

Б. С. Ратнер

ПЕРВЫЙ СИНХРОТРОН*

Годы, в которые Владимир Иосифович начал заниматься ускорителями, представляются наиболее интересными в его творческой биографии. О них, к сожалению, известно немного. Как ему, занимавшемуся исследованиями в области космических лучей, удалось решить проблему, над которой несколько лет безуспешно бились специалисты — ускорительщики? Нам, его сотрудникам, в период создания первого синхротрона как-то не приходило в голову расспрашивать Владимира Иосифовича об истории открытия, а он не любил рассказывать о себе. Да и напряженная работа не располагала к подобным беседам. И наконец, важность открытия явления автофазировки в то время нельзя было оценить в полной мере; кто мог предугадать, что уже в ближайшие десятилетия последует столь стремительный рост энергии ускорителей? (...) Три работы Владимира Иосифовича, в которых содержалось открытие явления автофазировки частиц, движущихся в резонансных ускорителях, появились в 1944–1945 гг. За рубежом публикации в советских журналах прошли незамеченными, возможно из-за условий военного времени. У нас в стране многие физики, даже весьма высокой квалификации, отнеслись к этим статьям с недоверием — консерватизм свойствен ученым не в меньшей степени, чем и остальным людям. К тому же явление, предсказанное в работах Владимира Иосифовича, еще никем не наблюдалось.

Позднее В. И. Векслер писал об этом периоде так: «Стало казаться, и такая точка зрения получила широкое распространение среди физиков, занимающихся проблемой ускорения заряженных частиц, что получение частиц очень большой энергии не может быть достигнуто с помощью резонансного метода и что эта задача может быть решена только в отдаленном будущем.

Действительность оказалась, однако, гораздо более благоприятной. Автору этих строк в 1944 г. удалось показать, что проблема получения частиц очень большой энергии может быть решена несколькими очень простыми способами. Все эти способы основаны на одном физическом явлении, которое удалось вскрыть при анализе резонансного

*Воспоминания о В. И. Векслере. М., 1987. С. 112–119 (с сокращениями).

ускорения частиц, двигающихся с очень большой скоростью. Это явление получило название автофазировки»¹.

Владимир Иосифович, конечно, понимал необходимость экспериментального подтверждения открытого им явления и уже в 1945 г. с помощью двух молодых физиков — экспериментатора Б. Л. Белоусова и теоретика М. С. Рабиновича — приступил к работе над созданием ускорителя, основанного на новом принципе. С большим трудом удалось ему заказать магнит будущего ускорителя, который весной 1946 г. был установлен в середине большой светлой комнаты в здании ФИАНа на Миусской площади. Отношение к идеям В. И. Векслера изменилось после появления в печати статьи американского физика Макмиллана, годом позже и независимо от Векслера также открывшего принцип автофазировки. К лету 1946 г. Владимиру Иосифовичу удалось добиться решения о создании лаборатории для постройки ускорителя, выделения средств и т. д. (...)

В июне 1946 г., когда я приступил к работе, группа, занимавшаяся созданием синхротрона, состояла всего из трех человек: Б. Л. Белоусова, инженера Э. Г. Горжевской и лаборанта И. Д. Кедрова. Вскоре начали приходить новые сотрудники, и к концу года группа, ставшая называться лабораторией В. И. Векслера, насчитывала уже около трех десятков человек.

Рассказывая далее о ходе работы по созданию первого синхротрона, которая интенсивно развернулась с лета 1946 г., я не буду перечислять сотрудников, занимавшихся разработкой того или иного узла ускорителя². В отчете о запуске ускорителя и на семинаре, посвященном 25-летию этого события³, упомянуты почти все участники работы. Исключение хотелось бы сделать лишь для Бориса Львовича Белоусова, в то время совсем молодого человека, незадолго перед этим окончившего физический факультет МГУ. Ему Владимир Иосифович поручил руководство небольшой группой, непосредственно занятой сборкой и запуском синхротрона. (...)

Препятствия, стоявшие на пути создания синхротрона, были разнообразны и поначалу даже не полностью осознаны; ведь ни один из сотрудников лаборатории не имел опыта работы с ускорителями, а ускорителей, в которых использовалось изменяющееся во времени магнитное поле, у нас в стране вообще не было. Необходимо было решать

¹Векслер В. И. Ускорители атомных частиц. М., 1956. С. 15.

²Труды ФИАН. 1963. Т. 19. С. 98.

³Ратнер Б. С. // Атомная энергия. 1973. Т. 34. С. 498.

многочисленные проблемы, связанные с получением нужных характеристик магнитного поля ускорителя, созданием в большом объеме высокого вакуума, получением высокочастотного поля необходимой мощности, конструированием вакуумной ускорительной камеры и т. д. Отсутствие в послевоенное время приборов и оборудования, столь необходимых при проведении исследований, создавало дополнительные трудности. Строящийся ускоритель (он должен был ускорять электроны до энергии 30 МэВ) по своим масштабам не шел ни в какое сравнение с аппаратурой, используемой тогда в физических лабораториях. Несмотря на все это, Владимир Иосифович со свойственной ему смелостью и решительностью принялся за дело.

Первоначально в качестве источника электронов предполагалось использовать радиоактивный препарат; помню, что он был изготовлен и находился в лаборатории. Однако вскоре было решено для предварительного разгона электронов до релятивистских скоростей использовать бетатронный режим ускорения. Впоследствии оказалось, что именно осуществление того первого этапа ускорения электронов потребовало наибольших усилий.

В лаборатории был изготовлен сердечник магнита, обеспечивающий получение вихревого электрического поля. Он был собран из нескольких тысяч пермалловых проволок, вручную изолированных и отожженных в печи. Была разработана методика нахождения положения равновесной бетатронной орбиты. Точность этих измерений должна была быть очень высокой, так как минимум градиента электрического поля, соответствующий положению орбиты, лежал в четвертом знаке. Параллельно велась работа по изготовлению и опробованию инжекторов, созданию проводящих слоев, наносимых на внутреннюю стенку ускорительной камеры. Тогда же была изготовлена первая стеклянная вакуумная камера круглого сечения. Магнитные измерения на постоянном токе позволили подобрать форму полюсного наконечника магнита ускорителя. В ходе измерений азимутальной неоднородности магнитного поля в зазоре ускорителя был понят весьма важный фактор, существенным образом определяющий движение электронов в начале ускорения, — наличие сдвига по фазе магнитного поля на разных азимутах орбиты электрона. Этот сдвиг, обусловленный неодинаковыми потерями в железе, мы научились измерять и компенсировать. Для точного измерения фазовой асимметрии был применен способ подмагничивания обмоток пермалловых датчиков постоянным током. В зарубежной литературе этот способ был описан значительно позже.

Одновременно были начаты исследования по созданию ВЧ-ускоряющего поля. Были разработаны проволочные накладные резонаторы и ВЧ-генератор для их питания, а также системы согласования и управления ВЧ-полем. В подвале под комнатой, в которой находился синхротрон, был установлен трансформатор питания магнита, а в самой комнате — батарея высоковольтных конденсаторов, образующая вместе с высоковольтной обмоткой магнита резонансный контур.

Осенью 1946 г. появилась заметка англичан Говарда и Барнеса об экспериментальном подтверждении принципа автофазировки. Они переделали имевшийся у них маленький бетатрон в синхротрон и получили пучок с энергией 8 МэВ. Следует сказать, что к тому времени в принципе автофазировки уже не сомневались, и опубликование статьи сенсации не вызвало. Было, конечно, жаль, что открытие Владимира Иосифовича не удалось впервые подтвердить в его лаборатории. Однако огромное преимущество, которым обладали физики, в чьем распоряжении уже имелся готовый бетатрон, не оставляло шансов опередить их.

В конце 1946 г., всего через полгода после развертывания основных работ, была предпринята попытка запуска ускорителя. Электроны проделывали один оборот, но тормозного излучения, достоверного признака успешного ускорения, обнаружить не удавалось. Много дней было затрачено на поиски пучка. Основная сложность заключалась в том, что существовало множество факторов, способных препятствовать успешному ускорению. Нужно было найти основной, решающий. Между тем не было уверенности ни в том, что получен нужный вакуум (техника вакуума позволяла с трудом измерять значения порядка 10^{-5} мм рт. ст.), ни в том, что правильно выбрано сопротивление проводящего слоя, ни в достаточной величине рабочей области ускорения и т. д. и т. п. Можно перечислить добрый десяток факторов, в отношении которых существовали сомнения. По некоторым из них удавалось осуществить контрольные опыты. Так, например, был сконструирован магнитный шунт, позволявший плавно (сидя на включенном магните!) изменять положение равновесной орбиты, ожидая появления γ -пучка.

Владимир Иосифович пробовал консультироваться у различных специалистов. Помню, как мы ездили на беседу к энергетiku, считавшемуся знатоком в области магнитов. Тот довольно долго рассказывал о вещах, не имеющих отношения к интересующему вопросу, часто употребляя выражение «в терминах существующих представлений». Когда мы возвращались в институт, Владимир Иосифович несколько раз недовольно повторял эту фразу. В попытках запуска прошло больше месяца. Это было самое трудное время. В. И. Векслер не переставал многократно перебирать возможные причины неудачи с пуском уско-

рителя. Вот характерный пример. В то время в ФИАНе по вечерам показывали трофейные фильмы. Некоторые из них очень нравились Владимиру Иосифовичу. И вот, находясь под впечатлением просмотренного фильма, он, не успев выйти из зала, часто обращался с фразой: «Что если...». Мысли, относившиеся к синхротрону, не оставляли его ни на минуту.

Наконец, Владимир Иосифович пришел к кардинальному и весьма смелому решению: прекратить попытки «оживить» ускоритель и приступить к изготовлению нового синхротрона с большей рабочей областью и лучшими характеристиками. Решение это было весьма ответственным — оно было связано с откладыванием запуска ускорителя не менее чем на полг. и, безусловно, содержало немалую долю риска.

Здесь уместно остановиться еще на одной черте Владимира Иосифовича. Он никогда не пытался переложить на своих сотрудников часть забот, связанных со стремлением руководства еще больше форсировать темпы работы. Как бы ни торопили Владимира Иосифовича, обстановка в лаборатории всегда оставалась спокойной и деловой.

После принятия решения об увеличении размеров ускорителя был заказан новый магнит. Он был спроектирован с учетом опыта, приобретенного в исследованиях с первым магнитом, и оснащен различными системами компенсации азимутальной асимметрии. Были изготовлены новые ускорительные камеры эллиптического сечения, также было налажено производство заготовок-полуколец. Уникальное изделие весом около 2 кг с очень тонкими стенками высокой степени однородности удавалось выдувать лишь одному мастеру-стеклодуву. Полукольца спаивали стеклодувы ФИАНа. В камеру вваривали патрубки для откачки, для инжектора и мишени. Была изготовлена новая вакуумная установка, позволившая уверенно получать хороший вакуум.

Был приобретен мотор — генераторный агрегат для питания магнита синхротрона с устойчивым напряжением с частотой 150 Гц и разработана схема его включения. Для синхротрона отвели специальные помещения в новом корпусе, построенном рядом с основным зданием.

Осенью 1947 г. начался монтаж ускорителя, а 28 декабря мы собрались вечером для запуска синхротрона. На магнит подано высокое напряжение, и Белоусов включил импульсный генератор, питающий инжектор. Пучок ускоренных электронов был получен сразу при первом же включении. Защелкали электромеханические счетчики, регистрировавшие импульсы от расположенных в разных местах гейгеровских счетчиков, на экране осциллографа застыл в нужном месте (через 200 мкс после начала ускорения) импульс — результат тормозного излучения, возникающего при сворачивании электронов на

мишень. Пучок сразу выключили (между ускорителем и пультом управления еще не было бетонной защиты) и бросились качать Владимира Иосифовича. Через две недели был осуществлен синхротронный режим, в котором электроны ускорялись до полной энергии. Таким образом задача создания первого синхротрона была решена Владимиром Иосифовичем и небольшим коллективом лаборатории менее чем за два года — срок удивительно короткий, если учесть все факторы, о которых говорилось выше.

Мне кажется, что причина успеха в значительной степени объясняется характером руководства людьми, я бы назвал это системой, применявшейся Владимиром Иосифовичем. В ее основе лежала идея предоставления каждому сотруднику максимальной самостоятельности, возможностей для инициативы. В ту пору одной из любимых его фраз была фраза из книги «Двенадцать стульев»: «Спасение утопающих — дело рук самих утопающих». Интересно, что подобная установка, связанная, казалось бы, с большим риском, применялась в самый напряженный для лаборатории период. Существенным элементом руководства было отношение Владимира Иосифовича к сотрудникам. Его характеризовали доброжелательность и простота, интерес к повседневным результатам работы человека, абсолютный приоритет дела над всеми остальными.

Думаю, если бы во главе лаборатории стоял не Владимир Иосифович, такой способ руководства успеха бы не имел. Нужны были его увлеченность и энергия, обаяние и авторитет, чтобы воодушевить коллектив на столь эффективную работу в течение длительного времени. В оценке людей Владимир Иосифович был очень сдержан. Не помню, чтобы он кого-нибудь ругал за упущение в работе. На похвалы также не был щедр. Его выразительное лицо лучше всяких слов отражало отношение к обсуждавшемуся вопросу. Никаких совещаний, обсуждений планов Владимир Иосифович в то время не устраивал. Их заменял очень короткий разговор почти с каждым из сотрудников один раз в несколько дней. Исключение составляли теоретики, беседы с которыми длились довольно долго.

(...)

Работы по созданию бетатронов велись в те годы и в других лабораториях страны. Вспоминается в этой связи эпизод в период подготовки запуска первого варианта ускорителя. В Москву на имя академика Бардина, вице-президента Академии наук СССР, пришла телеграмма из Свердловска, в которой сообщалось о наблюдении свечения пучка в камере бетатрона. Это сообщение, вызвавшее поначалу некоторое смятение в нашей лаборатории, однако, не подтвердилось, а через три года

А. П. Комар и я ездили в Свердловск принимать запущенный там бетатрон. Вскоре после запуска синхротрона в ФИАНе состоялась встреча с А. А. Воробьевым и его сотрудниками из Томского политехнического института, на которой мы поделились опытом создания ускорителя. Впоследствии, как известно, ТПИ стал центром создания различных типов ускорителей.

Вскоре после ввода в действие синхротрона и проведения некоторых методических исследований, в том числе вывода пучка электронов, встал вопрос о развертывании на нем физических исследований. Владимир Иосифович предложил для начала измерить форму спектра тормозного излучения. Теоретический спектр Бете–Гайтлера в то время еще не был проверен. Осенью 1948 г. мы приступили к подготовке эксперимента. В основу его был положен метод определения энергии γ -кванта посредством измерения энергии электрон-позитронных пар, образуемых в мишени из элемента с большим Z . В зазор магнита постоянного тока была помещена откачиваемая камера, внутри которой находились мишень и пара самодельных торцовых гейгеровских счетчиков. В ту пору это были единственные детекторы, пригодные для данной задачи. (...)

В последующие годы с одобрения Владимира Иосифовича мы занялись изучением с помощью ядерных эмульсий фотопротонных реакций на ядрах среднего веса. Все результаты мы обсуждали с Владимиром Иосифовичем (в состав группы входили также Е. М. Лейкин и Р. М. Осокина). Он охотно делился своими соображениями, но категорически отказывался от включения его в число авторов статей. Владимир Иосифович проявлял большую осторожность, когда речь шла о выводах из результатов эксперимента. Помню, как я пришел как-то к нему посоветоваться относительно опубликования статьи, результаты которой давали основание для необычных выводов. Владимир Иосифович начал рассказывать об устойчивом недоверии, которое питают физики к авторам ошибочных работ; вспомнил о шайн-мезонах, названных по имени исследователя, открывшего несуществующие частицы и сказал: «Позаботься подстелить соломку, если придется упасть». В результате обсуждения в статье появилась фраза: «...если подобный аномальный ход кривой подтвердится дальнейшими измерениями...»⁴.

Первому синхротрону была суждена долгая жизнь. Он длительное время являлся основным ускорителем лаборатории фотоядерных реак-

⁴Ратнер Б. С., Сженев Ю. К., Козлов В. Ф. Отчет ФИАН за 1949 г.

ций, руководимой Л. Е. Лазаревой, — одной из лабораторий, на которые разделилась в конце 50-х годов лаборатория В. И. Векслера.

⟨...⟩

Я на всю жизнь сохранил теплые чувства к Владимиру Иосифовичу, приобщившему меня к удивительно интересному миру ядерной физики. Эти строки пишутся спустя десятки лет. Забыта большая часть эпизодов, деталей. Но образ В. И. Векслера конца 40-х годов прекрасно сохранился в памяти. Заразительная целеустремленность, сочетающая азарт и хладнокровие, мужественная уверенность в возможности успешного преодоления всех преград — незабываемые черты его характера.