

И. 171

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

Новосибирск

В Э П П - 4

январь 1973 года

Рабочие материалы



✓



## В в е д е н и е

Комплекс ВЭПП-4 - накопитель со встречными электрон-позитронными пучками на энергию до  $2 \times 7$  Гэв, предназначен для дальнейших экспериментов по проверке применимости квантовой электродинамики, рождению адронов, поиску новых частиц и изучению некоторых аспектов слабых взаимодействий.

Схема комплекса представлена на рис.1.

Для генерации электронов и позитронов будет применена та же система, что и для ВЭПП-3.

Электроны и позитроны могут быть инжектированы в ВЭПП-4 непосредственно из Б-4 на энергии 450 Мэв или из ВЭПП-3 на энергии 1,8 Гэв.

Инжекция в первом варианте происходит в малое поле накопителя, при большом времени затухания, что является недостатком этого варианта. При использовании этого варианта запуск, настройка и работа ВЭПП-4 может быть проведена одновременно с работой ВЭПП-3 на эксперимент.

Использование ВЭПП-3 в качестве промежуточного накопителя позволит избавиться от недостатков первого варианта. Однако малая цикличность накопителя и практически невозможность проведения экспериментов на ВЭПП-3 в период запуска и наладки ВЭПП-4 являются большими недостатками этого варианта.

Возможность достижения максимальной энергии 7 Гэв в большой степени определяется успехом создания системы ВЧ-питания непрерывной мощностью порядка мегаватт.

Накопитель имеет три места встречи, расположенных последовательно в экспериментальном промежутке. Расстояние между краями линз, свободное для постановки экспериментальной аппаратуры, равно 7м в каждом месте встречи. Меняя токи в линзах и положение сгустков можно "переключать" светимость в любой из трех промежутков встречи.

Центральное место встречи расположено в магнитном поле, что позволяет проводить анализ продуктов реакций, вылетающих даже под нулевым углом. Угол поворота частиц в поле  $9^\circ$ . На время запуска накопителя в этом промежутке предполагается установить временный магнит с малой апертурой, который впоследствии будет заменен магнитом с объемом  $1,8 \times 2,3 \times 2,3 \text{ м}^3$  заполненным экспериментальной аппаратурой. В этом же промежутке возможно проводить эксперименты с регистрацией  $\gamma$ -квантов, вылетающих под нулевым углом.

Минимальная светимость для ведения экспериментов в области энергий 4-7 Гэв должна составлять  $10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$  (характерное сечение  $10^{-34} \text{ см}^2$ ). Такая светимость может быть достигнута при токах 2 x 3 ма. При увеличении токов светимость растет линейно с током.

### Магнитная система

(рис.1)

Накопитель ВЭПП-4 имеет два полукольца со средним радиусом 45,5 метра соединенных двумя длинными прямолинейными промежутками по 40 метров. Промежуток, расположенный в 15 корпусе, является "техническим" - в нем размещены резонаторы ВЧ-системы, впуск электронов и позитронов. Промежуток 13 корпуса - "экспериментальный" - предназначен для размещения экспериментальной аппаратуры.

Максимальная энергия ВЭПП-4 определяется ВЧ мощностью, но не может быть более 7 Гэв. Предельная энергия определяется размером пучка по квантовым флуктуациям: при энергии 7 Гэв требуемый размер камеры по радиусу составит около 45мм, т.е. 3/4 имеющейся радиальной апертуры, часть которой будет занята искажениями равновесной орбиты.

Для получения нормального затухания радиальных бетатронных колебаний (в жесткофокусирующей системе нашего типа оно отсутствует) в техническом промежутке будет установлен специальный магнит (затухатель) длиной 2,5 метра.

Фазовый объем накопителя существенно (примерно в 3 раза) меньше фазового объема накопителя ВЭПП-3; это связано с тем, что при тех же размерах камеры и небольшом увеличении

жесткости системы, ВЭПП-4 имеет значительно больший радиус.

По допустимому энергетическому разбросу ВЭПП-3 и ВЭПП-4 примерно одинаковы. Частоты бетатронных колебаний по обоим направлениям равны примерно 8,2, включая по одной волне колебаний на каждом из длинных прямолинейных промежутков.

Экспериментальный промежуток ВЭПП-4 предполагается иметь с "гибкой оптикой", т.е. с различным расположением магнитных элементов применительно к требованиям эксперимента, с малой  $\beta$ -функцией в местах встречи или с перестраиваемой  $\beta$ -функцией. В настоящее время детально этот промежуток не рассматривается, однако, по имеющемуся опыту можно надеяться уменьшить размеры пучка в месте встречи на порядок. Ситуация на ВЭПП-4 облегчается значительным запасом по току и градиенту в линзах даже при предельной энергии.

При теперешней энергии инжекции в ВЭПП-3 уже заметно влияние остаточных полей. Эквивалентная по полю энергия  $\beta$  в ВЭПП-4 составляет 1,5 Гэв. Такую энергию инжекции можно получить, только перепуская электроны и позитроны из ВЭПП-3. Такой режим рассматривается в настоящее время как основной.

Есть желание инжекцию в ВЭПП-4 осуществлять непосредственно из Б-4 при энергии 450 Мэв. Малое поле накопителя при инжекции (около 300 эрстед) потребует специальной системы и техники размагничивания.

Основные параметры накопителя приведены в табл. 1

Таблица 1

Длина орбиты. . . . .	366 метров
Средний радиус полуколец. . . . .	45,5 метров
Длинные промежутки по. . . . .	40 метров
Число элементов периодичности (в полукольцах) . .	40
Число магнитов. . . . .	80
Число линз в промежутках . . . . .	16
Внутренние размеры камеры . . . . .	27 x 60 мм <sup>2</sup>

Частоты бетатронных колебаний. . . . .	8,2
$\beta$ -функция максимум. . . . .	12,3 метра
	минимум . . . . .
Радиальный фазовый объем. . . . .	3,2 мрадсм
Вертикальный фазовый объем. . . . .	0,8 мрадсм
Коэффициент уплотнения орбит. . . . .	0,022
Радиус потерь энергии. . . . .	36 метров

В настоящее время изготовление магнитов закончено. После получения из мастерской все магниты проходят специальный контроль, включающий в себя механический контроль всех размеров, контроль изоляции обмоток и магнитные измерения. На каждый магнит составлен паспорт. На рис.2 показано распределение магнитов по одному из параметров - длине плоской части ( $L = 2240$  мм  $\sigma = 1$  мм).

Ведется подготовка магнитов для монтажа в кольцо, начинается монтаж. Разумный темп монтажа (по затрачиваемой трудоемкости) - три магнита в неделю.

Чертежи на линзы квадрупольных промежутков сданы на завод "Балтиец" (г.Нарва) в ноябре 1971 года, на заводе проведена подготовка к изготовлению. Магнитные измерения и монтаж линз в промежутках можно выполнить за три-четыре месяца.

Желательная точность выставки магнитов и линз в радиальном и вертикальном направлении не хуже 0,1 мм относительно центра машины, удаленном на расстояние более 50 метров. Небольшой опыт у нас был при выставке магнитов ВЭПП-3. Договор с МИИГАИК разрабатывавшим способы выставки Ереванской и Серпуховской машин) позволил понять требования, методики, особенности точных геодезических измерений. В настоящее время вся аппаратура имеется, геодезические знаки установлены, получен опыт работы с системой.



## ВЧ-система

Основная ВЧ-система накопителя будет работать на 221 гармонике частоты обращения. Эта частота (181 Мгц) близка к 45 гармонике частоты обращения частиц в ВЭПП-3, принятой для мощной системы ВЧ-питания этой установки. Рассматривается вопрос о проектировании вспомогательной ВЧ-системы малой мощности для работы на 1-й гармонике ВЭПП-4 (820 кгц).

Предельная энергия частиц ВЭПП-4 принимается равной 7 Гэв. Для жизни пучка используется при этом 70% радиальной апертуры камеры. Для обеспечения этого режима необходима компенсация радиационных потерь, - 6 Мэв на оборот, - с превышением ускоряющего напряжения над уровнем компенсации в 1,6раз.

Полное ускоряющее напряжение 10 млн вольт предполагается получить на шести резонаторах, аналогичных резонаторам мощной ВЧ-системы ВЭПП-3. Амплитуда напряжения на зазоре каждого резонатора должна составить 2 млн. вольт. Электрическая прочность резонатора в настоящее время исследуется. Предусматривается возможность установки восьми резонаторов, если рабочее напряжение каждого окажется ниже 2 млн. вольт.

В качестве промежуточного этапа можно рассмотреть работу на двух резонаторах. В этом случае предельная энергия, ограничиваемая рабочим напряжением резонатора, составляет 5,3 Гэв.

Для работы на предельной энергии 7 Гэв с током  $2 \times 250$  ма необходима ВЧ-мощность 4300 квт (1300 квт теряется в резонаторах, 3000 квт в пучке). Максимальный ток встречных пучков (0,5а при 7 Гэв) принят из условий допустимого рассеяния мощности в приемнике излучения ( $500 \text{ вт/см}^2$ ,  $100 \text{ вт/см}$ ).

Для получения мощности 4300 квт в непрерывном режиме на частоте 181 Мгц с помощью приемлемого числа каскадов не существует серийно выпускаемых отечественных генераторных ламп. Наиболее мощный триод ГИ-50, который осваивается в серийном производстве, рассчитан на  $40 \pm 50$  квт средней мощности.

Обсуждается вопрос проектирования системы мощного ВЧ-питания резонаторов ВЭПП-4 в одном из следующих вариантов.



1. На основе самых мощных в мире генераторных ламп данного диапазона: триода  $RCA - 7835$  или аналогично мощной лампы.

2. На основе источника ВЧ-мощности собственной разработки - гирокон.

### Первый вариант (консервативный)

Для питания шести резонаторов предполагается установить шесть мощных ВЧ-станций, каждая из которых собрана на двух  $RCA - 7835$  или аналогичных приборах с проектной выходной мощностью станции  $700 : 750$  квт в непрерывном режиме. Для раскачки каждой станции установить предвыходной каскад на 4-х приборах ГИ-50. Питание шести предвыходных каскадов осуществить от серийного телевизионного передатчика "Лен 15/50", имеющего шесть выходных каскадов по 7,5 квт каждый.

Такая параллельная (шестикаскадная) схема питания ускоряющих резонаторов на стандартных лампах предпочтительна с точки зрения простоты управления ВЧ-системой, а также в связи с принципиальной возможностью надежного решения поставленной задачи. Система, однако, обладает значительной громоздкостью, требует дефицитных дорогостоящих выходных ламп. Разработка выходных каскадов может быть начата в 1973 году, когда станут известны предельные характеристики мощных ламп. Приобретение приборов  $RCA - 7835$  (12 шт. без запасного комплекта) обойдется ориентировочно в 800 тыс. долларов).

По первому варианту разработан прототип предвыходного каскада на 4-х приборах ГИ-50. Этот усилитель мощностью 125-200 квт предназначен для питания 2-х резонаторов ВЭПП-3 с целью достижения энергии  $2,9 : 3,2$  Гэв при токах  $2 \times 10$  ма.

Следующим этапом является разработка выходного каскада на 2-х мощных лампах.

Какие-либо прогнозы по реализации этого варианта в полном объеме в настоящее время затруднительны из-за неопределенности сроков получения выходных приборов. Если не рассчитывать на эти приборы, то наибольшую мощность можно

получить, изготовив шесть предвыходных каскадов на ГИ-50.

### Второй вариант

В настоящее время спроектирован и частично изготовлен гирокон со следующими проектными характеристиками: режим работы - непрерывный; наибольшая выходная мощность - 5000 квт; коэффициент усиления по мощности - 200; наибольшая энергия электронного луча - 500 кэв; наибольший ток луча - 12 а; КПД - 80%.

Перед проектированием были проведены исследования импульсной (30 мксек) модели гирокона на частоте 430 Мгц. Были подтверждены расчетные соображения о возможности получения электронного КПД взаимодействия луча с выходным резонатором близкого к 100% при импульсной мощности около 1000 квт. Эти опыты показали принципиальную работоспособность нового прибора в режиме коротких импульсов.

Имеется ряд принципиальных вопросов, от решения которых зависит осуществимость гирокона непрерывного генерирования с указанными выше проектными характеристиками:

1. создание источника питания гирокона и получение электронного луча с энергией 500 кэв, мощностью несколько мегаватт в непрерывном режиме;
2. надежная проводка такого луча через электронно-оптическую систему гирокона;
3. разработка резонаторной системы гирокона;
4. создание системы управления и быстродействующей защиты;
5. разработка радиотехнических систем, обеспечивающих работу гирокона на резонаторы электрон-позитронного накопителя, нагруженного пучком;
6. получение надежности ВЧ-системы в целом, приемлемой для экспериментальной установки типа ВЭПП-4.

По второму варианту изготовлены:

- входной резонатор гирокона с задающим генератором;
- электронно-оптическая система, включающая в себя элек-

тронную пушку с проектными параметрами 500 кв 12 а в непрерывном режиме, приемник электронов - коллектор, рассчитанный на среднюю мощность 2000 квт, а также элементы магнитного сопровождения луча.

- вакуумная система;

- прототип источника питания (трансформатор-выпрямитель ЭСУ-1), рассчитанный на 500 кв постоянного напряжения и мощность 5000 квт при непрерывной работе в течение 10 секунд.

Получены следующие результаты испытаний изготовленных элементов:

а) входной резонатор испытан в режиме холостого хода (без электронного луча). Получены проектные параметры.

б) получен высокий вакуум в объемах с электронной пушкой и коллектором.

в) электронная пушка испытывалась на электрическую прочность без электронного луча; при напряжении 270 кв, в течение 2-х часов не наблюдалось предпробойных явлений; дальнейший подъем напряжения ограничивался отсутствием источника питания. При испытаниях пушки в режиме коротких (10 мксек) импульсов при напряжении 210 кв ток и границы электронного луча близки к расчетным.

г) измерены магнитные поля элементов электронно-оптического сопровождения луча. Соответствие с расчетом удовлетворительно.

д) ведутся испытания ЭСУ-1 - прототипа источника питания гирокон. В режиме холостого хода получено напряжение 500:25 кв при работе в течение проектного времени - 10 сек. При работе на активное сопротивление источник отдавал в нагрузку мощность 3300 квт в течение 8 секунд. Ограничения в сравнении с проектными режимами связаны с испытательным оборудованием.

Изготовление основного источника питания гирокон, рассчитанного на длительную непрерывную работу (ЭСУ-2), предполагается закончить в 1973 году.

В 1973 году будет изготовлен вспомогательный источник питания гирокон напряжением до 80 кв, а также закончено изготовление выходного резонатора и монтаж системы управления.

В течение 1973 года намечается отработать электронно-оптическую систему гирокона, путем проводки электронного луча с энергией 50 : 80 кэв при мощности 10 : 30 квт в непрерывном режиме и провести испытания входного резонатора.

В 1974 году предполагается при испытаниях гирокона решить вопрос о возможности получения мегаваттного электронного луча и проведения его через электронно-оптическую систему. При положительном решении этого вопроса может быть начата работа на кольце ВЭПП-4 с двумя резонаторами, питаемыми от гирокона. Если от гирокона будет получена ВЧ-мощность 1600-2000 квт, то в схеме с шестью резонаторами будет возможна работа на предельной энергии 7 Гэв при токах 2 x 25 ма, а в схеме с двумя резонаторами на энергии 5,3 Гэв при токах 2 x 300 ма.

Хотя второй вариант ВЧ-питания менее громоздок и более интересен в научно-техническом плане, чем первый, при его осуществлении имеется значительная степень риска не получить желаемые результаты в намеченные сроки.

#### ОРИЕНТИРОВОЧНАЯ ОЦЕНКА ЗАТРАТ И СРОКОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ДВУХ ВАРИАНТОВ ВЧ-СИСТЕМЫ

##### Вариант 1.

Этапы	4xГИ-50 2-резонатор	+2 x РСА 2 резонатора	6x(4xГИ-50) 6 резонаторов	6x РСА 6 резонаторов
Достижимая энергия (Гэв) при токах 2x10ма	4,5	5,3	6,6	7
Трудоемкость тыс.н/час.	70	90	210	300
Возможный срок изготовления	1974	1975 <sup>х)</sup>	1976	1977 <sup>х)</sup>

х) Сроки указаны в предположении, что необходимое количество мощных ламп будет поставляться, начиная с 1974 г.

Вариант П1

Этапы	Гирокон 2 Мвт 2 резонатора	Гирокон 2 Мвт 6 резонаторов	Гирокон 5 Мвт 6 резонаторов
Достижимая энергия (Гэв) при токах 2 x 10 ма	5,3	7	7
2 x 100 ма	5,3	6,8	7 <sup>xxx</sup>
Трудоемкость тыс. н/час.	200 <sup>x</sup>	310	310
Возможный срок из- готовления	1975 <sup>xx</sup>	1976 <sup>xx</sup>	?

x) На 130 тыс. н/час уже изготовлен.

xx) Сроки указаны в предположении, что в 1974 г. будут получены положительные результаты испытаний.

xxx) Максимальный ток 2 x 250 ма.

Вакуумная система ВЭПП-4

Проектный вакуум с пучком  $10^{-8}$  торр. Вакуум обеспечивается 120 сосредоточенными магнетронными насосами (МРН) со скоростью откачки 100 л/сек и 80 распределенными МРН со скоростью откачки 1-2 л/сек.см, работающими в магнитном поле накопителя. Для черновой откачки предполагается использовать 35 шт. МРН со скоростью 100 л/сек., которые изготавливаются в г.Нарва.

Нержавеющая вакуумная камера накопителя имеет сечение  $27 \times 80 \text{ мм}^2$ , общая длина 360 м. Предполагается, что мастерские закончат изготовление сосредоточенных и распределенных МРН вместе с вакуумной камерой в 1 половине 1973 года.

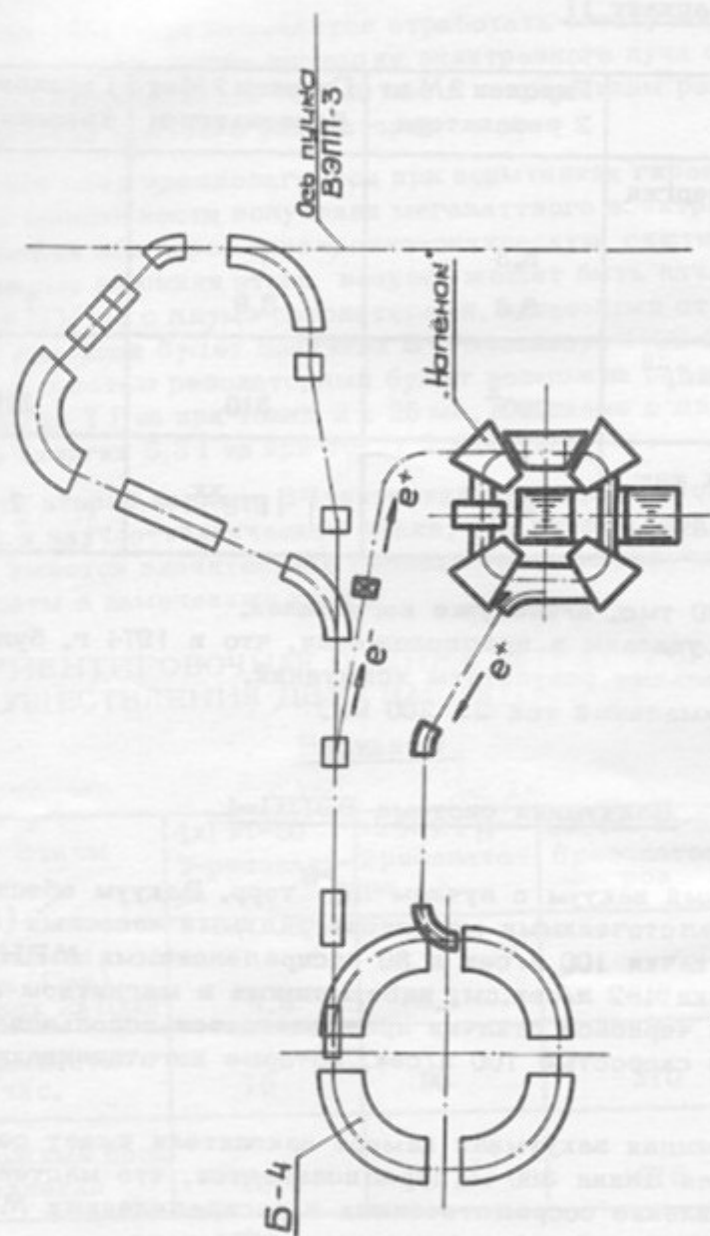


Схема получения позитрониев  
с использованием Нагёнка.

Рис 3

Начат монтаж централизованной системы электропитания МРН. Используются модернизированные типовые выпрямители ВП-150 в количестве 80 штук. Окончание работ предполагается во II квартале 1973 года.

### Позитронная программа (ВЭПП-3 и ВЭПП-4)

Для существенного повышения позитронного тока признано рациональным перейти к другой системе получения позитронов. Электроны, ускоренные в Б-4 до предельной энергии и выпущенные в существующий канал, отводятся от своего обычного пути и фокусируются на конвертер (рис.3).

Позитроны с энергией 20-30 Мэв в энергетическом интервале  $\pm 10\%$  собираются короткофокусной линзой и вводятся (с корреляцией энергия-орбита) в специальную магнитную дорожку-"Напенка". После радиационного охлаждения (с использованием повышения энергии в дорожке) позитроны выпускаются из "Напенка" и вводятся в Б-4 с измененным знаком магнитного поля. В синхротроне они ускоряются до максимальной энергии и выпускаются по обычному тракту.

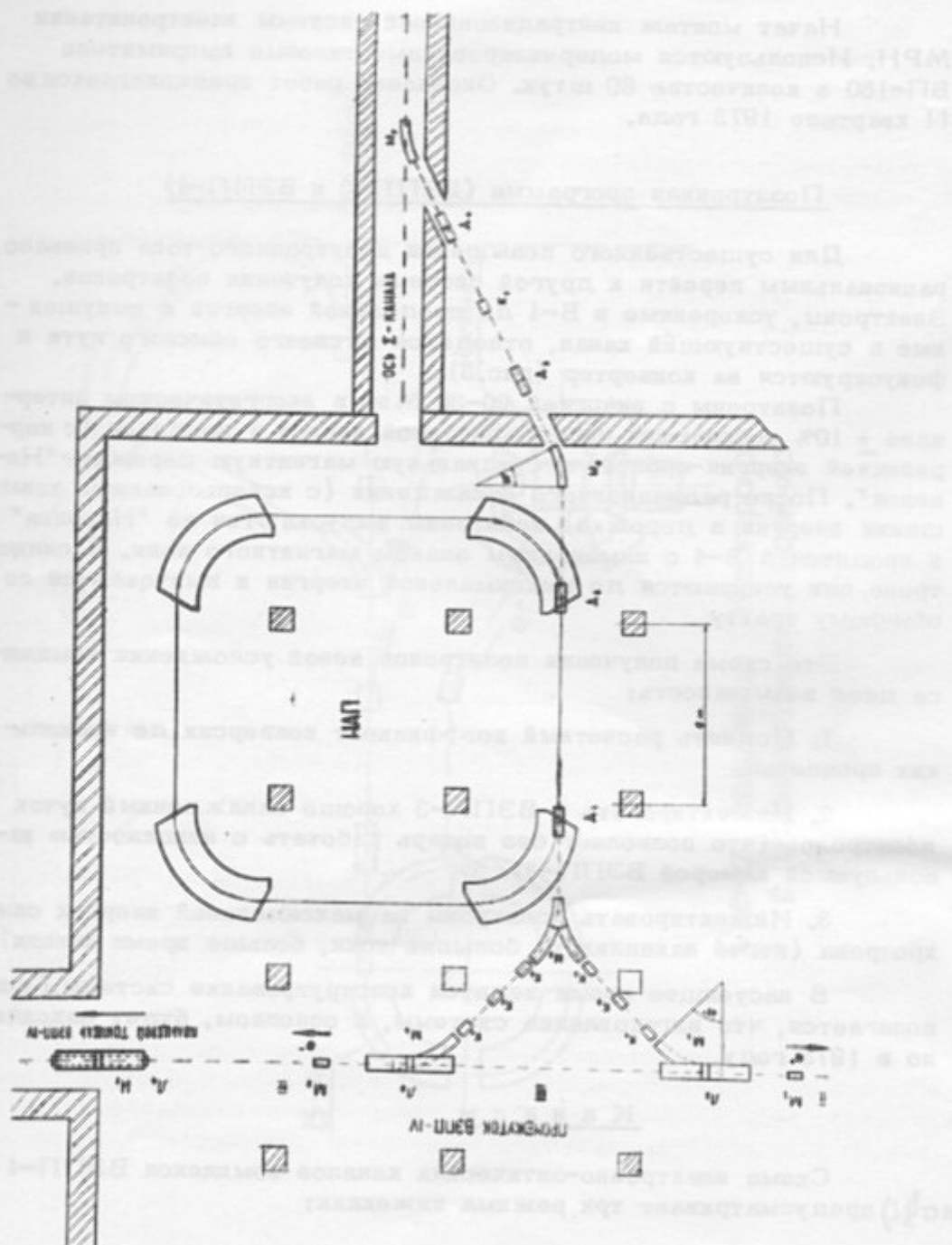
Эта схема получения позитронов ценой усложнения комплекса дает возможность:

1. Поднять расчетный коэффициент конверсии до нескольких процентов.
2. Инжектировать в ВЭПП-3 хорошо охлажденный пучок позитронов (что позволяет без потерь работать с неполностью используемой камерой ВЭПП-3).
3. Инжектировать позитроны на максимальной энергии синхротрона (легче накапливать большие токи, больше время жизни).

В настоящее время ведется конструирование системы. Предполагается, что изготовление системы, в основном, будет закончено в 1973 году.

### К а н а л ы

Схема электронно-оптических каналов комплекса ВЭПП-4 (рис.4) предусматривает три режима инжекции:





1. Инжекция электронов и позитронов из синхротрона Б-4 с энергией до 450 Мэв при частоте следования импульсов до нескольких герц.

2. Инжекция электронов и позитронов из накопителя ВЭПП-3 с энергией до 1,8 Гэв.

3. Инжекция антипротонов (протонов) из накопителя НАП с импульсом 1,8 Гэв/с. Максимальная частота повторения при инжекции частиц с импульсом 1,8 Гэв/с определяется временем подема поля в накопителе ВЭПП-3 и временем охлаждения в НАП и не превышает 1 раза в минуту.

В общей для всех трех режимов части каналов пучки подводятся к накопителю перпендикулярно его технической промежуточной (рис.1) и разводятся в противоположные стороны двумя  $90^\circ$ -ными поворотами в горизонтальной плоскости с одновременным разворотом по вертикали на угол  $10^\circ$ .

Ось общей части канала проходит над промежутком НАПа на расстоянии 0,9 м от его медяной плоскости. Далее ось канала параллельно переносится на 5,5 м с одновременным разворотом на  $10^\circ$  к горизонту и выходит на ось существующего  $\Sigma$ -канала/2.

Для проводки электронов (позитронов) из синхротрона Б-4 после существующего  $90^\circ$ -ного магнита электронного канала ВЭПП-III /3/ пучок поворачивается по вертикали вниз на  $18^\circ$ , пропускается через отверстие в резонаторе под магнитами накопителя ВЭПП-III и выводится на ось  $\Sigma$ -канала.

Инжекция в накопитель с малой апертурой и большим средним радиусом, каким является накопитель ВЭПП-4 ( $a_z = \pm 1,35$  см,  $a_r = \pm 2,8$  см,  $\bar{R} = 45$  м, фазовые объемы  $\Phi_z = 4,8$  мрад.см  $\Phi_r = 19,7$  м.рад.см), требует высокой точности и стабильности согласования эмитанса впускного пучка с акцептансом накопителя. Ввиду этого поворот частиц на большой угол перед впуском в накопитель должен быть выполнен ахроматически, так как хроматическая aberrация в  $90^\circ$ -ном магните даже при разбросе энергии  $\pm 1 \cdot 10^{-3}$  привела бы к бетатронным колебаниям пучка в накопителе с амплитудой, равной 1,5 см, т.е. половине апертуры накопителя, что в 4 раза уменьшило бы акцептанс накопителя для частиц с отклоненной энергией.

Каждый поворот осуществляется двумя магнитами с углами поворота  $45^\circ$  и однородным полем, между которыми помещаются три квадрупольных секции длиной 15 см, разнесенные друг относительно друга на расстояния 50 см, что и обеспечивает ахроматичность поворота, а также достаточно большое значение его фокусного расстояния по сравнению с фокусным расстоянием накопителя. Это последнее обстоятельство существенно для согласования формы эмитанса пучка с акцептансом накопителя.

Согласование эмитанса пучка с акцептансом накопителя во всех трех режимах инжекции и ахроматичность параллельного переноса пучка достигаются с помощью линз  $D_1, D_2, D_3, D_4$  и  $K$ .

Все элементы каналов выполняются импульсными, причем, малая частота следования импульсов при работе в номинальном режиме позволяет обойтись без водяного охлаждения, что значительно упрощает конструкцию элементов.

Впуск в накопительное кольцо осуществляется по вертикали снизу во втором и четвертом промежутках линейного участка накопителя на расстоянии 7 метров от центра импульсного инфлектора.

Впускные магниты располагаются на расстоянии 1,5 м от линз промежутка и представляют собой импульсные системы с шихтованным магнитопроводом и полем до 15 кэстд (при  $\rho = 1,8$  Гэв/с). Угол поворота магнитов  $-10^\circ$ . Толщина внешней стенки - ножа - составляет 3 мм, длительность полупериода импульса тока 100 мсек. В настоящее время выполнены следующие этапы работы:

1. Выбраны и прорисованы трассы каналов с точной привязкой к установкам ВЭПП-3, ВЭПП-4 и НАП.
2. Просчитаны схемы ахроматических участков каналов  $-90^\circ$  поворота и параллельный перенос.
3. Спроектированы впускные магниты и участок канала, выводящий пучок Б-4 из-под установки ВЭПП-3 на ось  $\Sigma$ -канала.
4. Произведено эскизное проектирование основных поворотных магнитов с радиусом 4 м и унифицированных квадрупольных секций каналов.
5. В январе 1973 г. начинается монтаж высоковольтных блоков системы питания.

## Впуск электронов и позитронов

При выбранном расположении впускных магнитов и впуске частиц по часовой стрелке (на виде накопителя в плане) существенно ограничивается фазовый объем захватываемого пучка впускным магнитом. Против часовой стрелки канал позволяет впустить полный фазовый объем накопителя, поэтому в этом направлении впускаются позитроны. Впуск производится по  $Z$  снизу в промежутке здания 15, позитронный инфлектор размещается в линзе  $H-1F$ , электронный - в линзе  $H-4Д$ .

Расчитаны траектории впуска частиц, а также необходимые напряжения генераторов. Режим многократного накопления окончательно не выбран.

Ведется конструирование отклоняющих систем и наносекундных высоковольтных вводов в камеру накопителя. Конструирование задерживалось испытанием макетов вводов.

В настоящее время макеты испытаны, получены удовлетворительные результаты. Произведено моделирование полей инфлекторов, получены необходимые размеры пластин.

Часть элементов генераторов проверены в работе на ВЭП-8 и изготавливаются. Предпринимаются попытки найти и приобрести низкоомные высоковольтные кабели для генераторов. В случае неудачи возможна замена на параллельное включение имеющихся кабелей, однако это потребует усложнения конструкции и увеличения габаритов вводов генераторов и вводов в камеру накопителя.

Система впуска ВЭП-4 органически связана с аналогичной системой ВЭП-3, они будут иметь общее силовое питание, общие цепи управления и контроля. Поэтому для монтажа подключения к действующей установке и наладке системы потребуются остановка ВЭП-3 на время порядка одного месяца.

Ориентировочная трудоемкость 8-10 тысяч нормо-часов ма-стерских и 2-3 человеко-месяца электро-и механомонтажных работ, не считая работы лаборантов.

## Система измерения положения равновесной орбиты

Для наблюдения за равновесной орбитой предполагается разместить на кольце 52 пикал-станции - по одной на каждом элемен-

те периодичности полукольца и по 6 на каждом прямолинейном промежутке.

Датчик пикап-станции электростатический, имеет 2 пары пластин, измеряющих смещение пучка по  $r$  и  $z$  координатам в рабочей области  $\pm 25$  мм по  $r$  и  $\pm 12$  по  $z$  (для датчиков полукольца). Предполагается, что в рабочем диапазоне токов, пучка, суммарная погрешность индикации "нуля отклонения" не превысит  $\pm 0,5$  мм включая погрешность выставки, погрешности калибровки и электроники. Нелинейность характеристик и зависимость показаний от смещения пучка по перекрестной координате предполагается корректировать с помощью электроники.

В настоящее время узел пикап-электродов полукольца сконструирован, отработан технологический процесс изготовления, изготовлено 7 шт., измерены характеристики и внесены необходимые доработки. Налажен стенд для проверки электрических характеристик. Сконструирован датчик для прямолинейных промежутков.

Ориентировочное время начала разработки электроники системы наблюдения II-III квартал 1973 г., изготовление электроники пикап-станций с IУ квартала 1973 г. по I-II квартал 1974 г. в радиомастерской ИЯФ с последующей настройкой в лаборатории. Обрабатываемую электронику предполагается использовать с функциональными узлами, разрабатываемыми для НАП, с небольшими доработками. Запуск всей системы можно провести в I полугодии 1974 года.

Планируется установка апертурных пробников и "вакуумных карманов", в которые можно помещать различные датчики для наблюдения первого оборота. В прямолинейных промежутках предполагается установить по 4 пробника и по 4 "кармана". В полукольцах - по 2-3.

Изготовлен один пробник для полукольца, пробники для промежутков проектируются.

#### Система коррекции орбиты

В магнитной системе элемента периодичности заложены следующие коррекции, рассчитанные на индивидуальное управление:

$$H_x, H_z, \nabla H_\phi, \nabla H_D$$

Каждая обмотка рассчитана на ток до  $\pm 10$  а при напряжении 15в. Общее количество каналов с учетом коррекций в прямолинейных промежутках составляет около 350.

Корректирующие обмотки для коррекции квадратичных и кубичных нелинейностей в  $\Phi$  и  $Z$  участках электромагнитов предполагается соединять последовательно в 8 независимых групп. Питание групп - от тиристорных управляемых источников промышленного изготовления напряжением до 230 в при токе 18 и 48а.

Электронные блоки для питания корректирующих обмоток полуколец предполагается разместить в шкафах над электромагнитами. В прямолинейных промежутках - в стойках под линзами.

В настоящее время закончена разработка шкафов и усилителей мощности, питающих обмотки коррекции. Документация на шкафы передана на Опытный завод, где намечено их изготовление до конца 1973 г. Документация на усилители мощности передана в Нарву, изготовление планируется на второе полугодие 1973 года.

Закачивается проектирование предварительных усилителей. Их необходимо изготовить - 60 блоков. Предполагается сдать их в радиомастерскую ИЯФ во II квартале 1973 года, для изготовления во II-IV кварталах. Начата разработка электромонтажных схем системы коррекции и других устройств кольца.

В январе-марте 1973 г. планируется изготовление опытного шкафа коррекции с полным электромонтажом для проверки размещения и испытания электроники элемента периодичности.

Управление и контроль коррекций предполагается осуществлять от ЭВМ "Одра-1304" с возможностью ручного управления. Конкретное исполнение управляющей электроники обсуждается. Сроки исполнения не намечались.

#### Силовое питание

Смонтированы источники напряжения, обеспечивающие питание накопителя как в электрон-позитронном варианте (ВЭПП-4), так и в протон-антипротонном (ВАПП). Источники питания (мотор-генераторы типа ГПН1850 + СДИЗ), обеспечивающие ток 25а при напряжении 60 вольт, размещены в здании энергоцентра. В ян-

стоящее время ведется строительство трассы и изготовление деталей для монтажа шинпроводов.

Для питания линий прямолинейных промежутков предполагалось использовать генератор постоянного тока типа П105  $I = 2000a$   $V = 220v$  и четыре генератора постоянного тока АНГМ-80  $I = 2500a$   $V = 36v$ . В 1973 году намечено мотор-генераторы, питающие линии, заменить на тиристорные стабилизированные преобразователи производства г.Таллин. В настоящее время разрабатываются блок-схемы управления и стабилизации питания магнитов и линий ВЭПП-4. Окончание проектирования систем управления и стабилизации намечено на 1 квартал 1973 года.

Размещение элементов электросистем управления и стабилизации предусмотрено в энергоцентре здания 13 с выносом необходимых органов управления и контроля на главный пульс.

### Строительные работы

По конструкции строящееся здание дистилляторной аналогично зданию энергоцентра. В нем должны размещаться:

1. Собственно дистилляторная на 10 мвт мощности со своей станцией обессоливания, которая переносится из здания № 3.
2. Генератор постоянного тока ГПС-6300 (800 вольт, 6ка) для питания установки НАП и измерительного магнита ВЭПП-4. Генератор стоит на складе.
3. ЭВМ "Одра-1304", размещенная в настоящее время в слишком тесном помещении на III этаже антресолью №1 здания 13.

К настоящему времени строительные работы выполнены примерно на 60-70%. Организация, ведущая строительство (СМУ-2), отложила окончание его на II-III кв. 1973 г. Усилия, предпринятые Институтом с целью ускорения строительства - успеха не имели.

Предполагается, что прямолинейный промежуток в зд.13 будет защищен двумя стенами высотой 5 м и толщиной 1м, сложенными из бетонных кубов. Заказ на изготовление кубов дан на бетонный завод. Для монтажа стен используется 30-ти тонный мостовой кран 13 здания. Фундаменты под стены в электрон-позиционном варианте (ВЭПП-4) не требуются.

В этом же промежутке размещены фундаменты под линзы и большой измерительный магнит. Для подвода электропитания к элементам промежутка и для связи между зданиями энергоцентра и дистилляторной предполагается соорудить кабельный канал параллельный прямолинейному промежутку ВЭПП-4, так как в протон-антипротонном варианте ВАПП по условиям радиационной безопасности требуется перекрытие над прямолинейным промежутком - обсуждается вопрос о строительстве фундаментов под защитные стены, одновременно со строительством для ВЭПП-4.

Предполагается, что объем строительных работ составит 60-70 чел/мес (с учетом фундаментов под стены).

До начала строительства в прямолинейном промежутке зд.13 необходимо:

1. Принять меры против запыления остальной части зд.13.
2. Освободить зону строительства от станков и оборудования.
3. Закончить строительство нового въезда в зд.13, (старый въезд должен убираться, т.к. располагается вблизи прямолинейного промежутка и не может быть надежно защищен от излучения.

Прямолинейный промежуток в зд.15 требует значительно меньшего объема строительных работ.

В настоящее время ведется разработка проекта строительной части.

Ответственный за выпуск С.Н.Родионов  
Подписано к печати 19.Ш-73 г.МН.08100  
Усл. 0,8 печ.л. Тираж 100 экз. Бесплатно  
Заказ № 13

Отпечатано на ротапринтере в ИЯФ СО АН СССР, вг