**Статус ускорителя У-400М**

В рамках развития ускорительного комплекса ЛЯР проект DRIBS-III в июле 2020 года была начата модернизация ускорительной установки У-400М (МЦ-400). Основной целью была замена вышедшего из строя и морально устаревшего оборудования: замена обмоток возбуждения основного магнита, обновление вакуумной системы, системы вод охлаждения и системы электоропитания, создание новой системы управления и замена систем радиационной безопасности. Так же модернизировалась системы вывода пучка высоких энергий и каналы транспортировки ускоренных пучков.

Самой трудоемкой частью работы была замена катушек возбуждения основного магнита циклотрона У-400М. После демонтажа оборудования ускорительной установки и подготовки рабочей площадки эти работы были начаты. Работы производили специалисты НПО ГКМП (г. Брянск) совместно со специалистами ЛЯР. В течении 1 года были демонтированы старые обмотки и смонтирована новая пара обмоток, каждая из которых состоит из 11 секций. Полная масса одной обмотки 55 тонн.

После завершения монтажа обмоток основного магнита и их подключению к источнику питания и системе водоохлаждения были выполнены магнитные измерения. По результатам измерений магнитное поле магнита было шиммировано. С помощью шиммов была скомпенсирована первая гармоника магнитного поля до уровня в 3 Гаусс. За счет размещения дополнительных шиммов в долинах магнитной структуры удалось поднять среднее поле на внешних радиусах и увеличить радиус вывода 10-17 мм, в результате энергия выводимого пучка увеличилась на 1-1.5 %.

Параллельно с этим велись работы по модернизации системы вывода. По результатам магнитных измерений, а также по результатам анализа работы старой системы вывода, был рассчитан и изготовлен новый фокусирующий магнитный канал МК-1. Новый магнитный канал значительно повысит радиальную фокусировку пучка, а также скомпенсирует вертикальную перефокусировку пучка, которая существовала ранее.

После окончания магнитных изменений был начат обратный монтаж оборудования. Все узлы циклотрона ревизировались перед монтажом. Если было необходимо, элементы ремонтировались и дорабатывались в соответствии с новой компоновкой оборудования циклотрона. В случае невозможности доработать или восстановить старые компоненты изготавливались новые. В рамках монтажа была изменена компоновка оборудования вакуумной камеры.

После монтажа вакуумной камеры и удачных вакуумных испытаний были начаты работы по монтажу резонаторов ускоряющей системы. Резонаторы получили новую систему привода закарачивающей пластины, новую конструкцию контактных групп, а также новую систему триммера АПЧ (системы автоматической подстроки частоты). После монтажных работ, были проведены измерения и калибровки. А при достижении рабочего уровня вакуума в камере циклотрона начата тренировка ВЧ системы.

Систему аксиальной инжекции также затронули изменения. Ионный источник DECRIS-2 был заменен на DECRIS-2M. Новый источник имеет большую интенсивность. В вертикальной части аксиальной инжекции установили дополнительные элементы входящие в систему сигнализации и блокировок. Вся система была отъюстирована.

На завершающем этапе были смонтированы каналы транспортировки ускоренного пучка и экспериментальные установки, расположенные в зале ускорителя. Начата подготовка к проведению экспериментов.

Работы велись не только в зале ускорителя. Была доработана система водоохлаждения, установлены новые источники питания, форвакуумное оборудование, компрессоры вакуумных крионасосов, серверы управления, доработаны усилители ВЧ питания. Проложены новые кабельные линии питания и управления, форвакуумные и гелиевые магистрали для вакуумной системы, фидерные линии передачи ВЧ мощности, линии водяного охлаждения и подачи сжатого воздуха.

Система управления была полностью обновлена. Силами специалистов ЛЯР были разработаны и реализованы новые схемы управления. Разработано программное обеспечение. Собраны новые стойки управления. Система управления объединила как старое, так и новое оборудование. Система полностью работоспособна и введена в эксплуатацию.

Отдельно необходимо отметить работы по созданию новых систем Блокировок и сигнализаций ускорительной установки У400М, а также систему Автоматизировано контроля здания 101. За время проведения модернизации системы были смонтированы, протестированы и введены в эксплуатацию.

В начале мая 2024 года системы ускорительной установки были протестированы в автономном режиме. После этого начаты комплексные пусконаладочные работы с получением ускоренных пучков. Получены первые результаты. После полного комплекса испытаний ускорительная установка У-400М будет введена в эксплуатацию. Проведение первых экспериментов запланировано на 2-е полугодие 2024 года.

****