

УДК 621.384

В. П. САРАНЦЕВ И СОВРЕМЕННЫЕ РАБОТЫ УСКОРИТЕЛЬНОГО ОТДЕЛЕНИЯ ЛФЧ ОИЯИ

А. Б. Кузнецов

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Дается краткий обзор многолетней плодотворной научной деятельности В. П. Саранцева, заложившей основы современных работ ускорительного отделения ЛФЧ ОИЯИ в области: ускорительной техники и ее использования в прикладных целях, релятивистской электроники и создания рентгеновских лазеров.

A brief review is given of many years' fruitful scientific activities of V. P. Sarantsev being the basis of the current research works of the Accelerator Division at the Laboratory of Particle Physics in the fields of accelerator engineering and its application, relativistic electronics, and creation of X-ray lasers.

Руководимые Владиславом Павловичем Саранцевым работы по завещанному Владимиром Иосифовичем Векслером коллективному методу ускорения требовали использования и создания самой современной наносекундной ускорительной техники.

Под руководством В. П. Саранцева в коллективе разрабатывались и создавались:

- сильноточные линейные индукционные ускорители электронов: ЛИУ-3000 (второй в мире) и два СИЛУНД'а наносекундного диапазона;
- несколько моделей адиабатических генераторов электронных колец (адгезаторов);
- системы формирования электрон-ионных колец с повышенной зарядностью ионной компоненты и их транспортировки и ускорения;
- системы ввода электронного пучка в адгезатор и перевода электрон-ионных колец из адгезатора в транспортировочно-ускоряющую систему.

Все эти работы были новыми в ускорительной технике и требовали тщательных теоретических проработок и неординарных инженерных решений, а также разработки современной диагностики и управляющей техники.

В этих условиях формировался коллектив Отдела новых методов ускорения и росла его квалификация.

В то же время В. П. Саранцев был всегда в курсе новых ускорительных идей и задач, возникающих перед ускорительной техникой, и стремился использовать накопленный в коллективе опыт для решения актуальных задач, связанных с повышением темпа ускорения и совершенствованием использования ускорителей.

Когда в Протвино начали разрабатывать проект УНК, Владислав Павлович поддержал участие сотрудников ОНМУ в работах по созданию этого проекта.

Коллектив, руководимый Николаем Борисовичем Рубиным, участвовал в разработке двух элементов проекта: в начальной стадии разработки криогенной части проекта УНК (в дальнейшем эту работу возглавил А. А. Агеев, перешедший из ОНМУ в ИФВЭ) и в

разработке и создании станции перегруппировки протонного пучка в У-70, предназначенной для перевода сгруппированного пучка из У-70 в УНК. Работа этой станции была успешно проверена в 1989 г. [1].

Коллектив под руководством Игоря Николаевича Иванова участвовал в разработке и создании системы инъекции сгруппированного протонного пучка из У-70 в УНК. Эти разработки легли в основу создания для ЛНС (ЦЕРН) системы коррекции ошибок инъекции пучка и подавления его когерентных поперечных колебаний, вызываемых различными неустойчивостями [2]. Последние результаты этой работы доложены на настоящем семинаре [2].

В 1983 г. В. П. Саранцев инициировал программу исследований по лазерам на свободных электронах (ЛСЭ) на базе ЛИУ-3000, поручив возглавить эту работу Алимю Константиновичу Каминскому. Первые результаты по созданию ЛСЭ-усилителя мегаваттного уровня были получены в 1987 г. Неоценимую помощь в освоении новой тематики и в осмыслении получаемых результатов дало сотрудничество с Сергеем Борисовичем Рубиным. В процессе получения этих результатов у Владислава Павловича появилось твердое намерение привязать дальнейшее развитие работ по ЛСЭ к работам по созданию ускорителей с высоким темпом набора энергии. Было установлено сотрудничество с группой, проектирующей коллайдер CLIC. О результатах этих работ доложено на настоящем семинаре [3].

В 1988 г. В. П. Саранцев, будучи знаком с работами Е. Л. Салдина, Е. А. Шнейдмиллера и М. В. Юркова по ЛСЭ, пригласил их с докладом на семинар ускорительного отделения ЛСВЭ ОИЯИ и с тех пор всячески поддерживал их работы и в то же время направлял на решение проблем фотонных коллайдеров и рентгеновских лазеров. Вскоре Владислав Павлович пригласил М. В. Юркова на работу в ЛСВЭ ОИЯИ. После предложения в 1992 г. В. П. Саранцевым, Е. Л. Салдиным, Е. А. Шнейдмиллером и М. В. Юрковым использования ЛСЭ-усилителя как источника первичных фотонов для фотонного коллайдера [4] появился заметный интерес к таким ускорителям, и весной 1994 г. в Беркли состоялось первое специализированное совещание по этому направлению. На нем В. П. Саранцев познакомил Е. Л. Салдина, Е. А. Шнейдмиллера и М. В. Юркова со своими коллегами из разных стран, а на состоявшемся вскоре в Лондоне Европейском совещании по ускорителям установил контакт Михаила Владимировича Юркова с DESY, где в то время только зарождался проект уникального устройства — рентгеновского лазера на свободных электронах. Этот контакт позволил установить сотрудничество ускорительного отделения ЛСВЭ с DESY. О последних результатах этого сотрудничества доложено на настоящем семинаре [5].

Можно считать, что предложение В. П. Саранцева с соавторами [4] реально открыло принципиально новое направление в ускорительной физике: рентгеновские лазеры на свободных электронах и фотонные коллайдеры.

В 1991 г. В. П. Саранцев поддержал предложение В. Е. Балакина о создании для линейного коллайдера ВЛЭПП (Протвино) широкоапертурного клистрона на частоте 14 МГц мощностью 100 МВт с коэффициентом усиления 80 дБ с целью повышения его мощности и поручил Геннадию Варламовичу Долбилову возглавить участие в этой разработке.

Основная сложность этого предложения заключалась в том, что увеличенная апертура дрейфовых трубок была не запредельной для паразитной моды TE₁₁ и это вело к развитию неустойчивости. В ускорительном отделении ЛСВЭ было найдено решение, устраняющее распространение паразитной моды путем превращения трубок дрейфа в

СВЧ-адсорберы. В результате на модели широкоапертурного клистрона на базе ЛИУ-3000 получена мощность 100 МВт [6], но, к сожалению, дальнейшее финансирование этих работ было прекращено ввиду приостановки работ по ВЛЭПП.

При обсуждении этих работ с Владиславом Павловичем их продолжением явилось исследование двухпучкового ускорителя, основанного на принципе клистрона, отличающегося от обычной схемы такого ускорителя. Напряженность поля в резонаторах клистрона приближается к 70 МВ/м. При определенных условиях существует возможность автофазировки в возбужденных полях как первичного электронного пучка, так и вторичных частиц. Доускорение первичного пучка индукционным методом дает возможность существенно повысить КПД ускорителя.

Предложено несколько вариантов такого двухпучкового ускорителя, в которых при передаче энергии отсутствуют вакуумные окна и передающие фидеры, что позволяет устранить перенапряжения и увеличить темп ускорения вторичного пучка или его мощность [7].

Такой метод ускорения может применяться в линейных коллайдерах, ускорителях протонов для подкритических реакторов и в компактных ускорителях низкой энергии для промышленности.

В 1993 г. В. П. Саранцев поддержал инициативу директора ОИЯИ Владимира Георгиевича Кадышевского о разработке ускорителей для промышленности и поручил эту работу Г. В. Долбилову. По поставке одного варианта такого ускорителя [8] заключен второй контракт с японской фирмой.

В 1994 г. В. П. Саранцев, будучи главным инженером ОИЯИ, активно поддержал предложение дирекции ЛНФ о создании импульсного источника резонансных нейтронов на основе традиционной для ОИЯИ схемы, основанной на использовании в качестве драйвера линейного ускорителя электронов ЛУЭ-200 (проект ИРЕН). Этому проекту на настоящем семинаре посвящены пять докладов [9].

После безвременной кончины Владислава Павловича Саранцева организованное им сотрудничество ускорительного отделения ЛСВЭ с ведущими ускорительными центрами успешно продолжал Игорь Николаевич Иванов, к сожалению, также безвременно ушедший от нас в 2003 г.

Этот краткий обзор научной деятельности Владислава Павловича показывает, какой существенный вклад он внес в развитие ускорительной техники и в установление ускорительной культуры в ОИЯИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Балалыкин Н. И. и др.* Исследование станции перегруппировки пучка протонного синхротрона У-70 на частоту УНК // Тр. XI Всесоюзного совещ. по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 25–27 окт. 1988 г. Дубна, 1989. Т. 1. С. 211–213.
2. *Горбачев Е. В., Мельников В. Н.* Последние результаты моделирования коррекции ошибок инжекции пучка ЛНС // Письма в ЭЧАЯ. 2004. № 3[120]. С. 39.
3. *Елжов А. В. и др.* Стенд для исследования ресурса имитатора ускоряющей структуры коллайдера СЛС при воздействии мощного импульсного излучения на частоте 30 ГГц // Докл. на V Науч. семинаре памяти В. П. Саранцева, Дубна, 23–24 сент. 2003 г.;

- Елжов А. В. и др.* Возможности улучшения характеристик МСЭ-генератора с брегговским резонатором // Письма в ЭЧАЯ. 2004. № 3[120]. С. 18.
4. *Саранцев В. П. и др.* ЛСЕ-усилитель как источник первичных фотонов для фотонного коллайдера // Тр. 2-го рабочего совещ. «Физика на ВЛЭПП», Протвино, 2–4 июня 1992 г. Протвино, 1993. Т. 2. С. 96–116;
Саранцев В. П. и др. Лазер на свободных электронах для фотонного коллайдера на энергию 2×1 ТэВ // Тр. XIII совещ. по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 13–15 окт. 1992 г. Дубна, 1993. Т. 1. С. 36–42.
5. *Dohlus M. et al.* Start-to-End Simulations of SASE FEL at the TESLA Test Facility. Phase I: Comparison with Experimental Results // Part. Nucl., Lett. 2004. No. 3[120]. P. 13.
6. *Dolbilov G. V. et al.* Wide Aperture VLEPP Klistron with Absorbing Drift Tubes // Proc. of the VI Intern. Workshop on Linear Colliders (LC'95), Tsukuba, Japan, March 27–31, 1995. KEK, 1995. V. II. P. 997–1002.
7. *Dolbilov G. V.* Two-Beam Induction Linear Collider // Proc. of the 7th European Accelerator Conf., Vienna, June 26–30, 2000. P. 904;
Dolbilov G. V. Two Beam Accelerator for Neutron Generator and Electronuclear Industry // Proc. of 2001 Particle Accelerator Conf., Hyatt Regency Chicago, Illinois, USA, June 18–22, 2001. P. 651.
8. *Dolbilov G. V. et al.* Multi-Beam Pulsed Accelerator for Radiation Processing // Ibid. P. 2811.
9. *Ананьев В. Д. и др.* Установка ИРЕН: Состояние проекта // Докл. на V Науч. семинаре памяти В. П. Саранцева, Дубна, 23–24 сент. 2003 г.;
Александров А. С. и др. Расчет динамики пучка электронов ускорителя ЛУЭ-200 // Письма в ЭЧАЯ. 2004. № 3[120]. С. 70;
Александров А. С. и др. Оптимизация каналов транспортировки интенсивных пучков // Докл. на V Науч. семинаре памяти В. П. Саранцева, Дубна, 23–24 сент. 2003 г.;
Александров А. С. и др. Моделирование нагрузки током пучка ускорителя ЛУЭ-200 // Там же;
Гришинов Б. И. и др. Система питания модулятора электронной пушки ускорителя ЛУЭ-200 // Там же.