

200-МэВ УСКОРИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ S-ДИАПАЗОНА

*А. М. Барняков, А. Е. Левичев, И. Л. Пивоваров, С. Л. Самойлов*¹

Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН, Новосибирск, Россия

Для оптимизации стоимости инжектора для С-тау фабрики было предложено изготовить ускорительные модули S-диапазона на 200 МэВ, набор которых позволил бы получить требуемую энергию пучка. В комплект модуля входят: клистрон с модулятором и стойкой управления, умножитель мощности, фазовращатели, четыре ускоряющие секции, нагрузки и ряд волноводных элементов. Использование модулей возможно и в других научных и промышленных установках, где требуются линейные ускорители.

In order to optimize the cost of the injector of the $c\text{-}\tau$ factory of the Budker Institute of Nuclear Physics, the S-band accelerating module with beam energy up to 200 MeV is under development. The injector has to consist of a number of such modules, which allow achieving the necessary beam energy for the operating of the $c\text{-}\tau$ factory. The module includes the following equipment: a klystron with modulator and control system, a SLED-type power compressor, a phase shifter, up to four disk loaded travelling wave accelerating structures, the RF power loads and waveguide feeders. The presented module can be used not only for the $c\text{-}\tau$ factory, but also for industrial devices, where the linear accelerators are needed.

PACS: 29.20.-c; 29.27.Ac

ВВЕДЕНИЕ

В ИЯФ СО РАН продолжается работа над проектом (рис. 1) ускорительного комплекса, предназначенного для решения следующих физических проблем в области значений энергии от 1,5 до 2,5 ГэВ, выходящих за рамки Стандартной модели:

- нарушение CP-симметрий в распадах чарм-частиц;
- проверка Стандартной модели путем изучения распада τ -лептонов;
- изучение процессов рождения c -кварков и τ -лептонов и поиск так называемых экзотических адронов, гибридов и т. д.

Ускорительный комплекс также будет служить источником синхротронного излучения высокой яркости для фундаментальных и прикладных исследований [1].

¹E-mail: samnt@mail.ru

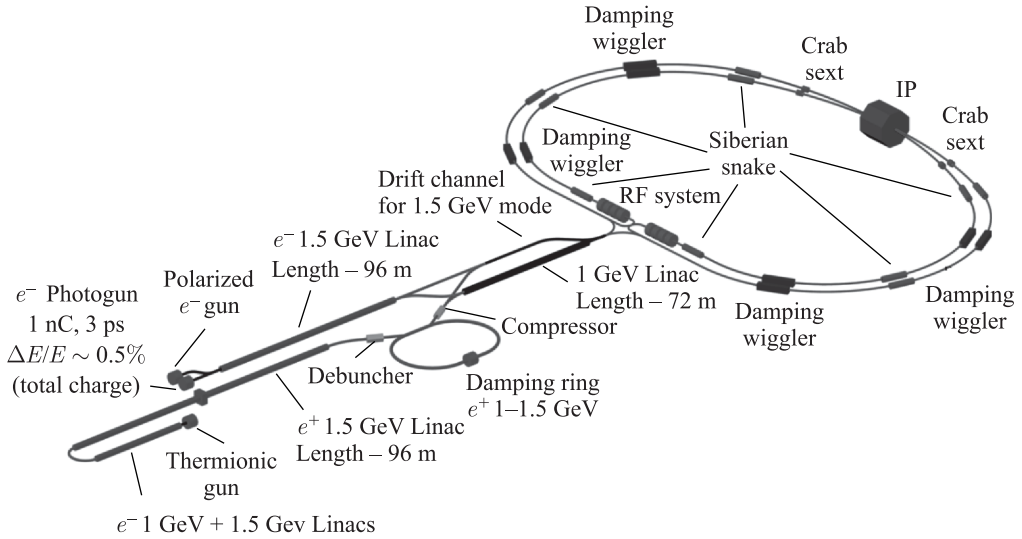


Рис. 1. Схема C-трая фабрики

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Одним из основных элементов фабрики для получения требуемой энергии является линейный ускоритель, базовым элементом которого должен стать ускорительный модуль на 200 МэВ (рис. 2) или его укороченная модификация на 140 МэВ. Для получения заявленной входной энергии в кольцо потребуется не менее 52 укороченных модулей.

Комплектацию модуля можно условно разбить на две части: систему волноводного тракта и систему его питания. Волноводный тракт включает в себя волноводные элементы, множитель мощности SLED [2], управляемые фазовращатели, четыре ускорительные секции, мощные вакуумные нагрузки и измерительные направленные ответвители. Опыт по их изготовлению, настройке, монтажу и тренировке для работы с большой СВЧ-мощностью был получен при сборке уже существующего инжекционного комплекса для ВЭПП-4 и ВЭПП-2000 [3]. Эксплуатация этого комплекса показала возможность получения 50 МэВ на одну ускоряющую секцию на частоте 2856 МГц. Система питания волноводного тракта состоит из мощного СВЧ-клистрона, предварительного усилителя, импульсного модулятора, стойки управления и контроля.

В связи с большим количеством модулей и необходимостью иметь запасные элементы для обеспечения круглосуточного режима работы было принято решение, основанное на имеющихся научных и технических возможностях, изготовить собственный клистрон. Предварительные расчеты показывают реальность получения выходной мощности не менее 50 МВт. Выбор конструкции обуславливался возможностью замены американских клистронов 5045, используемых на действующем инжекционном комплексе и имеющих суммарный тридцатилетний стаж эксплуатации.

Конструкция клистрона состоит из пушечного узла, группирователя, системы ввода и вывода мощности с двумя вакуумными окнами, коллектора, соленоида и системы охлаждения.

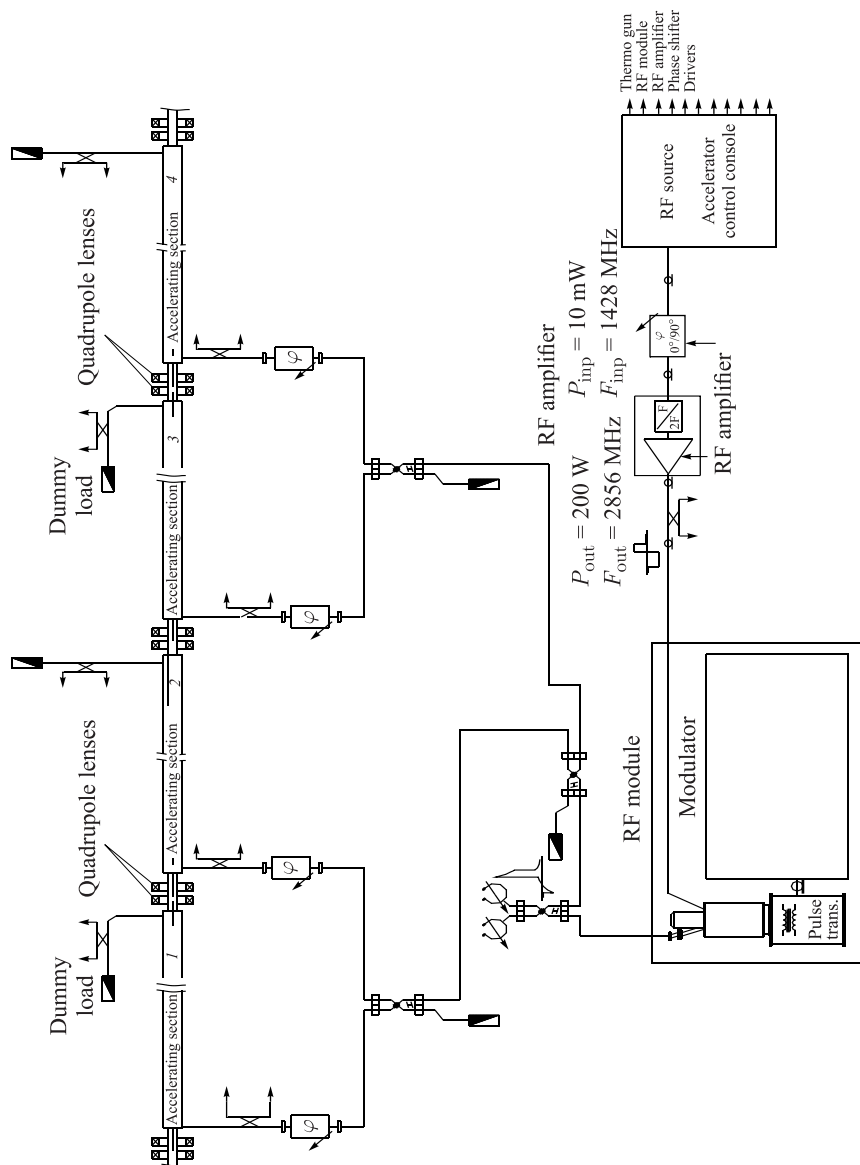


Рис. 2. Схема ускорительного модуля на 200 МэВ

Пушечный узел (рис. 3) позволяет получить ток пучка 350 А при напряжении на катоде 350 кВ, питании накала 120 В и токе 3 А. Для обеспечения высоковольтной развязки использовался изолятор, изготовленный на заводе НЭВЗ (Новосибирск), и катод с покрытием из металлопористого оксида.

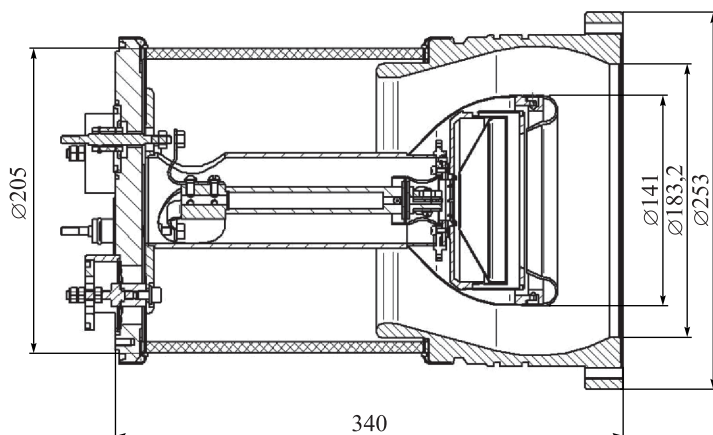


Рис. 3. Пушечный узел

Группирователь (рис. 4) состоит из входного, выходного и четырех группирующих резонаторов, что позволит получить коэффициент усиления не менее 53 дБ.

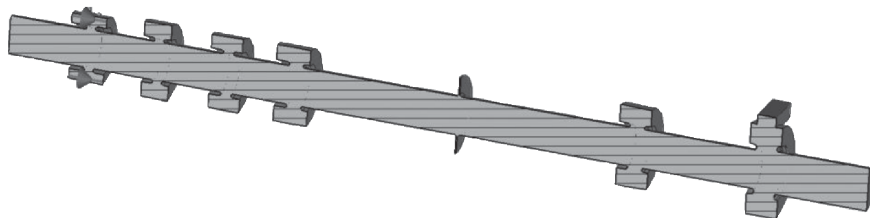


Рис. 4. Группирователь

Выход на проектную мощность разделен на два этапа. Сначала ведется сборка для возможности работы в диодном режиме, где вместо группирователя устанавливается однородная пролетная трубка (рис. 5). Это позволит проверить и настроить все системы питания, системы контроля и защиты, работу соленоида, вакуумные и охлаждающие системы, выставить пушечный узел для получения номинального тока. Далее пролетная трубка заменяется группирователем, и после получения требуемого вакуума начинается тренировка клистрона для исключения возможности возникновения пробоев.

К настоящему времени создана установка «Клен», где ведется монтаж модулятора, выполненного по схеме линейного типа с полным разрядом формирующей линии [4], система водоснабжения для охлаждения клистрона. Параллельно в цеху начинается работа по производству всех волноводных элементов.

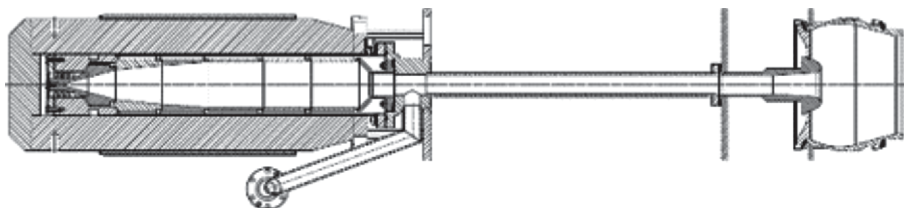


Рис. 5. Конструкция с однородной пролетной трубкой

По завершении запуска установки и получения СВЧ-мощности появится возможность провести работы по настройке и тренировке всех необходимых элементов волноводного тракта. После всех перечисленных работ будет полностью собран и укомплектован ускорительный модуль на 200 МэВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ускорительный модуль подразумевает его использование как универсального элемента при проектировании линейных ускорителей для научных, промышленных и медицинских целей.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00080) с использованием уникальной научной установки «Комплекс ВЭПП-4 – ВЭПП-2000», получившей финансовую поддержку государства в лице Минобрнауки РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61917X0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://ctd.inp.nsk.su/c-tau/>
2. Павлов В. М. Система умножения мощности SLED. Препринт ИЯФ 97-94. Новосибирск, 1997.
3. Александров А. В. и др. Испытание прототипа форинжектора ВЭПП-5. Препринт ИЯФ 97-64. Новосибирск, 1997.
4. Акимов В. Е. и др. Модуляторы для питания мощных импульсных клистронов сантиметрового диапазона // ВАНТ. Сер. Ядерно-физ. исслед. Харьков, 1997. Вып. 4, 5 (31, 32). С. 21–23.