного устройства синхротронного источника 4 поколения, содержащей, в том числе, проект компоновочного решения;</p> <p>Проведение приемочных испытаний изготовленных прототипов технологических систем канала вывода синхротронного излучения;</p> <p>Проведение проверки прототипов систем и узлов канала вывода излучения на собираемость и взаимную функциональную совместимость</p>	<p>Сопроводительная документация на разрабатываемые прототипы технологических систем канала вывода синхротронного излучения: паспорта, руководства по эксплуатации;</p> <p>Технический проект канала вывода синхротронного излучения;</p> <p>ЭКД прототипа канала вывода синхротронного излучения из вставного устройства синхротронного источника 4 поколения, содержащая, в том числе, проект компоновочного решения;</p> <p>Акты о приеме-передаче объектов нефинансовых активов (ОКУД 0510448) на прототипы технологических систем канала вывода синхротронного излучения;</p> <p>Акты и протоколы приемочных испытаний прототипов технологических систем канала вывода излучения;</p> <p>Протокол проверки прототипов систем и узлов канала вывода излучения на собираемость и взаимную функциональную совместимость;</p> <p>Прикладное программное обеспечение ЛСУ КВСИ в формате проекта среды разработки,</p>	20.01.2025	30.11.2026
---	---	---	------------	------------

		предустановленное на соответствующие технические средства; Акт приема-передачи неисключительных прав на программное обеспечение Итоговый научно-технический отчет		
--	--	---	--	--

12. Срок гарантии на выполненные работы

12 месяцев с даты подписания в единой информационной системе документа о приемке выполненных работ.