

СИБИРСКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ  
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ИЗВЕСТИЯ

Siberian Electronic Mathematical Reports

<http://semr.math.nsc.ru>

---

*Том 15, стр. А.39–А.43 (2018)*  
DOI 10.33048/semi.2018.15.122УДК 53.023  
MSC 01A70

## ВОСПОМИНАНИЯ О Б.В. ЧИРИКОВЕ

Г.Н. КУЛИПАНОВ

ABSTRACT. These are the memories of the great scientist Boris Valerianovich Chirikov.

**Keywords:** Chirikov criterion, biography.

Будучи студентом 4-го курса НЭТИ, я пришел на преддипломную практику в ИЯФ в конце 1962 года. Выдержав предварительное собеседование, выполнив и защитив дипломную работу, с сентября 1963 года я начал работу в ИЯФе в секторе 14, руководителем которого был А.Н. Скринский. Он и ввел меня в команду ВЭП-1 (запускаемой в то время одной из первых в мире установок со встречными электрон-электронными пучками). Помимо освоения работы всего комплекса ВЭП-1 мне было поручено сделать систему измерения частот бетатронных колебаний и подготовиться к изучению влияния нелинейных резонансов на электронный пучок.

Что поражало в ИЯФе 60-х гг. меня, пришедшего в институт молодого сотрудника? Прежде всего - высокий темп проведения работ, открытость обсуждения новых физических идей и новых технических решений, быстрое продвижение вперед, появление большого количества новых результатов. О них регулярно сообщали поздравления Ученого совета, вывешиваемые в холле института.

Особо я хочу отметить в институте 60-х гг. научные семинары, для которых были характерны простота и доступность изложения самых важных вопросов. Это, а также участие в семинарах А.М. Будкера, С.Т. Беляева, Р.З. Сагдеева, А.Н. Скринского, Б.В. Чирикова привлекало к работе в семинарах большое число сотрудников института и студентов.

---

KULIPANOV, G.N., MEMORIES OF B.V. CHIRIKOV.

© 2018 Кулипанов Г.Н.

Поступила 21 ноября 2018 г., опубликована 25 ноября 2018 г.

Я вспоминаю один из семинаров, на котором выступал Слава Дербенев с теоретическими объяснениями “эффектов встречи”, ограничивающих ток сталкивающихся пучков. Он представил диаграмму, на которой в зависимости от тока увеличивалась ширина возбуждаемых нелинейных резонансов бетатронных колебаний достаточно высоких порядков. Перекрытие этих резонансов и определяло предельный ток встречных пучков. Присутствовавший на семинаре С.Т. Беляев задал вопрос: “А это соответствует “критерию Чирикова”?”, на что получил утвердительный ответ.

Именно после этого семинара я решил, что необходимо почитать работы Б.В. Чирикова и его кандидатскую диссертацию. Реально я сделал это после посещения семинара самого Б.В. Чирикова. Кажется, это было летом 1967 года. На семинаре Борис Валерианович последовательно, просто и понятно рассказал про автофазирующие свойства нелинейного резонанса при действии резонансного возмущения, про образование области автофазировки, где амплитуда и фаза нелинейного осциллятора испытывают ограниченные фазовые колебания, частота которых зависит от нелинейности и амплитуды резонансного возмущения.

Для ускорительщиков все это было легко понимаемо, так как механизм автофазировки является основой синхротронного способа ускорения. Правда, вывод некоторых формул (например, частоты фазовых колебаний, ширины области автофазировки), сделанный Б.В. Чириковым на основе гамильтонова формализма, был простым и поучительным.

Затем Борис Валерьянович рассмотрел общий случай взаимодействия двух резонансов, привел оценки толщины стохастического слоя вблизи сепаратрисы, определяемой в основном расстоянием между резонансами. После этого он рассмотрел случай перекрытия областей автофазировки двух резонансов, приводящий к ситуации, когда изменение амплитуды и фазы осциллятора во всей области автофазировки носит случайный (диффузионный) характер. Кроме того, он проанализировал примеры адиабатического и быстрого прохождения через нелинейный резонанс, а также периодического прохождения через нелинейный резонанс.

В качестве доказательства Б.В. Чириков приводил результаты “вычислительных экспериментов”, выполненных совместно с Ф. Израйлевым и В. Вечеславовым на самой современной вычислительной машине того времени — БЭСМ-6. Доходчивое, ясное и понятное изложение Бориса Валериановича привело меня непосредственно на семинаре к заключению о возможности проверки его идей в “настоящем” эксперименте с помощью электронного пучка в накопителе ВЭП-1. Я осознал, что для изучения нелинейного резонанса как явления электронный пучок в ускорителе - идеальная модель, учитывая следующее:

- добротность электронного пучка в накопителе ВЭП-1 как осциллятора составляет  $\sim 10^8$ ;
- магнитная система накопителя позволяет иметь большую и регулируемую величину кубической нелинейности бетатронных колебаний;
- специальная система внешнего резонансного высокочастотного возбуждения (созданная и используемая нами для измерения частот бетатронных колебаний) позволяла возбуждать нелинейный резонанс при любой частоте бетатронных колебаний, не ограничивая себя только естественными “машинными” резонансами;

– изменяя амплитуду высокочастотной раскачки и величину кубической нелинейности, можно легко изменять параметры нелинейного резонанса: частоту фазовых колебаний и размер области автофазировки.

Кроме того, используя вторую внешнюю резонансную высокочастотную раскачку, можно исследовать взаимодействие пары резонансов в большом диапазоне их взаимного расстояния и отношения размеров областей автофазировки и тем самым в “настоящих” экспериментах проверить “критерий Чирикова”. Достаточно легко можно было вводить также частотную модуляцию ВЧ напряжения, используемого для возбуждения нелинейного резонанса, что при изменении величины девиации и частоты модуляции моделировало бы периодическое прохождение нелинейного резонанса.

Сразу после семинара я пошел к Б.В. Чирикову. Борис Валерьянович с интересом выслушал мои соображения, мы с ним сходили в пультовую ВЭП-1, посмотрели глазами на электронный пучок в накопителе, на систему наблюдения за пучком, базирующуюся на использовании видимой части спектра синхротронного излучения, которая позволяла буквально видеть процесс нелинейных колебаний электронного пучка. После посещения ВЭП-1 мы еще пообсуждали предлагаемые схемы экспериментов, а перед расставанием Борис Валерьянович пожелал мне успехов и дал толстый препринт (кажется, это было учебное пособие для студентов НГУ или автореферат его докторской диссертации), который позволил мне не только освоить теорию нелинейного резонанса, но и получить конкретные выражения основных характеристик нелинейного резонанса в форме, удобной для сравнения с экспериментом.

Примерно полгода после первых обсуждений ушло на изготовление комплекта аппаратуры, необходимой для реализации задуманных экспериментов, а затем вместе с А.Н. Скринским и С.И. Мишневым мы в течение полутора лет потратили достаточно много смен на проведение экспериментов на ВЭП-1.

В 1968 г. результаты исследования одиночных нелинейных резонансов (как “машинных”, так и возбуждаемых резонансной раскачкой) были доложены на Всесоюзном совещании по ускорителям в Москве, а в 1969 году серия докладов была представлена на Международной конференции по ускорителям в Ереване. Первым был доклад по изучению поведения пучка в накопителе при совместном действии двух нелинейных резонансов. Во втором докладе были представлены исследования стохастического слоя, возникающего при взаимодействии резонансов. Третий доклад был посвящен исследованию условий возникновения стохастической неучтойчивости, возникающей при периодическом пересечении нелинейного резонанса.

Борис Валерьянович детально ознакомился со всеми этими результатами как официальный оппонент моей кандидатской диссертации, которую я быстро написал после Ереванской конференции. Основное заключение официального оппонента было следующее: экспериментальные данные убедительно подтверждают для реальной механической системы весьма простой критерий стохастичности по перекрытию резонансов.

У меня до сих пор хранится отзыв Бориса Валерьяновича на мою диссертацию. Эти четыре страницы содержат поразительно много интересных оценок, замечаний, пожеланий и даже результатов его вычислений в процессе детального ознакомления с диссертацией. Они характеризуют Бориса Валерьяновича

и как опытного экспериментатора, и как замечательного физика. Например, заметив, что полученная экспериментально нижняя граница стохастичности при периодическом пересечении резонанса не соответствует значению “единица”, что следовало из простых оценок, он написал: “Заметим также, что полученная диссертантом так называемая нижняя граница стохастичности является в действительности границей захвата в резонанс и может быть вычислена точно. Соответствующий численный коэффициент равен  $\pi$ , что, по-видимому, не противоречит экспериментальному значению “четыре” с учетом ошибок измерений”.

Хочу добавить, что в августе 2003 года на юбилейном семинаре Чирикова я выступил с докладом “Экспериментальное исследование нелинейного резонанса и стохастичности - проверка “критерия Чирикова””, где были изложены результаты экспериментов 1968-1969 гг. На семинар приехали старые друзья и коллеги Бориса Валериановича - Спартак Тимофеевич Беляев, Юрий Федорович Орлов (Россия, США), Энди Сесслер (США), Джулио Казатти (Италия) – и его ученики – Игорь Мешков, Феликс Израйлев, Володя Зелевинский, Дима Шепелянский.

На семинаре было много интересных докладов, много научных бесед состоялось и вне семинара. Особенно много времени Борис Валерианович в таких беседах провел с Ю.Ф. Орловым.



Международная конференция «Динамический хаос в классической и квантовой физике», посвященная 75-летию академика Б.В. Чирикова. Слева направо: Б.В. Чириков, Г.Н. Кулипанов, Ю.Ф. Орлов (2003 г.)

Последняя встреча с Борисом Валерьяновичем была у меня в конце октября 2007 года за три месяца до его смерти. Предварительно договорившись, я и Виктор Сергеевич Фадин пришли домой к Чириковым. Борис Валерьянович, обрамленный огромной седой бородой, выглядел необычно. Хотя и отсутствовала живость в его взгляде, но в четкости его рассуждений был виден прежний Борис Валерьянович. Его тянуло на воспоминания о своей жизни. Он долго рассказывал о первых военных годах, об эвакуации из Ленинграда в Краснодарский край, о жизни на Кубани под немцами, о смерти мамы, об окончании средней школы, о дальнейшей жизни и учебе в Москве.

Вспомнив наш давний разговор в 80-х гг., когда Борис Валерьянович предлагал мне заняться экспериментальной проверкой квантового хаоса, я начал говорить о созданном нами мощном плавно перестраиваемом терагерцовом лазере на свободных электронах и о возможности достаточно просто перекрыть ридберговские уровни тяжелых атомов для наблюдения квантового хаоса. Однако, Борис Валерьянович перебил меня и сказал: “Тена, я тебе хочу сказать, что меня сейчас это совершенно не интересует”. Он взял в руки книгу, лежавшую рядом с ним, и произнес: “Гедель! Вот, что волнует меня сейчас!” Я сразу вспомнил философскую статью Бориса Валерьяновича, опубликованную в “Ежегодном отчете Института за 2003 год”, и понял, что после создания теории динамического хаоса в классической и квантовой физике его всерьез мучает вопрос о роли хаоса в человеческом мышлении, о роли хаоса в развитии общества. (На память пришло и одно из интервью с М.С. Горбачевым, который процитировал В.И. Ленина: “Не надо бояться хаоса. Из хаоса вырастают новые формы жизни!”) Каждому человеку на различных этапах жизни помогают учителя. Я благодарен судьбе, что в самом начале моей научной работы одним из моих учителей был Борис Валерьянович Чириков.

GENNADY NIKOLAEVICH KULIPANOV  
BUDKER INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS,  
11, ACAD. LAVRENTIEVA PR.,  
NOVOSIBIRSK, 630090 RUSSIAN FEDERATION  
*E-mail address: G.N.Kulipanov@inp.nsk.su*