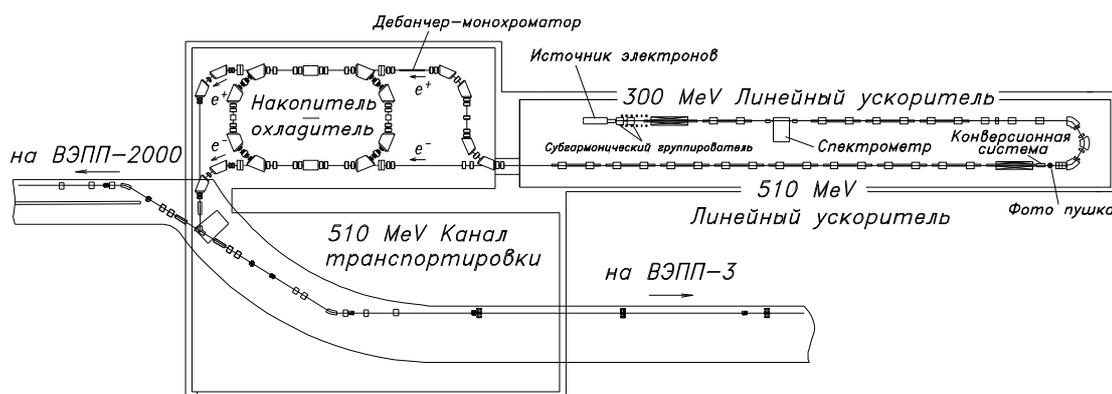


## ИНЖЕКЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ВЭПП-5, СОСТОЯНИЕ РАБОТ.

М.С. Авилов, А.В. Акимов, А.В. Антошин, П.А. Бак, Ю. М. Боймельштейн,  
 Д. Ю. Болховитянов, А.Р. Фролов, Р.Х. Галимов, Р.Г. Громов,  
 К.В. Губин, С. М. Гуров, Е.А. Гусев, Н.С. Диканский, И.В. Казарезов, В.Д.  
 Хамбиков, С.Н. Ключев, Е.С. Константинов, Н.Х.Кот, В.И. Кокоулин, А.А.  
 Корепанов, Р.М. Лапик, Н.Н. Лебедев, П.В. Логачёв, А.И. Лобас,  
 П.В.Мартышкин, Л.А. Мироненко, В.М. Павлов, И.Л. Пивоваров, О.В. Пирогов,  
 В.В. Подлевских, С.Л. Самойлов, Ю.И. Семёнов, Б.А. Скарбо,  
 А.А. Старостенко, С.В. Шиянков, А.С. Цыганов, О. Ю. Токарев, А.Г. Чупыра,  
 ИЯФ СО РАН, Новосибирск, Россия.

### Аннотация

Инжекционный комплекс ВЭПП-5 это интенсивный источник электронных и позитронных сгустков на энергии 510 МэВ (см. Таблицу 1), с запасом обеспечивающий все потребности работающих и строящихся в ИЯФ СО РАН установок на встречных электрон-позитронных пучках. Комплекс состоит из линейного ускорителя электронов на энергию 285 МэВ, линейного ускорителя позитронов на 510 МэВ, а также накопителя-охлаждителя с каналами впуска и выпуска пучков (см. Рис. 1). На протяжении последних двух лет шла интенсивная работа по производству, сборке и настройке позитронной системы. В результате чего, в мае 2004 года, последняя была введена в действие. Всё это позволило ускорить одиночный сгусток, содержащий  $2 \cdot 10^8$  позитронов, до энергии 75 МэВ. Результаты предварительных испытаний штатной позитронной системы комплекса представляются в данном докладе.



**Схема инжекционного комплекса ВЭПП-5**

Рис. 1

Выходная энергия частиц	510 МэВ
Максимальное число электронов в сгустке	$2.0 \cdot 10^{10}$
Максимальное число позитронов в сгустке	$2.0 \cdot 10^{10}$
Частота выпуска пучков	1 Гц

Энергетический разброс в сгустке	0.07 %
Продольный размер сгустка	0.4 см
Вертикальный эмиттанс	0.005 мм мрад
Горизонтальный эмиттанс	0.023 мм мрад

Таблица 1. Параметры пучков на выходе инжекционного комплекса.



Рис.2. Действующая на сегодняшний день часть инжекционного комплекса.

## 1 ОПИСАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ЧАСТИ УСТАНОВКИ.

Ускоритель состоит из двух одинаковых по СВЧ питанию ускоряющих модулей, каждый из которых включает в себя клистрон 5045 (SLAC), систему умножения мощности типа SLED и три ускоряющие структуры с постоянным импедансом и набегом фазы на ячейку  $2\pi/3$ , работающие на бегущей волне. Рабочая частота системы 2856 МГц. Ускоряющая структура имеет длину 3 метра и представляет собой круглый диафрагмированный волновод, согласованный по концам с прямоугольным волноводом, который имеет поперечные размеры 72 на 34 мм. По этому волноводу на вход структуры подается импульсная СВЧ мощность длительностью 0.5 мкс и величиной от 60 до 120 МВт. Длительность входного СВЧ импульса равна времени прохождения волной трехметровой ускоряющей структуры. Прощедшая через структуру СВЧ мощность полностью поглощается в согласованной нагрузке.

Ускорение пучка производится в тот момент, когда СВЧ мощность достигает нагрузки, ускоряющая структура заполнена, и набор энергии пучком максимален. Формирование питающего СВЧ импульса происходит в системе

умножения мощности, которая работает как накопитель высокочастотной энергии, запаасаемой на протяжении основной части импульса клистрона длительностью 3 мкс, и сбрасывающий в ускоряющие структуры всю накопленную энергию за последние 0.5 мкс импульса СВЧ мощности. Процесс сброса энергии инициируется быстрым (за несколько наносекунд) изменением фазы падающей от клистрона СВЧ волны на 180 градусов. В результате на выходе системы умножения мощности формируется СВЧ импульс длительностью 0.5 мкс и мощностью 240 МВт, который затем делится двумя 3 дБ мостами между тремя ускоряющими структурами модуля в соотношении 2:1:1. В первую структуру направляется половина всей СВЧ мощности, а оставшаяся половина делится поровну между второй и третьей структурами. Ускоряющие структуры одинаковы. Один такой модуль при мощности клистрона в 60 МВт ускоряет пучок до энергии 180 МэВ. В состав модуля также входят магнитная фокусирующая система, система диагностики пучка и система термостабилизации.

Электронный ускоритель на 285 МэВ включает в себя источник электронов, систему группировки, весь первый ускоряющий модуль и две структуры с пониженным темпом ускорения из второго модуля. Электронная пушка с импульсным питанием формирует пучок длительностью 2.2 нс, с током 2.5 А на энергии 200 кэВ. Для эффективного захвата пучка линейным ускорителем необходимо уменьшить его длительность с 2200 до 20 пс. Что достигается продольным сжатием сгустка двумя резонаторами, работающими на 178 МГц (16-ой субгармонике основной частоты), и группирователем на основной частоте. Для сохранения поперечных размеров пучка процесс группировки идет в нарастающем магнитном поле.

Схема первых двух модулей линейного ускорителя представлена на Рис. 2. Третья структура второго модуля расположена после изохронного поворота и используется для ускорения позитронов. Временный диагностический канал расположен за этой структурой и используется для измерения параметров позитронного пучка. Сразу после изохронного ахроматического поворота расположен триплет, фокусирующий электронный пучок на танталовую конверсионную мишень.

Мониторы поперечного профиля пучка, расположенные в повороте, обеспечивают измерение энергии и энергетического разброса в пучке. Вторичноэмиссионные проволочные датчики поперечного профиля пучка, расположенные до и после поворота, контролируют потери частиц в повороте. Односгустковый режим (см. Таблицу 2) является основным для линейных ускорителей Инжекционного комплекса. Он обеспечивает накопление интенсивного сгустка позитронов и электронов в накопителе-охладителе с последующим перепуском пучков в установки на встречных пучках: ВЭПП-4М и ВЭПП-2000.

Выходная энергия частиц	510 МэВ
Максимальное число электронов в сгустке	$10^{11}$
Максимальное число позитронов в сгустке	$10^9$
Частота повторения импульсов	50 Гц

Энергетический разброс в электронном сгустке	1 %
Энергетический разброс в позитронном сгустке	3 %
Эмиттансы пучков	15 мм мрад
Продольный размер сгустка	0.4 мм
Рабочая частота линейных ускорителей	2856 МГц
Выходная мощность клистрона	63 МВт
Число клистронов	4

Таблица 2. Основные параметры линейных ускорителей инжекционного комплекса.

### **РАБОТА ПОЗИТРОННОЙ СИСТЕМЫ.**

В рассматриваемом ниже режиме  $1.0 \cdot 10^{10}$  электронов в одном сгустке с энергией 270 МэВ фокусируются на танталовую конверсионную мишень в пятно диаметром 1 мм. Толщина мишени по ходу пучка равна 2.5 радиационных длины, что обеспечивает максимальный выход позитронов на данной энергии электронного пучка. Позитронная система, помимо самой мишени, включает в себя импульсный магнит-концентратор потока, систему соленоидов, формирующих постоянное магнитное поле и первую ускоряющую позитроны структуру. Импульсный магнит выполняет функцию согласования фазового объёма выходящего из мишени позитронного сгустка с акцептансом ускоряющей структуры. Зависимость числа ускоренных позитронов от величины максимального поля в импульсном магните приведена на Рис.2. Энергетические спектры позитронов и электронов, проходящих через первую позитронную структуру при включенном и выключенном импульсном магните, представлены на Рис. 3.

Спектры измерены при помощи секционированного цилиндра Фарадея, расположенного на выходе разделяющего магнита, в конце диагностического позитронного канала. Две центральные секции цилиндра Фарадея заряжаются положительно за счёт вторичной электронной эмиссии, вызванной фотонами высокой энергии, которые излучены в конверсионной мишени под малым углом. Данные измерения проводились для  $2.0 \cdot 10^{10}$  электронов, падающих в одном сгустке на танталовую мишень при включенном магните-концентраторе потока, при этом коэффициент конверсии электронов в позитроны, ускоренные и доставленные в цилиндр Фарадея, составил 0.01.

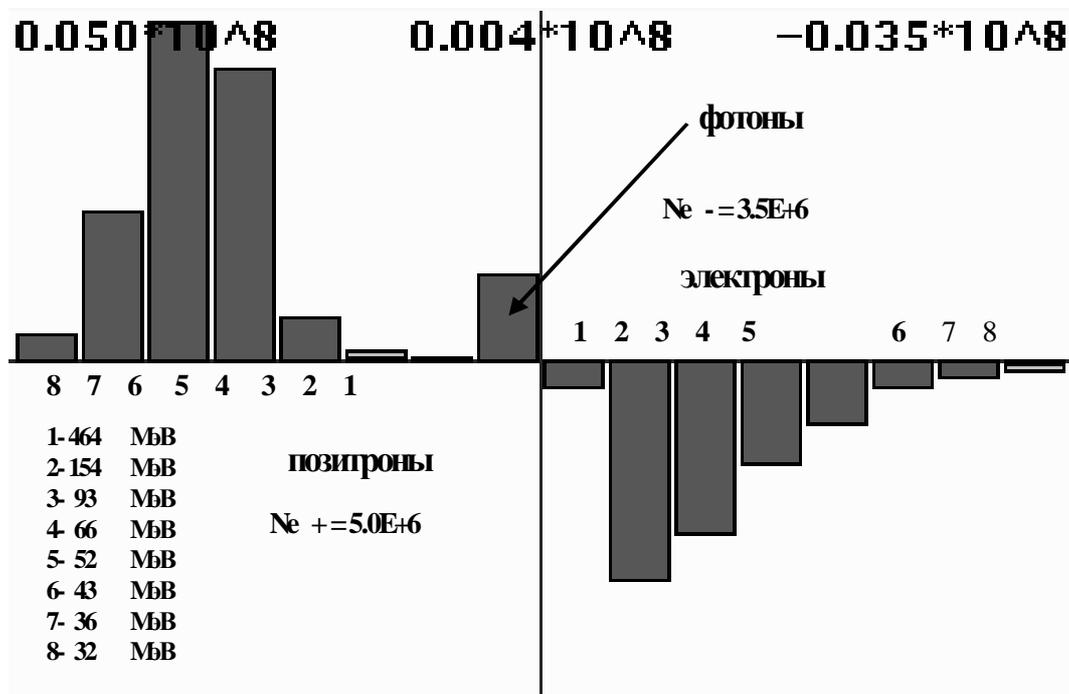


Рис. 5. Энергетический спектр электронов и позитронов на выходе первой ускоряющей секции.

Сейчас на комплексе, параллельно с изучением позитронной системы, активно идут работы по производству недостающих элементов линейного ускорителя позитронов. В настоящее время также ведётся строительство транспортного канала на энергию 510 МэВ к коллайдеру ВЭПП-2000.

#### 4 ЛИТЕРАТУРА