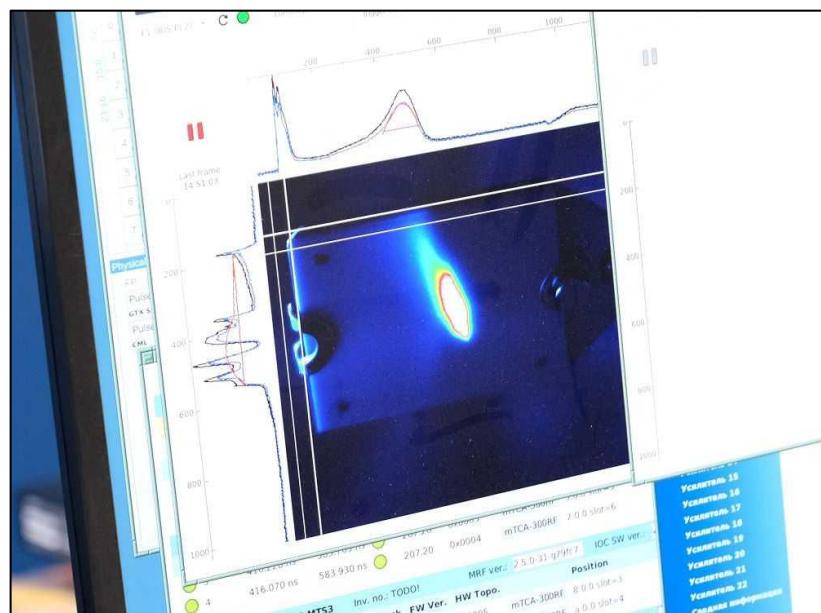


Преимущества СКИФского суперенитета

Неумолимо приближается ввод в эксплуатацию Сибирского кольцевого источника фотонов. Редакция «ЧС» убедилась в том, что этот момент не за горами и выяснила, как работа ЦКП «СКИФ» изменит нашу с вами жизнь.

Рождение электронного пучка

В Центре коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» (ЦКП «СКИФ») запущен бустерный синхротрон и начались эксперименты с электронным пучком. Частицы сделали два полных оборота, а синхротронное излучение, которое они испустили, проходя через поворотные магниты, позволило измерить параметры пучка — его форму, размер и интенсивность.

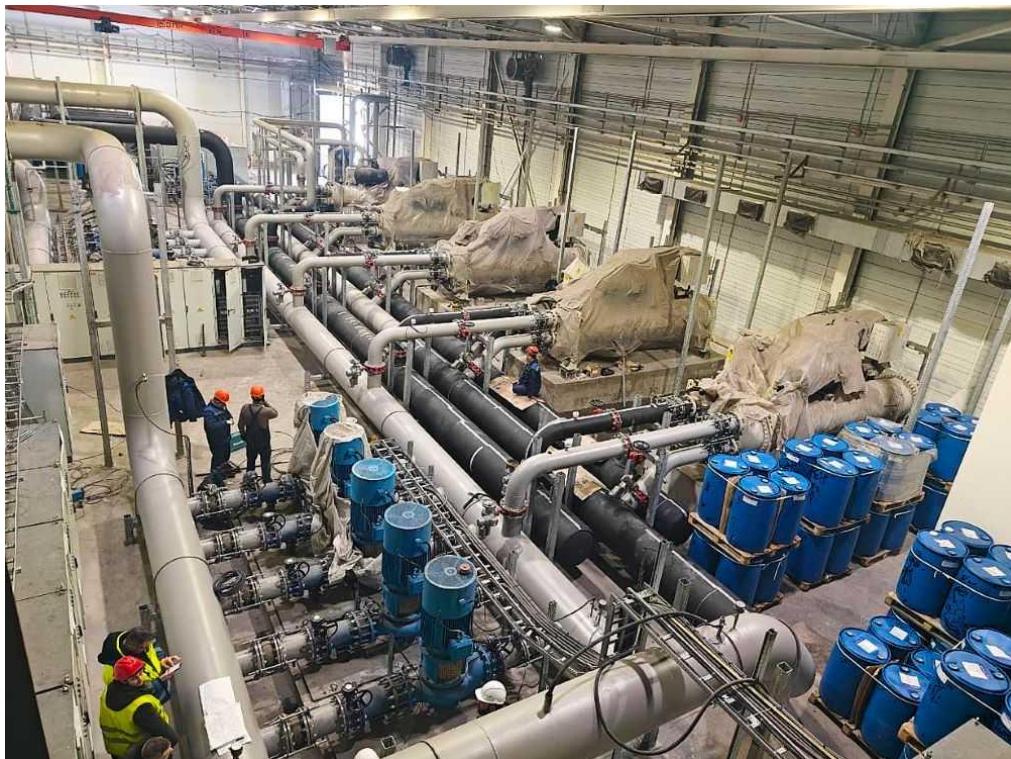


Электронный пучок в бустерном синхротроне зафиксирован

— Здесь, в Новосибирской области, создается самый яркий в мире источник синхротронного излучения, — отметил директор Института катализа Сибирского отделения Российской академии наук академик Валерий Бухтияров. — У него будет самый малый объем электронного пучка — всего 75 Пикаметров. Это в четыре раза меньше, чем работающие сегодня источники в Швеции и Бразилии. Работоспособность всего комплекса Сибирского кольцевого источника фотонов обеспечат три ускорителя. Линейный ускоритель был запущен в феврале этого года. Сейчас запустили бустерный синхротрон. Практически всё оборудование, все сооружения для СКИФа изготавливаются в Российской Федерации. Слава богу, у нас есть такие компетенции.

И этих компетенций достаточно, чтобы все работы по созданию и дальнейшей жизни СКИФа выполнялись в намеченные сроки. Например, инжекционный комплекс уже полноценно выполняет свои задачи. Он состоит из линейного ускорителя и бустерного синхротрона и является основой всего комплекса, поскольку формирует пучок с необходимыми параметрами. В линейном ускорителе электроны рождаются, группируются в пучок, получают первоначальное ускорение и энергию 200 миллионов электронвольт (МэВ). Затем этот пучок поступает в кольцевой бустерный синхротрон, где разгоняется до рабочей энергии — три миллиарда электронвольт (ГэВ), и отправляется в основной накопитель. В накопителе электронный пучок, проходя через магнитное поле поворотных магнитов (магнитных диполей) или специализированных многополюсных устройств (вигглеров или ондуляторов), генерирует синхротронное излучение. Синхротронное излучение выводится из накопителя через фронтенды и по каналам транспортировки

рентгеновского пучка доставляется на экспериментальные станции, где ученые будут использовать его для проведения исследований.



Корпус инженерного обеспечения СКИФа

Неоспоримые преимущества

О преимуществах СКИФа рассказал директор Института ядерной физики СО РАН Павел Логачев:

— Каждый хотя бы раз в жизни сталкивался с медицинской рентгеновской установкой. Представьте себе, размер рентгеновского источника на трубке, которая фотографирует, например, сломанную руку, примерно 0,5 миллиметра. Так вот СКИФ сжимает эти 0,5 миллиметра в размер одного атома. И из каждого излучающего источника СКИФа идут более десяти киловатт непрерывной мощности. Этой мощности достаточно, чтобы разрезать рельс. Это позволяет проводить такие эксперименты, которые на другом оборудовании в принципе недоступны.



Директор Института ядерной физики СО РАН Павел Логачев

По информации Логачева, главная задача СКИФа и тот выигрыш, который он даст для науки и экономики, — сокращение времени в десятки, а в некоторых случаях и в сотни раз на создание новых материалов с нужными характеристиками. Это касается любых материалов — и биологических, и технических, и космических. Причем, ускорение элементарных частиц в кольце дает огромную экономию средств. Линейный ускоритель было бы построить в шесть-семь раз дороже.

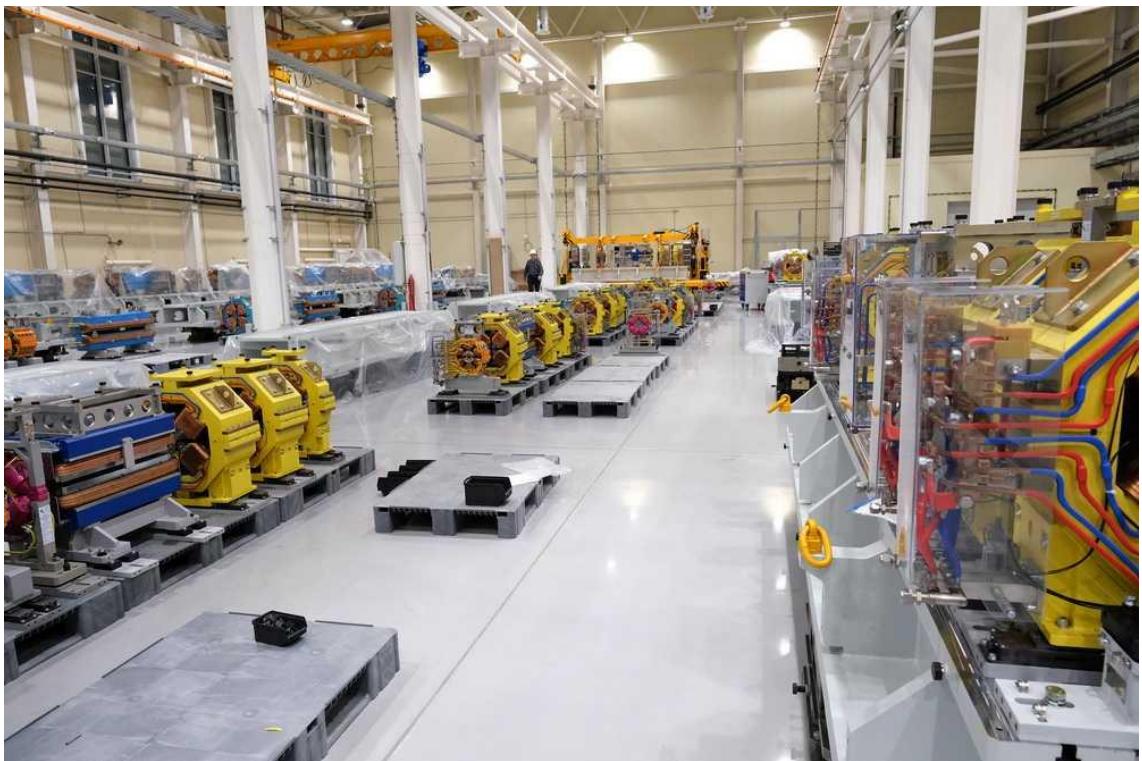
— Когда создается такой сложный комплекс с уникальным ускорительным оборудованием, он требует особых условий, — отмечает Павел Логачев. — Системы вентиляции, холодоснабжения, охлаждения, нагрева в зимнее время должны быть очень прецизионными и — большой мощности. Такого в последние два-три

десятилетия в нашей стране, а то и в мире, точно не создавали. И понятно, что для того, чтобы такой сложный комплекс заработал, требуются особые усилия от строителей, которые возводят здания и помещения. И то, что мы работаем параллельно со строителями, — это единственный разумный вариант создания СКИФа. Иначе его за такой короткий срок было бы не построить.

— Когда создается такой сложный комплекс с уникальным ускорительным оборудованием, он требует особых условий, — отмечает Павел Логачев. — Системы вентиляции, холодоснабжения, охлаждения, нагрева в зимнее время должны быть очень прецизионными и — большой мощности. Такого в последние два-три десятилетия в нашей стране, а то и в мире, точно не создавали. И понятно, что для того, чтобы такой сложный комплекс заработал, требуются особые усилия от строителей, которые возводят здания и помещения. И то, что мы работаем параллельно со строителями, — это единственный разумный вариант создания СКИФа. Иначе его за такой короткий срок было бы не построить.

Укрощение строптивого электрона

Теперь о том, как проходит монтаж основного оборудования кольцевого источника фотонов. В корпусе стендов и испытаний, а проще говоря, в сборочном цехе, монтируются самые крупные элементы СКИФа. Они устанавливаются на очень мощный стальной стол — гирдер — с невероятно точными регулировками. Перемещает и устанавливает гирдеры в накопитель своеобразный наземный дрон. Сделали его в Санкт-Петербурге с учетом всех заданных в Новосибирске характеристик.



— В сборочном цехе устанавливаются магниты с точностью до тридцати микрон, — рассказывает помощник директора Института ядерной физики по проекту СКИФ **Сергей Гуров**. — Они удерживают электроны точно по оси пучка. Сам пучок — всего сто микрон. И если не добиться максимальной точности, то он просто-напросто рассыпится и перестанет жить. Уникальны и источники бесперебойного питания, удерживающие сутками и неделями подачу электроэнергии на точно заданном уровне. На СКИФе используются три тысячи таких источников питания. Все оборудование специально разрабатывалось под конкретные задачи. Даже шкафы для него, созданные на новосибирском предприятии, обладают уникальными свойствами. Некоторые шкафы — с теплообменником, который удерживает внутреннюю температуру на определенном

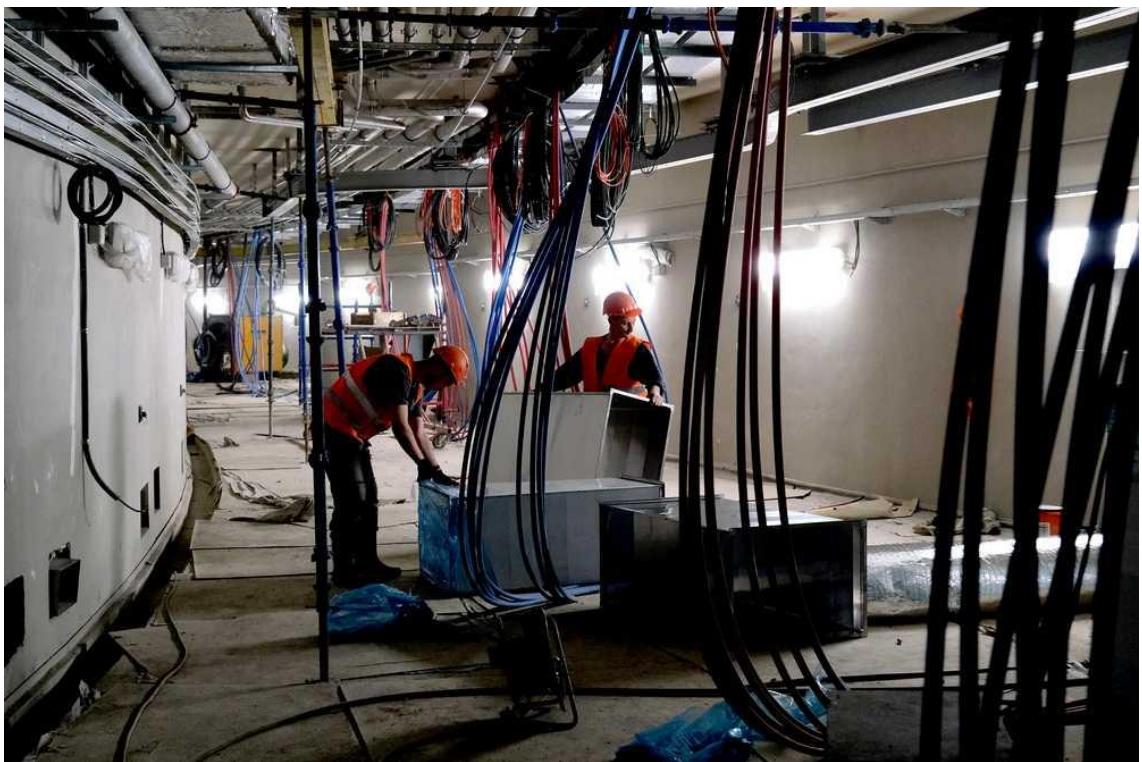
уровне (плюс-минус один градус), чтобы не перегревалась электроника. А есть корпуса, в которых температура стабилизируется с точностью плюс-минус одна десятая градуса по Цельсию. Зачем нужна такая температурная стабильность? Давно известно, когда электроника нагревается, каждые лишние десять градусов уменьшают срок ее службы в два раза.



Помощник директора Института ядерной физики по проекту СКИФ Сергей Гуров

Представитель службы заказчика – Института катализа СО РАН **Владимир Анисимов** сообщил «ЧС», что в тоннеле накопителя уже произведена чистовая отделка, сделаны полы. На стенах выставлены геознаки для установки оборудования. Ведутся работы по прокладке кабелей.

Совсем недавно была установлена и запущена на бустерном синхротроне СКИФа высокочастотная система, которая наряду с магнитной отвечает за ускорение пучков электронов до рабочей энергии 3 ГэВ. И физики Института ядерной физики СО РАН и ЦКП «СКИФ» сразу приступили к работе с пучком в бустерном кольце. Ускоряющая ВЧ-система бустера включает три блока, каждый из которых состоит из высокочастотного резонатора, усилителя мощности и высокочастотной электроники. Высокочастотные усилители мощности питают резонаторы, передавая до 50 кВт по специальным волноводам. Резонатор — это вакуумный объем специальной формы, внутри которого генерируется электромагнитное поле высокой частоты. Сложная конфигурация резонатора позволяет возбуждать колебания на необходимой для ускорения рабочей частоте (357 МГц), одновременно подавляя «паразитные» колебания на других частотах, которые ухудшают параметры пучка.



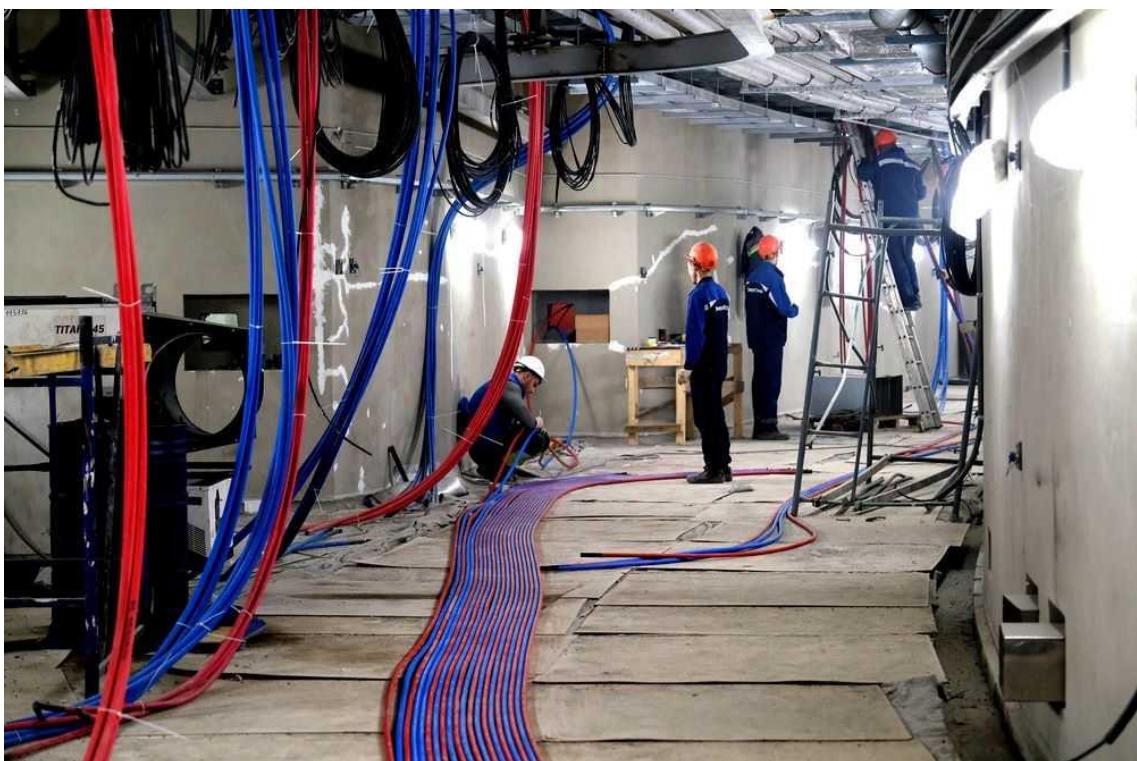
После установки всех элементов ВЧ-системы бустера, физики приступили к ее настройке. Отмечу, что резонаторы с уникальными характеристиками разработаны и изготовлены специалистами ИЯФ СО РАН. Высокочастотные усилители мощности, питающие резонаторы созданы предприятием радиоэлектронной промышленности ООО «НПП

Триада ТВ». Электроника, входящая в состав комплекса управления высокочастотной системой, собрана в ИЯФ СО РАН и работает благодаря программному обеспечению, созданному [Институтом автоматики и электрометрии СО РАН](#). Как видите, все разработки – отечественные.

СКИФ обучающий

Уже разработана концепция учебно-исследовательской станции ЦКП «СКИФ». Она задумана максимально универсальной, многофункциональной, высокопроизводительной и удобной в использовании. Станция будет использовать синхротронное излучение, полученное из поворотного магнита, который является неотъемлемой частью ускорительного комплекса. Такой подход позволит запустить станцию сразу после ввода в эксплуатацию магнитной структуры накопительного кольца.

— Планируется, что к 2035 году инфраструктура СКИФ будет включать до 30 станций, каждая из которых может иметь в составе несколько экспериментальных секций. Для того, чтобы в полной мере использовать возможности первого в России синхротронного источника четвертого поколения, необходимо быстро и эффективно готовить новых пользователей синхротрона, а также будущих ученых, которые начнут обеспечивать функционирование станций — нынешних студентов и аспирантов, — рассказал один из авторов концепции станции, научный сотрудник ЦКП «СКИФ», кандидат химических наук Денис Мищенко.



Станция предназначена для проведения исследований с использованием традиционных и наиболее востребованных синхротронных методов: XAS (рентгеновская абсорбционная спектроскопия); XRF (рентгеновская флуоресцентная спектроскопия) и XRD (рентгеновская дифракция), как порошковая, так и монокристальная, включая режим *in situ* (научный термин на латинском языке для обозначения оригинального места проведения опытов, наблюдений и экспериментов). Проект реализуется в рамках партнерского соглашения между Институтом катализа СО РАН, СКИФ и Новосибирским государственным университетом.

— Для запуска учебно-исследовательской станции не потребуется сложных технических устройств генерации синхротронного излучения — вигглеров или ондуляторов. На ней

будет использоваться излучение из поворотного магнита, который является неотъемлемой частью ускорительного комплекса. Все необходимое оборудование для этой станции уже приобретено в рамках реализации проекта по модернизации УНУ «Станция EXAFS-спектроскопии» Института катализа СО РАН, которая функционирует в составе Сибирского центра синхротронного и терагерцового излучения ИЯФ СО РАН. Обновлены системы детектирования и управления, модернизированы вакуумная система и система размещения оборудования. Сейчас оборудование частично эксплуатируется в СЦСТИЯФ СО РАН, остальное ждет размещения в СКИФе. Таким образом, есть возможность запустить учебно-исследовательскую станцию в эксплуатацию одновременно со станциями первой очереди ЦКП «СКИФ», но в отличие от них эта станция не потребует сложных пуско-наладочных работ, — прокомментировал соавтор концепции станции, старший научный сотрудник ЦКП «СКИФ» и Института катализа СО РАН, кандидат физико-математических наук **Андрей Сараев**.



Цель данной станции — познакомить начинающих пользователей с повседневной работой: основными оптическими элементами, экспериментальными приборами, методами исследования. Планируется проведение занятий для студентов, включая семинары и лабораторные работы, также на станции смогут реализовывать свои исследовательские проекты аспиранты и докторанты. Кроме того, инфраструктура станции может быть использована и для других образовательных и научных программ: школ, курсов повышения квалификации, тематических конференций.

— Рекордная яркость СКИФ и универсальное оборудование позволят проводить исследования высокого качества. Установка такого уровня — новая веха в нашей науке. Нам необходимо давать возможность знакомиться с устройством станции, не мешая работе других исследователей, — отметил соавтор концепции, младший научный сотрудник ИК СО РАН, научный сотрудник ЦКП «СКИФ» **Александр Селютин**.

Концепция станции, предложенная коллективом авторов, содержит расчет оптимальной оптической схемы с использованием оборудования модернизированной УНУ «Станция EXAFS-спектроскопии» ИК СО РАН, расчеты тепловых нагрузок на кристалл монохроматора, также разработана система охлаждения монохроматора. Характеристики

предложенной оптической схемы сопоставлены с некоторыми другими возможными вариантами, на основе чего и создан концепт развития станции после ее запуска.

Ближайшие планы СКИФа

Директор Центра коллективного пользования «Сибирский кольцевой источник фотонов» **Евгений Левичев** уверен, что напряженный график работ по подготовке СКИФа к эксплуатации строители и ученые должны выдержать. Подробностями ближайших СКИФских планов он поделился с «ЧС»:

— Мы живем в парадигме указа президента, в котором говорится, что в конце декабря 2025 года должен произойти технологический пуск накопителя СКИФ. Вот сейчас мы «закрутили» первые два оборота электронного пучка. Это означает, что все системы и элементы, которых — сотни, собраны и соединены правильно. Одних проводов — несколько тысяч штук. Поэтому если хоть что-то неправильно соединить, можно будет очень долго биться за пучок, не понимая, что не так. Но тем не менее, все получилось, обороты есть. Это значит, что в ближайшее время мы попробуем получить так называемый циркулирующий пучок, на энергии 200 МэВ он будет уже постоянным.



Директор ЦКП «СКИФ» Евгений Левичев

Потом мы сделаем небольшой перерыв, потому что и нам, и строителям нужно доделать то, что еще не успели. Затем, где-то в июле, начнем поднимать энергию пучка до трех ГэВ. Для этого необходима очень хорошая система охлаждения, потому что мощность будет уже около мегаватта. И конечно, строители должны доделать систему хладоснабжения как можно быстрее. Ведь одновременно, в конце июля, начнем монтаж накопителя в кольце. До ноября будем всем этим заниматься, чтобы в декабре пучок «закрутился» в основном накопителе.

Подрядчики и в Новосибирске, и в Томске работают успешно, и нам уже пора задумываться о монтаже всего необходимого оборудования, чтобы к декабрю были смонтированы все семь станций. В первой половине 2026 года будем добиваться необходимых параметров, отрабатывать проектные режимы функционирования первой станции — учебно-исследовательской. Тогда и начнутся настоящие научные эксперименты, для чего и создается СКИФ, — подытожил Евгений Левичев.

Сейчас на площадке СКИФа инженеры Томского политехнического университета уже монтируют защитные боксы для этой экспериментальной станции «Базовые методы синхротронной диагностики для образовательной, исследовательской и инновационной деятельности студентов». Сегодня нет сомнений в том, что комплекс из 34 зданий и сооружений, инженерного и технологического оборудования, уже совсем скоро позволит проводить уникальные научные исследования на пучках синхротронного излучения.

Павел Разуваев

Фото: Сергей Завражных

Источник:

[Преимущества СКИФского суверенитета](http://4s-info.ru) – ЧС Инфо (4s-info.ru) (Новосибирск), 23 мая 2025.