

«УТВЕРЖДАЮ»
и.о. Директора ЛФВЭ
Бутенко А.В.

«__» _____ 2024 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
на изготовление ярма сверхпроводящего магнита
детектора SPD коллайдера NICA, ОИЯИ, г.Дубна.

Дубна, 2024

1. Введение.

Для реализации проекта SPD необходимо создать ярмо магнита, которое содержит внутри себя детектирующие элементы и является опорой для внутренних детекторов на коллайдере NICA.

2. Основания для изготовления.

Работы выполняются по тематическому плану т.1065: “Комплекс NICA: создание комплекса ускорителя, коллайдера и экспериментальных установок на встречных и выведенных пучках ионов для изучения плотной барионной материи, спиновой структуры нуклонов и легких ядер, проведения прикладных и инновационных работ” в рамках проекта “Проект SPD: разработка концептуального и технического проектов”. <http://nica.jinr.ru/>

3. Назначение работ.

Разработка конструкторской документации (КД), изготовление магнитопровода сверхпроводящего магнита (далее-«ярма»), платформы для передвижения и обвязки конструкции (рис.1). Разработка КД и изготовление криостата, находящегося внутри ярма, проводится ФГБУ Институтом ядерной физики им. Г.И. Будкера.

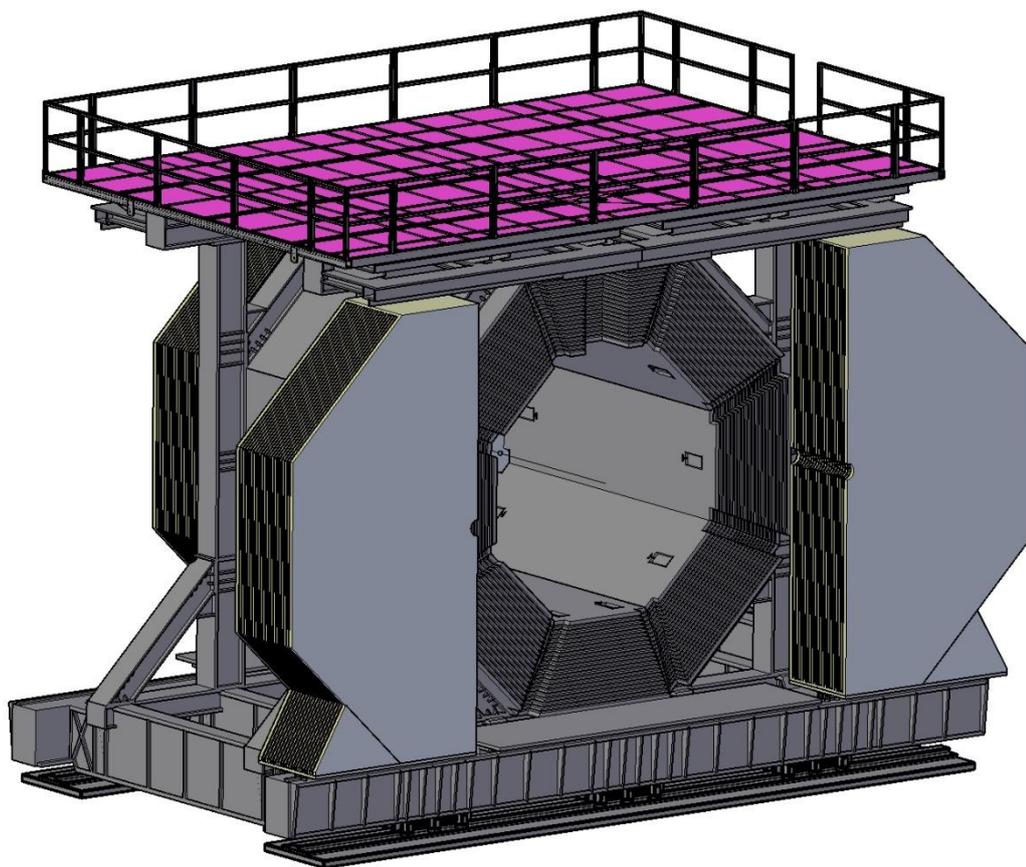


Рис.1 Эскиз установки SPD.

4. Описание конструкции ярма магнита SPD.

Ярмо представляет собой восьмигранную полуую призму (баррель), образованную восемью правильными трапециевидными призмами (модулями, соединёнными между собой боковыми сторонами) и закрытую с торцов крышками. Проектные высота барреля 6828 мм и вес 535 тонн. В 2019 году для Института GSI в Германии был создан подобный детектор меньших размеров. Некоторые фотографии для наглядности (рис. 4 – 7).

Модули представляют собой призму (рис.2), в основании которой лежит правильная трапеция. Высота трапеции 1390 мм, нижнее основание 2828,3 мм, верхнее 1676,8 мм, угол между сторонами трапеции 45°. Длина модуля 5232 мм и вес 66,86 тонны. Модули собираются из 21-го стального листа марки Ст3 (рис.4а), расположенных горизонтально (2 листа в основаниях трапеции толщиной по 60 мм, 19 внутренних листов по 30 мм) и 2-х боковых стальных листов марки Ст3 толщиной 30 мм по сторонам трапеции. Стальные листы перед сборкой (сваркой модуля) должны удовлетворять допускам по толщине $\pm 1,2$ мм, по плоскостности 2 мм, по габаритам $+0/-1$ мм и по качеству поверхности листов в соответствии с ГОСТом на прокат. Между горизонтальными листами предусмотрены двадцать зазоров по 35 мм. Зазоры образуются с помощью боковых сторон модуля (рис.5), на которых имеются прерывистые сквозные пазы, куда вставляются своими выступами горизонтальные листы. Сборка модуля проводится на специальном стапеле (рис.6). На торцах модулей вдоль боковых сторон трапеции сделаны пазы-ниши для прокладки коммуникаций. В углах нижнего и верхнего основания трапеции по всей длине модуля сделаны места для установки фиксирующих болтовых соединений модулей друг с другом (рис.4б).

Верхний модуль имеет вертикальный сквозной паз (800x650 мм) для размещения в нём криогенной магистрали криостата.

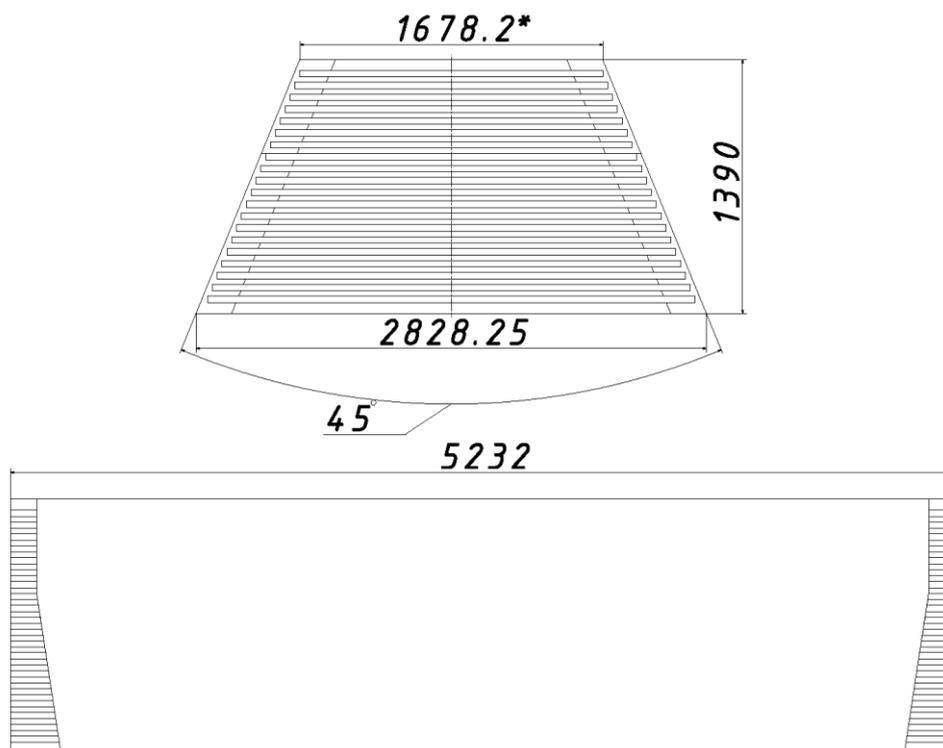


Рис.2 Эскиз модуля барреля.

Торцы барреля закрывают торцевые крышки восьмигранной формы, повторяющие сечение барреля (рис.3), которые разделены по вертикали на две (левую и правую) части и соединяются между собой «в половину толщины» по вертикальной осевой линии крышки барреля. Каждая половинка торцевой крышки (двери) имеет высоту 6828 мм, ширину 3414 мм, толщину 1390 мм и вес 117,8 тонны. Для изготовления дверей применяются стальные листы шириной не менее 3600 мм, но, по согласованию с Заказчиком, возможно изготовление сварных листов с последующей обработкой по плоскости, отжигом и рихтовкой.

В зале SPD установлены мостовые краны грузоподъемностью 80 и 20 тонн. Поэтому каждая часть (створка) двери разделяется в вертикальной плоскости ещё на две части, которые соединяются между собой болтами. Половинка каждой створки двери собирается из 11-ти стальных листов марки Ст3, один наружный толщиной 60 мм, 9 внутренних по 30 мм и лист плоскости соединения 15 мм. Стальные листы перед сборкой должны удовлетворять тем же требованиям, что и для листов модулей барреля. Между листами предусмотрены десять зазоров по 35 мм. Зазоры образуются с помощью установки между листами стальных брусков с сечением 30x35 мм. Весь пакет соединяется сваркой по типу «электрозаклепка», для чего в листах делается перфорация рядов овальных отверстий. По высоте область зазоров между листами створок двери разделена на три части с помощью указанных выше стальных брусков сечением 30x35 мм. Двери для передвижения опираются закреплёнными на нижних плоскостях каретками на рельсы (поставляет Заказчик), которые установлены на передвижной платформе и поддерживаются в вертикальном положении роликами и направляющей, закреплёнными на верхней плоскости створок и конструкции обвязки барреля, соответственно.

Платформа для передвижения и конструкция для обвязки барреля, изготовлены из листов или профилей стали марки Ст3, проектным весом 98 тонн, шириной 13000 мм и высотой 8500 мм и обеспечивает фиксацию модулей ярма магнита, установку рельс для передвижения створок дверей магнита и принимают на себя силовые нагрузки, создаваемые весом и магнитным полем соленоида.

Платформа для передвижения позволяет перемещать в горизонтальной плоскости всю установку SPD общим весом 1271,5 тонны (баррель, двери, 40т – верхняя платформа с оборудованием, 100 т – детекторы внутри барреля) из положения сборки в рабочую позицию на пучке ускорителя при помощи 6-ти гусенично-роликовых тележек, закрепленных к основанию силовой конструкции, и рельс, которые предусмотрены проектом при строительстве корпуса. Тележки предоставляет Заказчик.

Стальной прокат для всех элементов конструкции должен соответствовать требованиям ГОСТ 380-2005 «Спокойная сталь Ст3сп» по базовому содержанию химических элементов.

5. Требования к изготовлению и сборке модулей и дверей.

Сборка модулей барреля осуществляется на стапеле из заранее подготовленных листов. Стапель позволит собрать их с достаточной точностью перед сваркой с применением кантователя.

После сборки модулей методом сварки и последующего отжига необходимо провести замеры с помощью мобильного лазерного трекера и провести окончательную обработку на станке всех сторон модуля, пазов и крепёжных отверстий с выборками согласно КД (рис.4б).

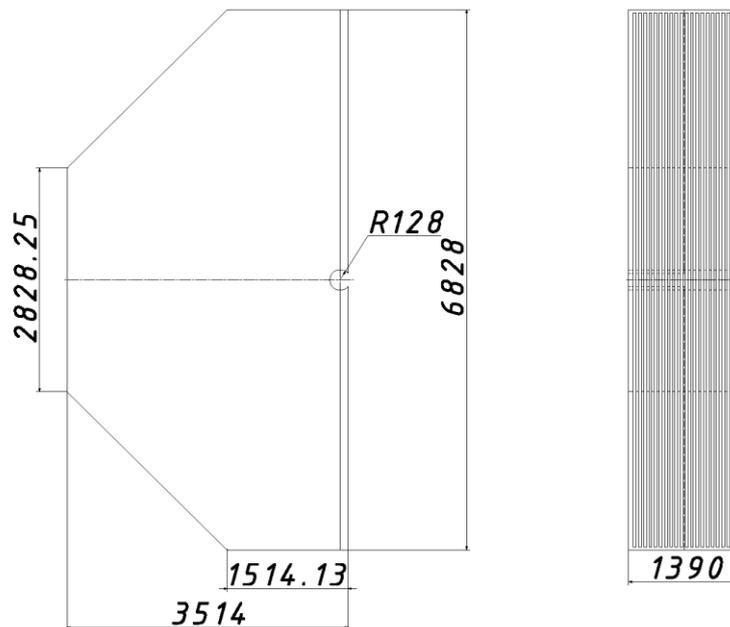


Рис. 3. Створка двери.

Сборка дверей осуществляется на мастер-плите – листы укладываются в горизонтальном положении (рис.7).

После сборки методом сварки и отжига створок дверей необходимо провести замеры с помощью мобильного лазерного трекера и провести окончательную обработку на станке всех сторон каждой части створок дверей, пазов и крепёжных отверстий с выборками согласно КД.

В процессе перемещения или монтажа модулей и дверей необходимо учитывать, что общий вес узлов изделия, траверс, кантователя или других приспособлений не должен быть в сумме больше 80 тонн, так как кран в зале SPD имеет грузоподъемность 80 тонн и высоту до крюка 15,2 м.

Все зазоры в модулях и дверях должны иметь достаточно гладкую поверхность, так как внутри них будут размещаться детекторы, собранные из алюминиевого профиля и пластиковых кожухов, с расположенными на них электронными платами, кабелями и газовыми трубками.



Рис.4 а) Предполагаемый раскрой листов для модулей барреля.

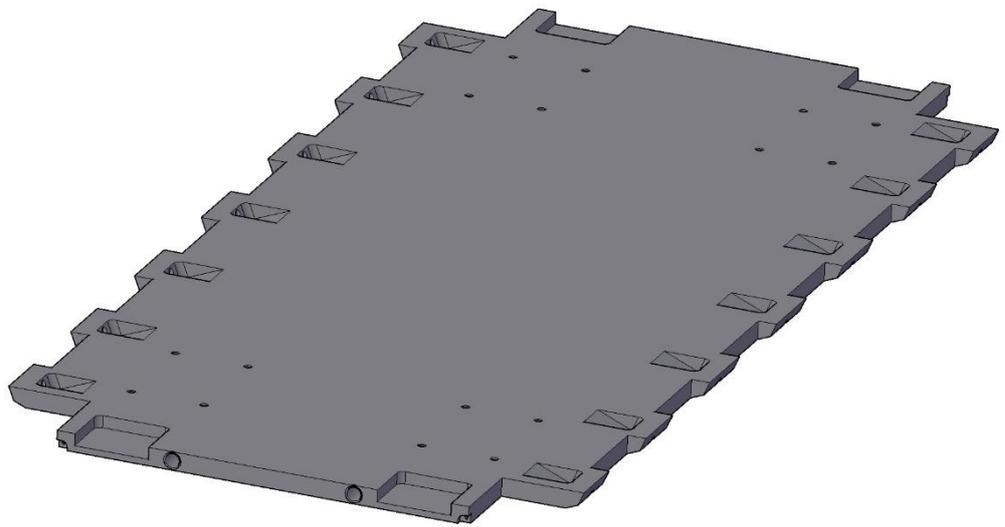


Рис.4б) Предполагаемая мехобработка листов (в составе модуля).

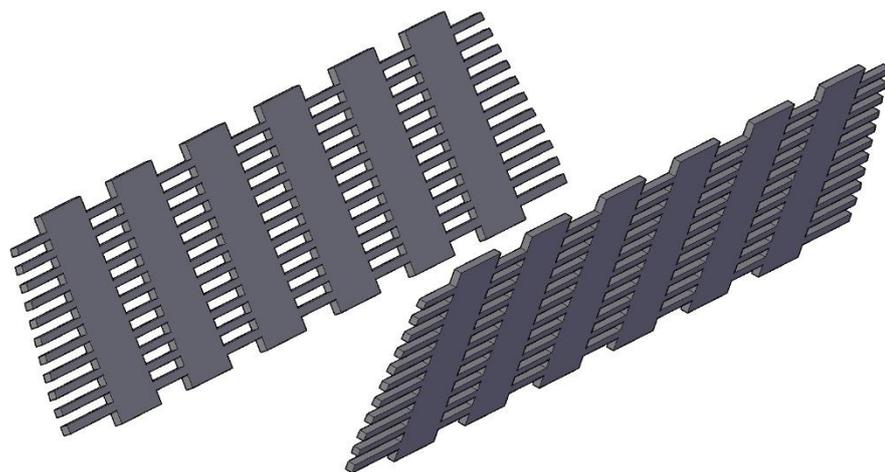


Рис. 5 Боковые перфорированные листы для сборки модулей.



Рис. 6. Примерный вид спецстанеля для сборки модулей



Рис. 7. Сборка створок дверей на мастер-плите.

6. Требования к конструкторской документации.

Разработка КД ярма магнита должна проводиться в соответствии с требованиями Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности.

Нумерация чертежей, спецификаций и 3D-моделей должна соответствовать принятой на проекте NICA:

- 1.2. 3. 4;
- 1065.800.000.000 – Детектор SPD;
- 1065 – номер темы в ОИЯИ;
- 800 – идентификатор группы в структуре проекта;
- 000 – сборочные единицы;
- 000 – детали;
- Идентификатор магнита SPD– 1065.820.000.000.

Система координат ярма магнита должна соответствовать, принятой в проекте. Система является правосторонней. Начало координат совпадает с геометрическим центром барреля, т.е. находится на его оси, на равных расстояниях от центров верхнего и нижнего оснований модулей ярма магнита. Ось Z совпадает с осью барреля и направлена с Востока на Запад (в привязке к залу SPD). Ось Y направлена вертикально вверх.

7. Требования к подрядчику.

Подрядчик на своем предприятии должен иметь:

- конструкторское бюро, которое подготовит конструкторскую документацию на изделие в соответствии с технологическими возможностями предприятия и в соответствии с «Моделью» детектора SPD, разработанной в ОИЯИ;
- станочное оборудование, способное обрабатывать крупногабаритные детали весом до 70 тонн;
- оборудование для раскроя стальных листов толщиной 60 мм и 30 мм и шириной до 3,6 метра и длиной до 7 метров с точностью ± 1 мм, либо иметь договор с производителем необходимого проката на работы по раскрою в необходимые размеры;
- оборудование для кантования узлов с весом до 70 тонн и длиной до 7 метров и при перемещении готовых изделий, с использованием траверс, кантователя и т.д., учитывая, что в зале SPD установлен кран г/п 80 тонн с высотой до крюка 15,2 м;
- оборудование и аттестованный персонал для сварки стальных листов толщиной 60 мм и 30 мм;
- оборудование для отжига крупногабаритных сварных узлов;
- предприятие должно иметь соответствующее СРО и лицензию на изготовление конструкций для предприятий атомной энергетики;
- сборочный цех должен иметь необходимые площади для размещения подготовленных к сборке узлов, мостовой кран г/п не менее 80 т, высоту под крюком, позволяющую вести пробную сборку всей конструкции и осуществлять контроль допусков со стороны Заказчика;
- необходимое оборудование или договор с подрядной организацией для проведения пескоструйных работ и покраски готовых крупногабаритных изделий;
- иметь возможность доставки крупногабаритных изделий на причалы, расположенные на внутренних водных путях Российской Федерации, т.к. доставку планируется осуществлять водным путем от предприятия по р.Волга до порта в городе Дубна с разгрузкой и транспортировкой деталей до места монтажа.

8. Этапы работ.

1. Предпроектная проработка документации для создания составных частей детектора NICA/SPD совместно с Заказчиком:

- разработка эскизного проекта в соответствии с «Моделью» детектора, разработанной конструкторским бюро ОИЯИ, с учетом производственных мощностей завода изготовителя;
- выполнение технико-экономических расчетов (ТЭР);
- разработка основных технических решений (ОТР);
- составление технического задания на разработку КД;
- проработка путей поставки листового проката к изготовителю и подбор производителей;
- проработка путей поставки готовой продукции Заказчику;
- предоставление сметы на разработку КД и изготовление.

2. Разработка конструкторской документации ярма и силовой конструкции детектора NICA/SPD и согласование её с Заказчиком (Акт выполненных работ).
3. Изготовление деталей (модулей и дверей) ярма с контролем всех допусков до снятия детали со станка (Акт выполненных работ с присутствием представителя Заказчика).
4. Изготовление передвижной платформы и конструкции для обвязки барреля, контрольная сборка и проведение проверки всех допусков (Акт выполненных работ с присутствием представителя Заказчика).
5. Сборка баррельной части ярма из восьми модулей на платформе для передвижения с применением кантователя и монтажом конструкции для обвязки барреля. Проверка геометрии барреля с помощью лазерного трекера. Установка контрольных штифтов и реперных точек для обеспечения повторяемости сборки. (Акт выполненных работ с присутствием представителя Заказчика).
6. Установка и сборка створок дверей. Проверка закрытия торцов барреля и выставление зазоров в местах соединения барреля и дверей (Акт выполненных работ с присутствием представителя Заказчика).
7. Разборка всей конструкции на её составляющие и проведение пескоструйных и покрасочных работ. Упаковка всех узлов перед транспортировкой (Акт выполненных работ с присутствием представителя Заказчика).
8. Транспортировка готовых изделий до места сборки в здании NICA/SPD.
9. Сборка всей конструкции в здании SPD с применением кантователей и других механизмов, использовавшихся при пробной сборке конструкций на предприятии-изготовителе и проверка геометрии с помощью лазерного трекера (Акт выполненных работ с присутствием представителя Изготовителя и Заказчика).

Начало производства – не позднее августа 2026- года.

9. Порядок контроля и приемки

Присутствие уполномоченного представителя Заказчика при приёмке промежуточных этапов с оформлением приемных Актов. (Уточняется после выполнения 1-го этапа).

Гуськов А.В.
Корзенев А. Ю.
Топилин Н.Д.
Самарцев А.Г.
Алексеев Г.Д.