

*И. Н. Семенюшкин*

## СИНХРОФАЗОТРОН СЕГОДНЯ

---

XX век отмечен великими открытиями и свершениями, во многом определившими облик современной цивилизации. Достойное место в этом ряду занимает знаменитый принцип автофазировки В. И. Векслера, открывший дорогу космическим энергиям частиц. Построенный под руководством В. И. Векслера дубненский синхрофазотрон — первая крупномасштабная реализация этого принципа в СССР. Запуск синхрофазотрона состоялся в 1957 г. Весьма показательно, что этот год вошел в историю человечества как год запуска в Советском Союзе первого в мире искусственного спутника Земли. И свершились эти поистине сказочные события спустя немногим более десяти лет после окончания самой кровопролитной и тяжелой для нашего Отечества войны! Такое невозможно было представить иностранным гостям Лаборатории высоких энергий, когда они знакомились с синхрофазотроном. Они удивлялись: «Как, и это все советское оборудование? Спроектировано и изготовлено в СССР?» Ответ на этот вопрос был на марках машин и агрегатов, созданных на заводах Москвы, Ленинграда, Харькова и других городов нашей страны.

Основные проектные параметры синхрофазотрона: максимальная энергия протонов — рекордная в это время — 10 ГэВ, интенсивность  $10^9$  протонов в импульсе, частота повторения 5 импульсов в минуту. Эксперименты с ускоренным пучком протонов можно было проводить внутри вакуумной камеры ускорителя, а эксперименты со вторичными частицами — в небольшом измерительном павильоне и внутри кольца синхрофазотрона.

С началом физических исследований главной и постоянной задачей персонала, обслуживающего ускорительный комплекс, было не только надежное обеспечение требуемых физиками режимов, но и дальнейшее развитие ускорителя и каналов транспортировки пучков. Последнее стало особенно значимым после запуска в начале 60-х годов протонных синхротронов с большей энергией и интенсивностью пучков в США (BNL) и Швейцарии (ЦЕРН).

Внимание многих физиков привлекала возможность изучения процессов взаимодействия ядер высоких энергий с веществом. Запросы нового научного направления — релятивистской ядерной физики, активно развиваемого А. М. Балдиным, ставшего с 1968 г. директором ЛВЭ, — требовали существенного повышения интенсивности прото-

нов и получения ядерных пучков. Успешное осуществление ускорения дейтронов в синхрофазотроне показало принципиальную возможность превращения его в ускоритель релятивистских ядер. Намеченная в конце 60-х годов стратегия развития синхрофазотрона была нацелена прежде всего на модернизацию инжекционного комплекса: повышение энергии инжектируемых частиц — создание нового линейного ускорителя протонов на энергию 20 МэВ, способного также ускорять и легкие ядра до энергий 5 МэВ/нуклон, совершенствование существующего и создание новых источников высокозарядных ионов: электронно-лучевого и лазерного, а несколько позднее — источника поляризованных дейтронов.

Ожидаемое получение ускоренных высокоинтенсивных пучков протонов и легких ядер можно было реализовать лишь создав эффективный медленный вывод частиц из синхрофазотрона и разветвленную сеть каналов, позволяющих в одном цикле ускорителя проводить одновременно несколько экспериментов, обеспечив при этом безопасную радиационную обстановку. Модернизация системы электропитания синхрофазотрона, создание уникальных выводных магнитов, аппаратуры диагностики и управления пучком и многое другое не имели аналогов в мировой практике. Во многих случаях технические вопросы решались на уровне изобретений. Исключительно трудная задача была успешно решена. Фактически это стало вторым рождением синхрофазотрона. Ученые получили практически бесструктурный во времени выведенный пучок ускоренных частиц с длительностью импульса 0,5 с, энергию которого можно было изменять по требованию экспериментаторов в широких пределах. Был построен современный измерительный корпус 205 с разветвленной сетью каналов транспортировки первичных и вторичных пучков. К уже имевшемуся быстрому выводу частиц длительностью до 1 мс добавился и медленный вывод ускоренных частиц с энергией до 2 ГэВ.

Разработанные в ЛВЭ новые источники высокозарядных ионов и источник поляризованных дейтронов, модернизация инжектора ЛУ-20 и высокочастотной системы ускорения синхрофазотрона позволили получить ускоренные пучки легких ядер, включая ядра серы, рекордных в то время энергий, векторно- и тензорно-поляризованные дейтроны. Была значительно увеличена (до  $4 \cdot 10^{12}$  в цикле) интенсивность протонов. Стало возможным одновременно проводить в одном цикле работы ускорителя до 5–6 экспериментов и использовать протонный и ядерный пучки для медико-биологических целей и других задач.

Синхрофазотрон отработал на физические эксперименты более 100 тысяч часов. К настоящему времени надежность всех его систем су-

щественно повышена — время отказов оборудования составляет не более 5 % от запланированного времени работы. Сегодня синхрофазотрон, несмотря на свой почтенный возраст, имеет уникальные пучки, привлекающие в ЛВЭ физиков многих стран.

При проведении модернизации ускорительного комплекса всегда высокий приоритет получало развитие тех систем, которые были необходимы для нуклотрона — сверхпроводящего ускорителя ядер, принявшего от синхрофазотрона эстафету исследований по релятивистской ядерной физике и другим актуальным проблемам физики.