

Состояние работ по созданию ускорителя с энергией электронов ~ 2 МэВ, током пучка ~ 1 МА в импульсе длительностью ~ 60 нс

**В. Т. Пунин, Н. В. Завьялов,
В. Ф. Басманов, В. С. Гордеев,
С. Т. Назаренко, А. В. Грунин,
И. З. Мусин, А. В. Гришин, Г. А. Мысков,
И. А. Иванов, В. А. Балакин,
В. М. Мартынов, С. А. Лазарев,
Е. С. Михайлов, В. С. Павлов,
С. А. Путевской, В. А. Деманов,
С. А. Сусяков, А. Е. Калинычев,
С. Л. Глушков, М. А. Моисеевских,
А. В. Козачек**

Представлены работы по созданию во ВНИИЭФ ускорителя с энергией электронов ~ 2 МэВ, током пучка ~ 1 МА в импульсе длительностью ~ 60 нс для получения мощных импульсов рентгеновского излучения с целью исследований радиационной стойкости изделий радиоэлектронной аппаратуры и возможности получения в дальнейшем высокотемпературной плазмы для фундаментальных исследований.

Ускоритель [1, 2] разработан на основе практического опыта и знаний, полученных при разработке и эксплуатации ускорителей СТРАУС-2 [3] и СТРАУС-Р [4]. В его состав входят система формирования высоковольтных импульсов на базе двойной ступенчатой формирующей линии (ДСФЛ), преобразователь длительности (ПД) на основе двух однородных линий, водяная передающая линия (ВПЛ), магнито-изолированная передающая линия (МИПЛ), диод, два генератора импульсных напряжений ГИН-1000, высоковольтная система синхронизации (ВСС), система регистрации быстротекущих процессов, автоматизированная система управления и контроля (АСУК), технологические и вспомогательные системы. Структурная схема ускорителя приведена на рис. 1.

Основной частью ускорителя является система формирования высоковольтных импульсов с МИПЛ и диодом, схема которой представлена на рис. 2.

Система формирования высоковольтных импульсов выполнена на базе ДСФЛ с электрической длиной однородных коаксиальных линий с водяной изоляцией ~ 50 нс. Линии уложены последовательно по радиусу в пределах одного осевого размера 1,8 м. Волновые сопротивления ли-

ний (при отсчете от внешнего радиуса к оси) составляют 0,58 Ом, 0,58 Ом, 1,62 Ом, 1,62 Ом. Электрическая емкость ДСФЛ составляет ~ 235 нФ.



Рис. 1. Структурная схема ускорителя

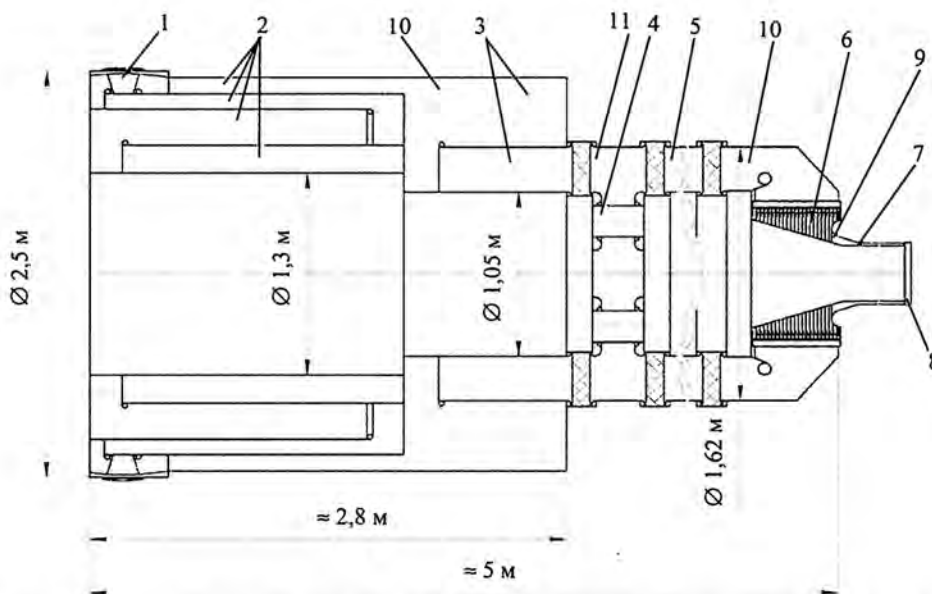


Рис. 2. Схема формирующей системы с МИПЛ и диодом ускорителя: 1 – многоканальный коммутатор; 2 – ДСФЛ; 3 – ПД; 4 – предимпульсный коммутатор; 5 – ВПЛ; 6 – секционированный изолятор; 7 – МИПЛ; 8 – диод; 9 – вакуум; 10 – вода; 11 – трансформаторное масло

К выходу ДСФЛ подключен преобразователь, обеспечивающий удвоение тока и мощности формируемого импульса, состоящий из двух однородных коаксиальных линий с равным импедансом 2,9 Ом и одинаковой электрической длиной ~ 25 нс.

На выходе преобразователя установлен предимпульсный коммутатор, при срабатывании которого формируемый импульс поступает в ВПЛ, соединяющую выход формирующей системы и узел секционированного изолятора. Общая длина формирующей системы $\sim 2,8$ м, а ее диаметр $\sim 2,6$ м.

Зарядка ДСФЛ до рабочего напряжения ~ 1 МВ производится от двух параллельно включенных генераторов ГИН-1000, собранных по схеме Маркса, с энергозапасом ~ 160 кДж (при $U_{зар} \sim 90$ кВ) за время ≤ 1 мкс. Электрическая емкость в ударе двух генераторов ~ 270 нФ [5]. Коммутация ДСФЛ осуществляется с помощью 36 газонаполненных управляемых разрядников триггерного типа. По результатам экспериментальной отработки определены их основные характеристики. При коэффициенте запаса электрической прочности газовой смеси (1,6 МПа (16 ати), 40 % SF₆ + 60 % N₂) не менее 1,5 время задержки срабатывания разрядника и его разброс составляют (16 ± 2) нс при значении электромагнитной развязки между разрядниками $\sim 3,5$ нс.

Для запуска 36 разрядников ДСФЛ и 6 предимпульсных разрядников по заданной временной программе создана ВСС ускорителя на основе генераторов ВСС ускорителя ЛИУ-30 [6]. Формируемые этой системой импульсы запуска имеют амплитуду 145 кВ при длительности фронта ≤ 10 нс.

С целью сокращения сроков создания ускорителя проведение исследований МИПЛ и диода было осуществлено в ИСЭ СО РАН (г. Томск) на модернизированной для этого установке МИГ на максимально достижимых для установки параметрах по току и электрической мощности. Полученные результаты будут использованы в ходе экспериментальной отработки МИПЛ и диодов в создаваемом ускорителе.

В настоящее время завершен монтаж всех систем ускорителя. Проведены электрические испытания ДСФЛ при зарядном напряжении 1 МВ и работе на резистивную нагрузку 3,7 Ом.

На рис. 3–10 показаны отдельные узлы и системы установки.

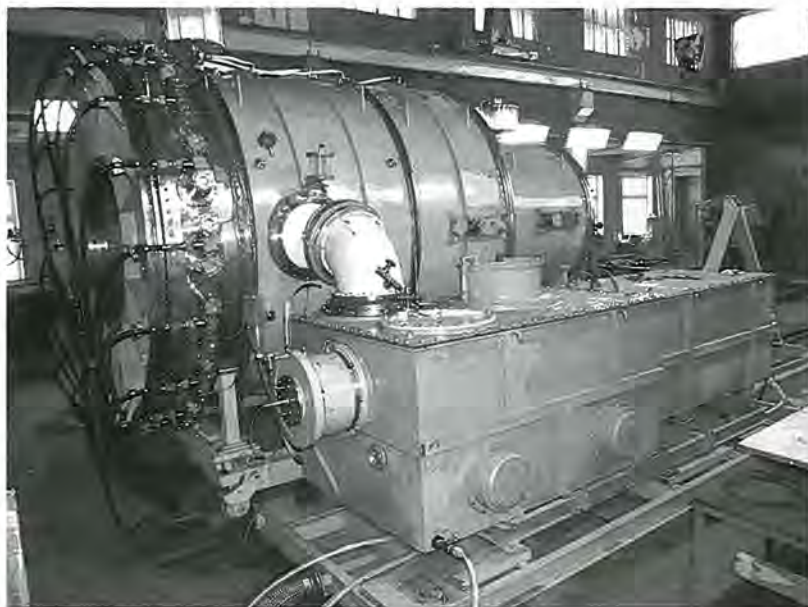


Рис. 3. ДСФЛ с генератором ГИН-1000

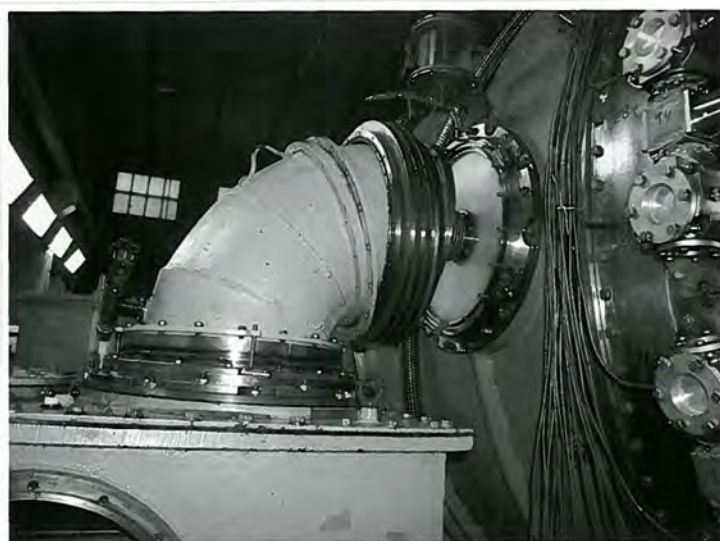


Рис. 4. Высоковольтный ввод

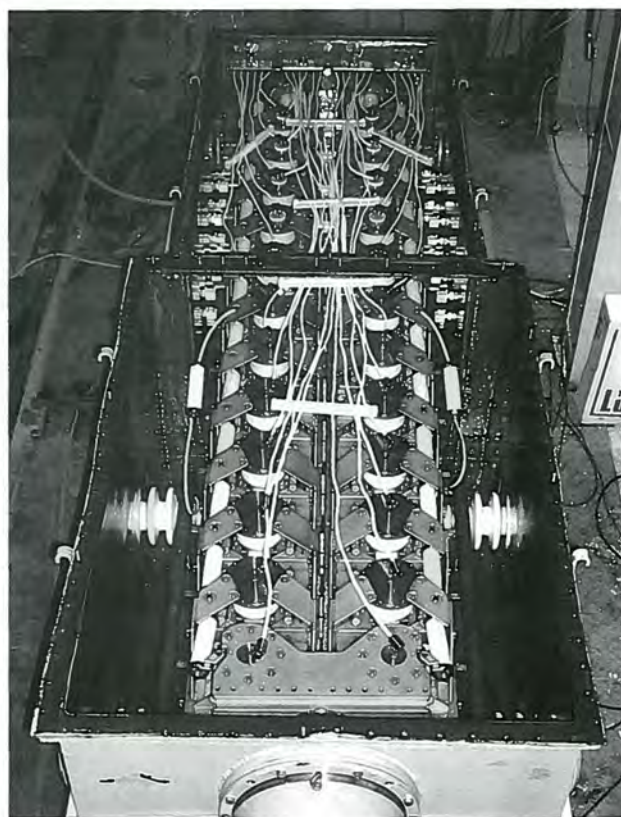


Рис. 5. Генератор импульсных напряжений ГИН-1000

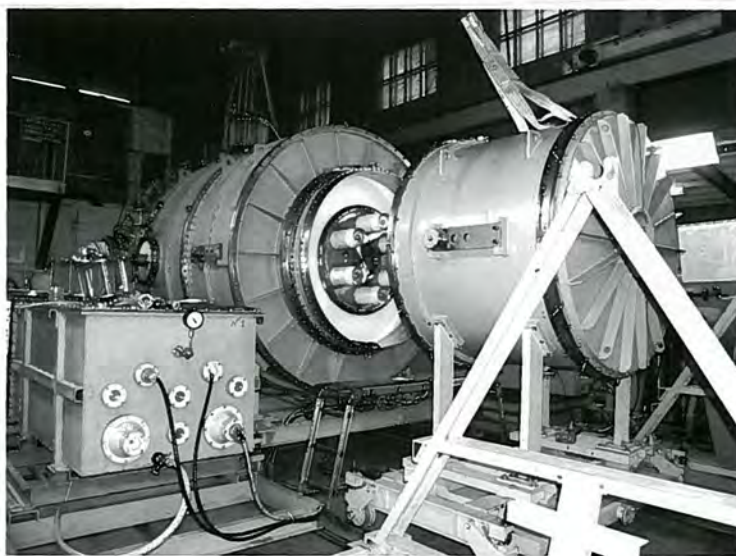


Рис. 6. Резистивная нагрузка ДСФЛ



Рис. 7. Генераторы ВСС

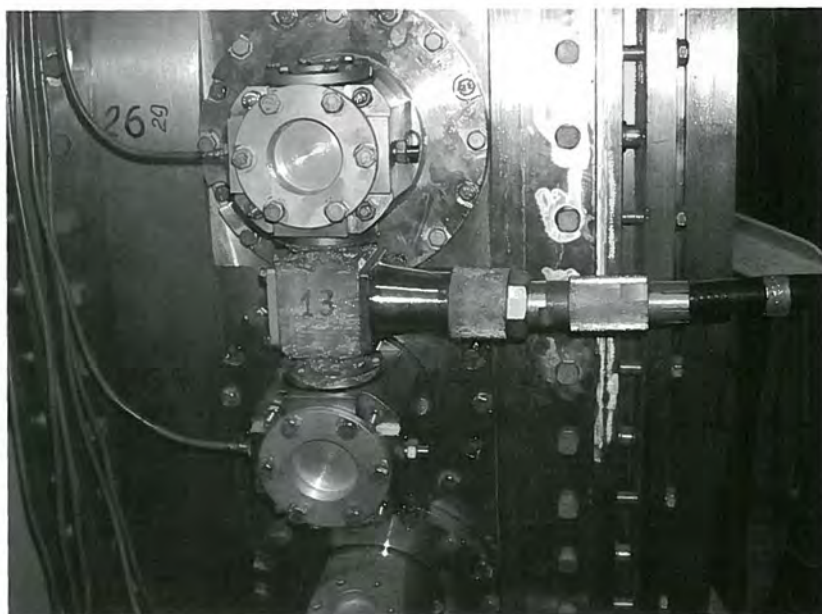


Рис. 8. Разрядники ДСФЛ

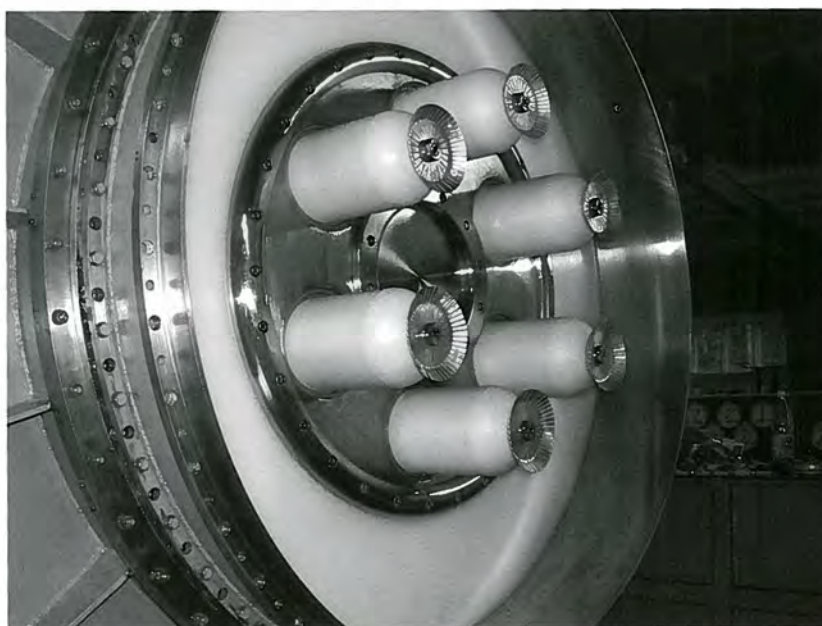


Рис. 9. Предымпульсные разрядники



Рис. 10. Установка водоподготовки ускорителя

Список литературы

1. Гордеев В. С., Мысков Г. А., Михайлов Е. С., Лаптев Д. В. Проект сильноточного ускорителя электронов // Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ. 2002. Вып. 3. С. 176–183.
2. Пунин В. Т. Комплексы РФЯЦ-ВНИИЭФ на базе мощных линейных ускорителей электронов и импульсных ядерных реакторов // Вооружение. Политика. Конверсия. 2003. № 1. С. 13–17.
3. Gordeev V. S., Myskov G. A., Philippov V. O. et al. Investigation of STRAUS-2 pulse electron accelerator characteristics // VANT. 1999. № 4. P. 71–73.
4. Gordeev V. S., Myskov G. A., Mikhailov E. S., Laptev D. V. Design of STRAUS-R Accelerator // Problems of Atomic Science and Technology. 2001. № 3. P. 56–58.
5. Avdeeva A. V., Basmanov V. F., Gordeev V. S. et al. Marx Generator GIN-1000 with 1 MV Output Voltage and 80 kJ Energy Store to be represented on BEAMS'2004.ABSTRACTS. P. 109.
6. Pavlovskii A. I., Bossamykin V. S., Gerasimov A. I. et al. Linear Accelerator with Radial Lines – LIA-30 // IX Intern.Conf.on High-Power Particle Beams "BEAMS'92". Washington, DC, May 25–29, 1992. Springfield, VA, NTIS. 1992. Vol. 1. P. 273.

**Progress Report on Development of Accelerator Featuring
~ 2 MeV Electron Energy and ~ 1 MA Current Beam at
~ 60 ns Pulse Duration**

V. T. Punin, N. V. Zavyalov, V. F. Basmanov, V. S. Gordeev, S. T. Nazarenko,
A. V. Grunin, I. Z. Musin, A. V. Grishin, G. A. Myskov, I. A. Ivanin,
V. A. Balakin, V. M. Martynov, S. A. Lazarev, E. S. Mikhailov, V. S. Pavlov,
S. A. Putevskoy, V. A. Demanov, S. A. Suslyakov, A. E. Kalinychev,
S. L. Glushkov, M. A. Moiseevskikh, A. V. Kozachev

Tackled upon are the activities aimed at development of accelerator featuring ~ 2 MeV electron energy and ~ 1 MA current beam at 60 ns pulse duration in VNIIEF, assigned for generation of powerful pulses of X-ray radiation, intended to study stability of radio-electronic products against radiation, as well as feasibility of producing high-temperature plasma for prospected fundamental research.