

Т. 83

"УТВЕРЖДАЮ"

Зам. директора ИЯФ

академик Сергей А.Н. СКРИНСКИЙ

10 мая 1976 г.

О Т Ч Е Т

СОСТОЯНИЕ РАБОТ НА ВЭП-4

Составитель

Г.М. Тумайкин

Новосибирск

1976г.





## СО Д Е Р Ж А Н И Е

	Стр.
В В Е Д Е Н И Е . . . . .	3
I. Возможности ВЭПП-4 для экспериментов. . . . .	6
2. Магнитная структура и светимость. . . . .	11
3. Детектор МЦ-I . . . . .	16
За. Детектор "ОЛЯ" . . . . .	25
4. Магнито-вакуумная система ВЭПП-4. . . . .	28
5. Высокочастотная система . . . . .	35
6. ВЭПП-3 - Инжектор ВЭПП-4. . . . .	39
7. Электронно-оптический канал ВЭПП-3 - ВЭПП-4	41
8. Питание элементов канала ВЭПП-3 - ВЭПП-4. .	43
9. Силовое питание магнитной системы ВЭПП-4 .	46
10. Коррекция магнитного поля и контроль параметров кольца . . . . .	50
11. Система наблюдения за пучками . . . . .	54
12. Однооборотные перепуски частиц. . . . .	59
13. Электростатическое управление пучками . . . .	63
14. Управление комплексом ВЭПП-4 . . . . .	67
15. Геодезическое обеспечение . . . . .	77
16. Энергоснабжение и дистиллят . . . . .	81
17. Трудоемкость работ I-ой очереди . . . . .	83

Основная цель 3-го выпуска рабочих материалов - информировать о содержании, объеме и состоянии работ, необходимых для подготовки запуска ВЭПП-4. Физические характеристики комплекса ВЭПП-4 изложены в предыдущих выпусках рабочих материалов (1973 и 1974 гг.). В данном выпуске также представлено краткое описание отдельных установок и систем комплекса ВЭПП-4, в основном тех, по которым при издании предыдущих выпусков еще не были достаточно проработаны физическая и техническая стороны проекта или были внесены существенные изменения.

Запуск комплекса ВЭПП-4 со встречными электрон-позитронными пучками с максимальной энергией до 7 ГэВ в пучке предполагается осуществить в три этапа.

На I-м, наладочном, этапе (I-я очередь ВЭПП-4) планируется отладка режима инжекции и получение электронных и позитронных пучков с энергией до 3,9 ГэВ.

На II-м этапе (II-я очередь ВЭПП-4) планируется ввод высокочастотной системы на базе Гирокона, что позволит начать эксперименты со встречными пучками на энергии свыше 4-х ГэВ.

Схема инжекции на I-м и II этапах основана на использовании ВЭПП-3 в качестве бустерного накопителя, в котором поочередно будет вестись накопление электронного и позитронного пучков. Направление инжекции - нынешнее направление движения электронов. Имевшаяся в настоящее время (в другом направлении) скорость накопления позитронов в ВЭПП-3 (1 мкА в секунду) обеспечит при 100% пе-

репуске около 1 мА позитронов через 1,5 часа работы комплекса. Для получения позитронов в нужном направлении разрабатывается новая конверсионная система.

III-й этап связан с проводимой в институте разработкой сверхточного линейного ускорителя - инжектора интенсивных позитронных (и электронных) пучков. Для последующего ускорения предполагается разработать синхротрон на энергию около 2-х ГэВ. В этом варианте накопление электронов и позитронов будет вестись непосредственно в ВЭПП-4. Скорость накопления позитронов составит десятки миллиампер в минуту.

К февралю 1976 г. приняты основные решения по системам I-й и II-й очереди ВЭПП-4. Составлен подробный график ввода систем I-й очереди. Планируется, что к декабрю 1976 г. будут введены в действие магнито-вакуумная система кольца ВЭПП-4, электронно-оптический канал, высокочастотная система и основные системы силового питания, управления и контроля. Будут подготовлены программы машинного управления. Эксперименты по получению циркулирующего электронного пучка предполагается начать в 1976 году, инъекцию позитронов - в феврале 1977 г.

В 1977 году имеется возможность начать эксперименты на энергии до 3,9 ГэВ, дальнейшее повышение энергии (II очередь) определится успехом работ по Гирокону. Если в ч. система II-ой очереди будет введена раньше, чем магнитный детектор МД-I, то для первых экспериментов будет использован детектор "ОЛЯ", в настоящее время установленный на установке ВЭПП-2М.

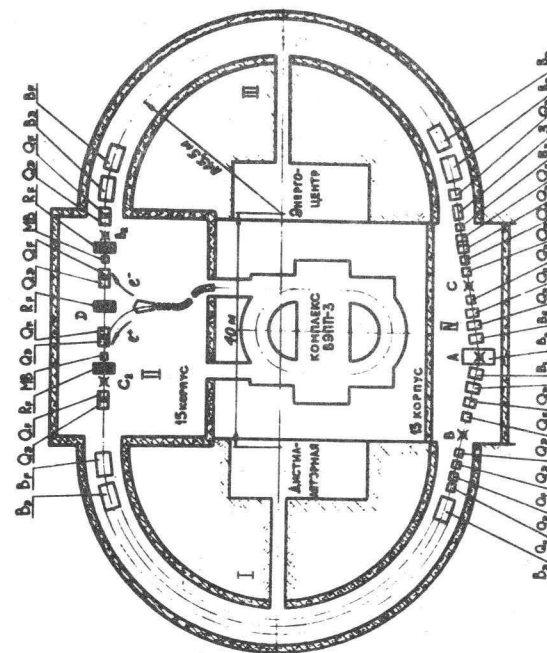


Рис. 1. Схема комплекса ВЭПП-4.

## 1. ВОЗМОЖНОСТИ ВЭПП-4 ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Возможности установки ВЭПП-4 легче всего представить, сравнивая ее с позитрон-электронными накопителями на максимальную энергию: действующими - СПЕАР (США) и ДОРИС (ФРГ), и строящимся ПЕТРА (ФРГ).

	СПЕАР (США)	ДОРИС (ФРГ)	ВЭПП-4 (СССР)	ПЕТРА (ФРГ)
Максимальная энергия в пучке, ГэВ:				
планируемая	4,5	4,2	7	15 19
достигнутая	4,0	2,0	-	-
Светимость, $10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$				
проектная	100	100	0,5 50	100 1
достигнутая	II	0,9	-	-
Год начала физич. экспериментов	1973	1974	1977 1979	1979

По сегодняшним планам установка ВЭПП-4 имеет два преимущества по сравнению с другими накопителями. Первое - самая высокая энергия до начала экспериментов на установке ПЕТРА, второе - место встречи в перпендикулярном магнитном поле.

### Максимальная энергия пучков

Новый диапазон энергии всегда чрезвычайно интересен. В частности, эксперименты на накопителях БАЙПАС и СПЕАР показали, что отношение сечения многоадронных процессов к сечению рождения мюонных пар с ростом энергии растет и составляет око-

ло 6 при энергии  $2 \times 3,8 \text{ ГэВ}$ . Это явление вызывает большой теоретический интерес. Измерение сечения многоадронных процессов на ВЭПП-4 в неисследованном диапазоне энергии является чрезвычайно важным. Кстати, для измерения этих процессов уже достаточно светимость  $10^{29} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ .

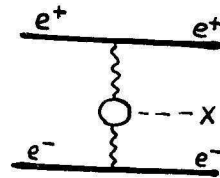
Новый диапазон энергии безусловно интересен с точки зрения поиска новых частиц. Хорошо известный пример тому - открытие семейства  $\psi$  - частиц, сделанное в последний год на накопителях СПЕАР и ДОРИС. Для поиска частиц с такими сечениями необходима светимость порядка  $10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ .

Другим очевидным классом экспериментов являются эксперименты по проверке квантовой электродинамики в области максимально больших передаваемых импульсов.

Большая энергия ВЭПП-4 открывает возможность начать изучение вклада слабого взаимодействия в процесс рождения пар мюонов. Этот вклад будет проявляться в зарядовой асимметрии, причем асимметрия с ростом энергии растет как  $E^2$ . При  $E = 7 \text{ ГэВ}$  эффект составляет около 3%. Для его измерения требуется светимость  $10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ .

### Место встречи в перпендикулярном магнитном поле

На установке ВЭПП-4 создается возможность проведения экспериментов по так называемому двойному электророждению. Это широкий класс процессов, в которых в конечном состоянии, кроме рожденных частиц, остаются электрон и позитрон.



$$X = e^+e^-, \mu^+\mu^-$$

$$\pi^+\pi^-$$

$$h, \chi^0, e \dots ??$$



Интерес к процессам электророждения вызван тем, что обмен двумя фотонами ("встречные фотонные пучки") приводит к рождению частиц с положительной зарядовой четностью, запрещенному в однофотонном канале. Два таких процесса уже наблюдались экспериментально: рождение пар электронов (ВЭШ-2) и рождение пар мюонов (АДОНЕ). Зарегистрировано также 3 события рождения пар пионов (АДОНЕ).

Чрезвычайно интересным является эксперимент по рождению пары заряженных пионов в состоянии с положительной зарядовой четностью, в частности, проблема  $\epsilon$  - мезона (есть он или нет?).

Эксперименты по изучению рождения  $\pi^0$ ,  $\eta$ ,  $\chi^0$  и др. дают возможность измерить время жизни этих частиц. Опубликованные данные по измерению времени жизни  $\pi^0$  имеют точность 5%. Эти эксперименты выполнены в процессе фоторождения пиона на ядре (эффект Примакова). Обработка результатов включает в себя теоретическую интерпретацию учета сильных взаимодействий. Эксперимент на встречных пучках проходит в чистых условиях, и не исключена возможность, что он даст новый результат.

Измерения времени жизни  $\eta$  - мезона (масса 549 МэВ) выполнены также по эффекту Примакова. Точность измерения, представленная в таблицах Розенфельда, составляет 25%. Однако последний эксперимент, проведенный на 10 ГэВ синхротроне в Корнелле, дал результат, который отличается от среднемирового на 3 среднеквадратичных ошибки. Ясно, что эксперимент на встречных пучках вызывает большой интерес.

Время жизни или ширина резонанса  $\chi^0$  (масса 958 МэВ) вообще не измерены. Известно только ограничение  $\Gamma < 1$  МэВ. Регистрация нескольких событий этого резонанса на встречных пучках уже дала бы интересный физический результат.

Недавно в экспериментах на встречных пучках в Гамбурге и Стэнфорде открыты три зарядово-четных  $\psi$  - частицы. По крайней мере одна из них с массой 2800 МэВ имеет большую моду распада

на два фотона. По-видимому, реальным методом измерения ширины резонансов будет изучение сечения рождения в процессе двойного электророждения.

Ниже приведены данные о сечении основных процессов двойного электророждения

Процесс	сечение, нбарны	
	E = 2 x 35 ГэВ	E = 2 x 7 ГэВ
$ee \rightarrow ee + e^+e^-$	$6,2 \cdot 10^6$	
$+ \mu^+\mu^-$	47	90
$+ \pi^+\pi^-$ (точечн.)	3,7	8
$+ K^+K^-$ (точечн.)	0,1	0,3
$+ \pi^0$	1,2	1,6
$+ \eta$	1,3 (0,4)	2,0 (0,65)
$+ \chi^0$ ( $\Gamma_{\gamma\gamma} = 5$ кэВ?)	0,8 (?)	1,5 (?)
$+ \epsilon$ ( $\Gamma_{\gamma\gamma} = 10$ кэВ?)		
M = 700 МэВ?	5 (?)	9 (?)
$\psi$ (2800)		
( $\Gamma_{\gamma\gamma} = 10$ кэВ?)	0,3 (?)	0,6 (?)

Отличительной особенностью процессов двойного электророждения является то, что в конечном состоянии остаются электрон и позитрон (их иногда называют рассеянными электронами), причем эти частицы в основном летят в первоначальном направлении. Оптимальным вариантом регистрации рассеянных электронов является организация места встречи в магнитном поле, перпендикулярном плоскости орбиты пучков. На установке ВЭШ-4 этот вариант будет реализован в детекторе МД-1 (см. раздел "Детектор МД-1").

Расчеты показывают, что для условий МД-1 эффективность регистрации указанных процессов двойного электророждения будет

составлять около 30%. Это означает, что при светимости  $5 \cdot 10^{29} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$  скорость счета эффекта будет около 10 событий в сутки, что является вполне хорошим уровнем для первой серии экспериментов.

Основным фоновым процессом будет однократное тормозное излучение. При светимости  $5 \cdot 10^{29} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$  вероятность случайного совпадения составляет около 15%. По-видимому, из-за этого фона нельзя будет использовать светимость более  $10^{30} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$  в одноструйковом режиме. Для работы при более высокой светимости требуется организация многоструйкового режима.

Наличие перпендикулярного магнитного поля в месте встречи дает возможность легко организовать регистрацию  $\gamma$  - квантов, вылетающих под нулевым углом. В частности это дает возможность изучить предсказываемый теоретический эффект изменения сечения однократного тормозного излучения в магнитном поле. В условиях ВЭПП-4 этот эффект составляет около 10%.

На установках СФЕАР, ДОРИС и ПЕТРА не существует пока проектов детекторов с перпендикулярным полем. Реализация такого детектора требует довольно большой переделки накопителя.

## 2. МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА И СВЕТИМОСТЬ

Накопитель ВЭПП-4 имеет два полукольца со средним радиусом 45,5 метров, соединенных двумя длинными прямолинейными промежутками. Промежуток, расположенный в I5 корпусе, является "техническим" - в нем размещаются резонаторы ВЧ системы, выпуск электронов и позитронов, возможна организация одного места встречи. Промежуток I3 здания - "экспериментальный" - предназначен для размещения экспериментальной аппаратуры. Здесь находятся три места встречи.

Инжекция частиц в накопитель будет производиться из ВЭПП-3 на энергии 1,5-2 ГэВ. В будущем предполагается изготовление специального синхротрона - инжектора на ту же энергию.

До энергии 7 ГэВ энергия в ВЭПП-4 определяется наличием ВЧ-мощностью. Радиальные размеры пучка из-за квантовых флуктуаций излучения растут линейно с энергией. При энергии 7 ГэВ требуемый размер камеры по радиусу составит около 45 мм, т.е. 3/4 имеющейся радиальной апертуры, часть которой будет потеряна из-за искажения равновесной орбиты.

Большая энергия в ВЭПП-4 будет возможна только при увеличении радиальной фокусировки пучка в полукольцах. Это достигается запиткой имеющейся 7% обмотки коррекции. Основные элементы кольца:  $F, D$  - магниты, линзы, МД-1 и ДМ магниты, питание накопителя обеспечивает энергию 8,5 ГэВ. Детальный вариант на эту энергию в настоящее время изучается.

Изменилась схема экспериментального промежутка. Здесь произведены следующие изменения:

В симметрирующую часть, между линзами IV-1 и IV-2 перенесен затухатель, перераспределяющий декременты радиационного затухания до получения нормального затухания радиальных бетатронных колебаний (в жесткофокусирующей системе нашего типа оно отсутствует).

Перенос затухателя освободил место в I5 здании для увеличения числа резонаторов и позволяет активно использовать син-



хротронное излучение из затухателя.

Суммарный угол поворота частиц в поле МЦ-1 и дополнительных магнитов уменьшился с  $16,5^\circ$  до  $16^\circ$ .

Существенно изменились дополнительные места встречи В и С. Для организации высокой светимости скда добавлено по одной линзе. Это позволило получить здесь  $\beta$ -функцию 15-20 см при расстоянии между линзами 2,9 м, что достаточно для постановки экспериментальной аппаратуры "ОЛЯ" с ВЭШ-2М.

Таким образом, полное число линз в экспериментальном промежутке возросло до 15.

При необходимости свободное пространство в одном из боковых мест встречи может быть увеличено до 4.7 метра удалением дополнительной линзы. Это позволит, например, поставить магнитный детектор с продольным полем, используемый на "СПЕАР" при  $\beta_z = 50-80$  см.

Необходимо отметить, что боковые места встречи не эквивалентны по разведению пучков в противоположной точке встречи. Пучки в месте встречи, противоположном В, разводятся только с остаточными колебаниями на полукольцах.

Центральное место встречи практически не изменилось. Основные параметры накопителя приведены в таблице.

#### Магнитная система ВЭШ-4

Длина орбиты	- 366,2 метра
Частоты бетатронных колебаний	- 9,1-9,2
Радиальный фазовый объем	- 3,3 мрад.см
Вертикальный фазовый объем	- 0,8 мрад.см
Коэффициент уплотнения орбит	- 0,022
Радиус потерь энергии	- 36 метров

#### Полукольца

Средний радиус	- 45,5 метров
----------------	---------------

Число элементов периодичности	- 2 x 19
Число магнитов	- 76
Апертура камеры	- 27 x 60 мм <sup>2</sup>
$\beta$ - функция: максимум	- 12,3 м
минимум	- 5,8 м
$\psi$ - функция, максимум	- 2,3 м

#### Технический промежуток

Длина промежутка	- 39,9 м
Число линз	- 8
В возможном месте встречи	$\beta_z$ - 10 м
	$\beta_x$ - 5 м
	$\psi$ - 0,9 м

#### Экспериментальный промежуток

Длина промежутка	- 54,7 м
Число линз	- 15
Мест встречи	- 3 (А, В, С)

#### Размеры пучков

Радиальный бетатронный $2\sigma_{x\beta}$ (см) = $2,67 \cdot 10^{-3} E(\text{ГэВ}) \sqrt{\beta_x}$ (см)
Радиальный энергетический $2\sigma_{xs}$ (см) = $0,42 \cdot 10^{-3} E(\text{ГэВ}) \psi$ (см)
Полный радиальный $2\sqrt{\sigma_{x\beta}^2 + \sigma_{xs}^2}$
Вертикальный размер $2\sigma_z$ (см) = $2,67 \cdot 10^{-3} K \cdot E(\text{ГэВ}) \sqrt{\beta_z}$

где: К - коэффициент связи, равный корню квадратному из отношения фазовых объемов.

Параметры мест встречи

	A	B, C
$\beta_z$ (см)	46	16,5
$\beta_x$ (см)	223	195
$\psi$ (см)	100	15,3
Радиальный размер $2\beta_x$ (см)	$5,8 \cdot 10^{-2} E(\text{ГэВ})$	$3,8 \cdot 10^{-2} E(\text{ГэВ})$
Вертикальный размер $2\beta_z$ (см)	$1,8 \cdot 10^{-2} \cdot KE(\text{ГэВ})$	$1,1 \cdot 10^{-2} KE(\text{ГэВ})$
Светимость ( $10^{28} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ )	$2,4 \cdot I^+(mA) E(\text{ГэВ})$	$6,7 \cdot I^+(mA) E(\text{ГэВ})$
Требуемый электронный ток $I^-(mA)$	$1,6 \cdot KE^3(\text{ГэВ})$	$1,8 \cdot K \cdot E^3(\text{ГэВ})$

Так как предельная светимость в режиме инжекции через ВЭПП-3 будет определяться позитронным током, в таблице приведена требуемая величина электронного тока. В настоящее время минимальная величина коэффициента связи "K" (установка ВЭПП-2М) составляет 1/20. Есть основания надеяться, что на кольце ВЭПП-4 эту величину можно еще уменьшить.

Указанная в таблице светимость обеспечивается без ограничения фазового объема накопителя, что особенно важно при инжекции частиц. С потерей вертикального фазового объема светимость в центральном месте встречи (A) можно поднять до  $10^{29} I^+(mA) E(\text{ГэВ})$ .

Время жизни

Вакуумное время жизни определяется однократным тормозным излучением и составляет  $\tau \sim 1,5 \cdot 10^{-4} / P(\text{торр})$  сек.

Время жизни обусловленное эффектом Тушека определяется следующим соотношением:

$$\tau = \alpha \frac{k \cdot \psi}{I (mA)}$$

где:

- $q$  - число спусков
  - $\alpha$  - представлено в таблице
  - $k$  - коэффициент связи
- азимутальный размер  $2\beta_e$  принят равным 15 см.

E(ГэВ)	0,45	1,0	1,5	2	4	5	6
$\alpha$	$0,8 \cdot 10^4$	$3,1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$	$6 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^8$	$2,7 \cdot 10^8$	$6 \cdot 10^8$



### 3. ДЕТЕКТОР МД-1

На рис. 2 показана уточненная схема расположения детектора МД-1 на установке ВЭПП-4 в здании I3. При энергии 7 ГэВ поле в МД-1 составляет 14 кГс, в доворотных магнитах 13 кГс. Максимальное поле в МД-1 16 кГс и в доворотных магнитах 15 кГс обеспечивают возможность подъема энергии в ВЭПП-4 до 8,5 ГэВ.

Система регистрации рассеянных электронов для изучения процессов двойного электророждения находится между линзой и доворотным магнитом. Система состоит из пропорциональных индукционных камер и сцинтилляционных счетчиков, расположенных с внутренней стороны орбиты, а также над пучком и под пучком, максимально приближенных к пучку, но не закрывающих апертуры. Эта система обеспечивает возможность регистрации рассеянных электронов с потерей энергии  $I4 \pm 50\%$ . Кроме того, предусматривается смещение положения орбиты по радиусу внутрь для регистрации электронов с меньшей потерей энергии. Так, при энергии 3,5 ГэВ можно регистрировать электроны с потерей энергии 5%.

Точность измерения энергии рассеянных электронов будет составлять 1%. Для этого необходима пространственная точность камер  $\delta < 200$  мкм и толщина выходного окна вакуумной камеры не более 100 мкм титана.

Сцинтилляционные счетчики и пропорциональные камеры, расположенные над пучком и под пучком, будут использоваться для измерения светимости по упругому рассеянию на малые углы. Кроме того, измерение светимости будет производиться по двойному тормозному излучению с помощью счетчиков полного поглощения.

На рис. 3 показан магнитный детектор МД-1. Он представляет собой прямоугольный соленоид закрытого вида с полезными размерами  $2,3 \times 2,3$  м<sup>2</sup>, зазор 1,8 м. Для определения траектории и типа частиц будут использоваться координатные, ливнево-пробегные и мюонные пропорциональные камеры, а также газовые черенковские счетчики и сцинтилляционные счетчики. Траектория час-

16

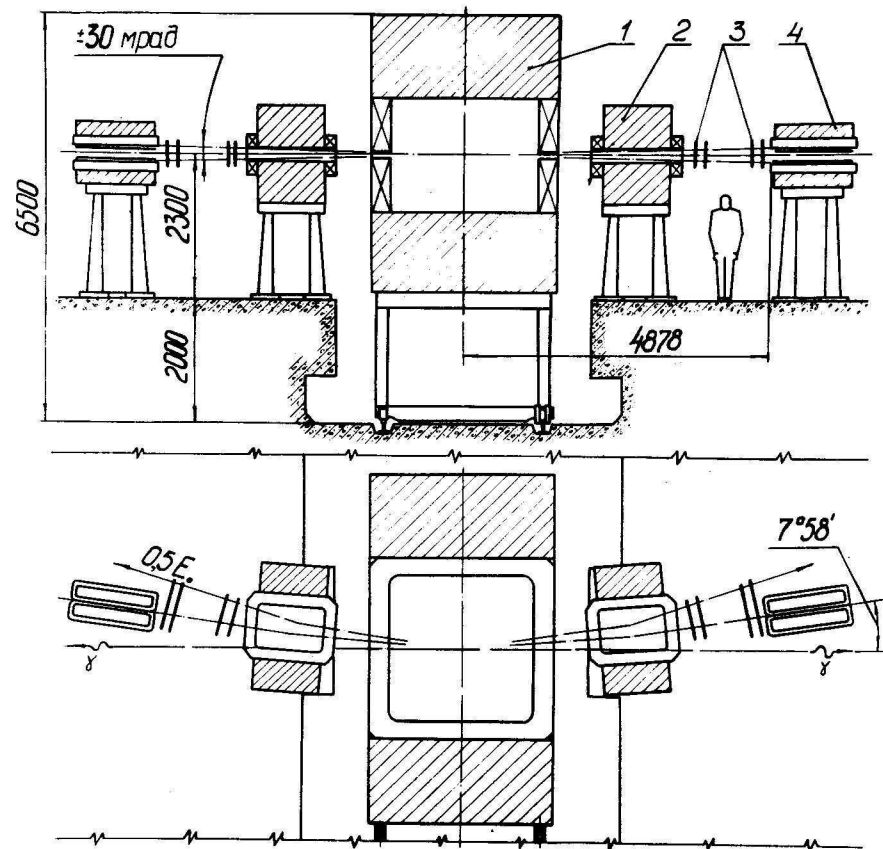


Рис. 2. Центральное место встречи на ВЭПП-4  
1 - детектор МД-1; 2 - доворотный магнит;  
3 - система регистрации рассеянных электронов;  
4 - линза.

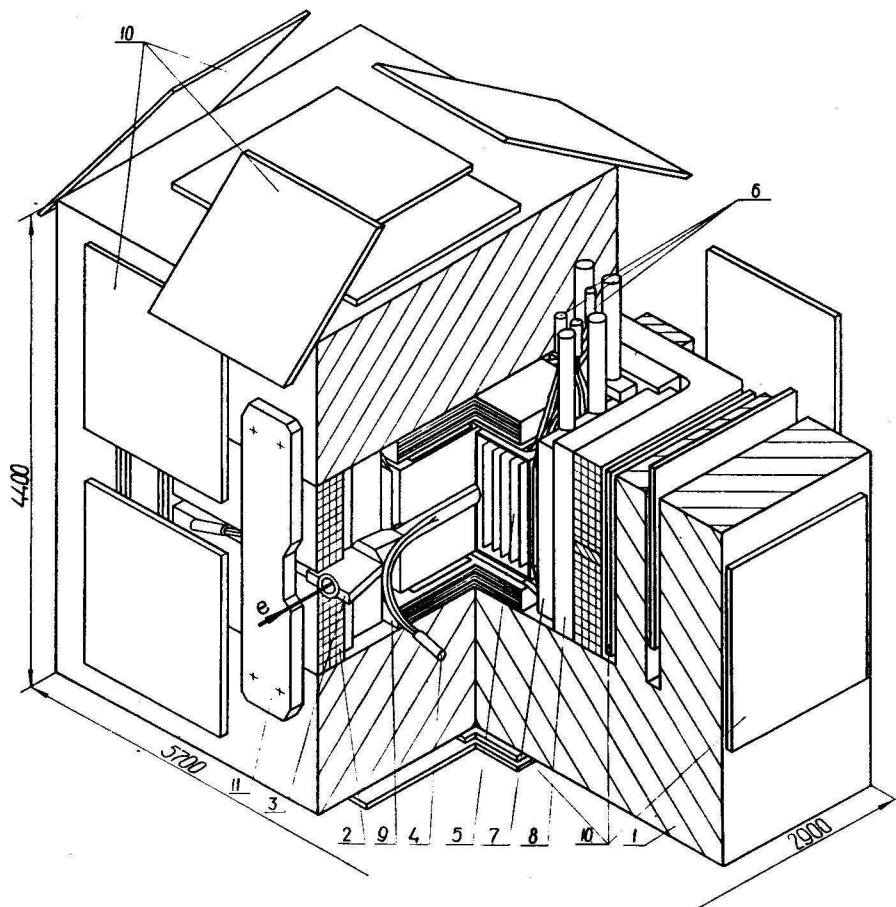


Рис. 3. Магнитный детектор МД-1:  
 I - ярмо магнита, 2 - медная обмотка, 3 - вакуумная камера,  
 4 - цилиндрический сцинтиляционный счётчик, 5 - координатные  
 пропорциональные камеры, 6 - сцинтиляционные счётчики, 7 - га-  
 зовый черенковский счётчик, 8, 9 - ливневопробежные пропорцио-  
 нальные камеры, 10 - мюонные пропорциональные камеры, II - под-  
 держка катушки.

тиц и их импульс будут измеряться с помощью 30 координатных камер размерами  $0,9 \times 1,0 \text{ м}^2$ , шаг анодных проволочек 2 мм. Для измерения пробега частиц, а также регистрации  $\gamma$ -квантов и определения их энергии будут использоваться ливнево-пробежные камеры на основе пластин из нержавеющей стали. Мюонные камеры находятся за обмоткой магнита, в ярме и за ярмом. Они предназначены для регистрации частиц с большим пробегом. Ливнево-пробежные и мюонные камеры имеют шаг на анодной плоскости 4 мм. Из соображений экономии электроники на этих камерах анодные проволочки спаиваются группами так, что на одну координатную плоскость ставится 16 каналов электроники. В ливнево-пробежных камерах с каждой координатной плоскости снимается сигнал для измерения амплитуды импульса.

С помощью ливнево-пробежных камер производится идентификация электронов с импульсом, большим 700 МэВ/с. При более низких энергиях используются газные черенковские счётчики.

Отделение мюонов от адронов производится по измерению ионизационных потерь в сцинтиляционных счётчиках и пробега в ливнево-пробежных камерах. При энергии, превышающей 700 МэВ, мюоны выходят за обмотку магнита и регистрируются мюонными камерами.

Порог срабатывания черенковских счётчиков для пионов 700 МэВ/с, для каонов 2,5 ГэВ/с. При импульсах, меньших 700 МэВ/с, пионы и каоны разделяются по ионизационным потерям.

Основные параметры МД: таблица 1.

В таблице 2 приведены данные о сечении регистрации основных процессов для энергии в пучке 3,5 и 7 ГэВ. Для оценки сечения многоадронных процессов при энергии 7 ГэВ принято отношение сечения адронных процессов к сечению аннигиляции в пару мюонов

$R = 6$ . Эта величина получена при энергии 3,8 ГэВ. Измерение ее при более высоких энергиях представляет первостепенное значение.

Для процессов двойного электророжения указаны сечения в условиях с регистрацией обоих рассеянных электронов, а также для некоторых реакций - без регистрации рассеянных электронов.



Таблица I

## Основные данные детектора МД-I

Магнит

Полезный объем поля	9,5 м <sup>3</sup>
Максимальное поле	16 кГс
Вес медной обмотки	40 т
Вес стали	400 т
Мощность при 16 кГс	3,5 МВт

Пропорциональные камеры

Координатные, размером 0,94x0,86 м <sup>2</sup>	30 плоскостей
Мюонные, размером 1,67x1,35 м <sup>2</sup>	80 плоскостей
Ливнево-пробежные, размером 1,63x0,79 м <sup>2</sup>	100 плоскостей
Малые ливневые, размером 0,4 x 0,3 м <sup>2</sup>	16 плоскостей
Число каналов электроники	16 тыс.

Газовые черенковские счетчики

Размеры	1,6 x 0,7 м <sup>2</sup>
Давление этилена	25 атм
Порог для пионов ( $n = 1,02$ )	700 МэВ/с
Число счетчиков	8
Число ФЭУ 58ДВП	32

Сцинтилляционные счетчики

Цилиндрические	2
Плоские размером 0,5 x 1,0 м <sup>2</sup>	12
Число ФЭУ 56 ДВП	28

Разрешение по импульсу

При 16 кГс и $p = 1 \text{ ГэВ/с}$	$\frac{\sigma_p}{p} = 3\%$
------------------------------------	----------------------------

Телесный угол

Регистрация частиц	0,90 x 4π
С анализом по черенковским счетчикам	0,58 x 4π

В первом случае приведены данные для двух положений пучка: "апертура" - система регистрации находится на границе апертуры; "пучок" - равновесная орбита сдвинута внутрь на расстояние до системы регистрации в пять среднеквадратичных размеров пучка.

Для реакции рождения  $\pi^0$  и  $h$ -мезонов приведены также данные для условий, когда требуется регистрация хотя бы одного рассеянного электрона.

Состояние дел на февраль 1976 г.

Магнит. Все секции обмотки магнита изготовлены на Опытном заводе. Испытания секций показали, что прочности катушки недостаточно, чтобы она могла работать без поддержки. В конструкцию магнита внесено изменение - теперь катушку с четырех сторон будет поддерживать ярмо.

Ярмо магнита находится в производстве на заводе им. Ефремова. В 1976 г. изготовление будет закончено.

Работа по конструированию системы юстировки и передвижения МД-I еще не начата. Начато конструирование вакуумной камеры в МД-I и доворотных магнитах.

Закончены строительные работы по изготовлению фундаментов для МД-I и доворотных магнитов. До середины 1976 года будет закончено строительство пультовой регистрации и наладочной площадки около нее.

Координатные камеры. Основой электроники пропорциональных камер является интегральная схема усилитель-формирователь К243 АГ1, разработанная в Павлово-Посаде по договору с нами. В 1975 году была изготовлена электроника на 1000 каналов и поставлена на 8 камер размерами 40 x 40 см<sup>2</sup>. Испытания показали высокое качество электроники. В настоящее время начаты работы по производству всей электроники. Изготовление логической части электроники и кабелей соединения камер с логической электроникой предполагается произвести на заводе "Тензор" в Дубне.

Сечение регистрации в нобарн для детектора МД-1

Реакция	2 x 1,5 ГэВ		2 x 3,5 ГэВ		2 x 7 ГэВ		Примечание
	апертура	пучок	апертура	пучок	апертура	пучок	
$e\bar{e} \rightarrow e\bar{e}$ $\gamma\gamma$ $\mu\mu$ $n$ hadr	110	20	5				$R = 6$ для 2 x 7 ГэВ?
	26	4,8	1,2				
	6,5	1,2	0,3				
	30	7	2				
$e\bar{e} \rightarrow e\bar{e} + \pi^0$ $+ Z$ $+ X^0$ $+ \psi$ (2800)	апертура	пучок	апертура	пучок	апертура	пучок	$(\text{Te} + 2\gamma)$ $\Gamma_{\gamma\gamma} = 1 \text{ КэВ?}$ $\Gamma_{\gamma\gamma} = 6 \text{ КэВ?}$ $\Gamma_{\gamma\gamma} = 10 \text{ КэВ?}$
	0,019	0,10	0,012	0,044	0,008	0,014	
	(0,19)	(0,33)	(0,13)	(0,30)	(0,064)	(0,13)	
$e\bar{e} \rightarrow e\bar{e} + e\bar{e}$ $+ \mu\mu$ $+ \pi^+\pi^-$	0,086	0,18	0,063	0,24	0,047	0,14	
	0,056	0,056	0,095	(0,20)	(0,19)	(0,28)	
			0,002	0,27	0,095	0,17	
			0,002	0,002	0,012	0,016	
							точечный

Заканчивается изготовление в лаборатории первой рабочей камеры, в ближайшее время начнутся ее испытания. Вся система координатных камер может быть изготовлена в 1976 г.

Ливнево-пробежные камеры. Разработка технологии изготовления пластин из нержавеющей стали толщиной 10 мм размерами 1,7 x 0,8 м<sup>2</sup> с требованием на отклонение от плоскостности  $\pm 0,1$  мм не дала желаемого результата. Удалось получить точность  $\pm 0,25$  мм. В настоящее время принято решение несколько увеличить толщину пластин, а также снизить требование на плоскостность с последующей калибровкой зазора камер по измерению амплитуды сигнала с тем, чтобы учесть эти данные при обработке эксперимента.

В производстве находится рабочий объем для ливнево-пробежных камер. Закончено конструирование вертикальных камер, а также малых ливневых камер. В ближайшее время будет закончено конструирование горизонтальных камер. Вся система ливнево-пробежных камер может быть изготовлена в ПТО в 1976 г.

Изготовлен и испытан первый образец электроники с линейным выходом.

Мионные камеры. Изготовлены и испытаны с электроникой две рабочие камеры (каждая с двумя координатными плоскостями). Испытания показали, что камеры имеют хорошие рабочие характеристики. В производстве находятся 10 таких камер.

На участке по изготовлению камер запущен в работу станок для натягивания проволочных плоскостей камер размерами до 2 x 2 м<sup>2</sup>. По договору с нами один из новосибирских заводов освоил выпуск залоченной проволоки из вольфрамового сплава. Испытания показали высокие прочностные характеристики проволоки. Заканчивается отработка технологии распайки проволоки на камерах.

Испытания ультразвуковой мойки камер показали, что такая мойка существенно снижает шумы камер. В настоящее время ведется конструирование ванны для ультразвуковой мойки.

Черенковские счетчики. Летом 1975 г. был изготовлен рабочий вариант счетчика. Гидравлические испытания счетчика закончились неудачно - в корпусе счетчика был брак. В начале 1976 г. изготовлен новый счетчик. Гидравлические испытания прошли успешно. Все счетчики в ПТО могут быть изготовлены в 1976 г.

Получены с завода первые рабочие образцы кварцевого стекла для окон счетчика.

Сцинтилляционные счетчики. Сделана эскизная прорисовка, конструирование не начато.

Камеры для регистрации рассеянных электронов. Ведется исследование работы индукционных пропорциональных камер. При испытаниях модели камеры с источником гамма-квантов с энергией 5,9 кэВ получена пространственная точность  $\delta = 50$  мкм. В настоящее время заканчивается изготовление системы камер для испытаний с релятивистскими частицами. Разрабатывается электроника для индукционных камер.

Система измерения светимости. Ведется работа по созданию счетчика полного поглощения с большой входной апертурой для регистрации  $\gamma$ -квантов двойного и однократного тормозного излучения. В 1976 году будет сконструирована система регистрации рассеянных электронов на малый угол.

Общая трудоемкость механических работ по ПТО оценивается в 120 тыс. н/час. Трудоемкость радиомонтажных работ по ПТО составляет 30 тыс. н/час, на внешний завод 18 тыс. н/час.

## ЗА. ДЕТЕКТОР "ОЛЯ"

В настоящее время детектор "ОЛЯ" установлен на накопителе ВЭПП-2М. В 1975 г. на детекторе был проведен первый цикл экспериментов. В последующие два года (76-77 гг.) предполагается закончить запланированные эксперименты. Кроме того, в течение этого срока на накопителе ВЭПП-2М должны начаться эксперименты с двумя новыми детекторами (большой нейтральный детектор и сверхпроводящий магнитный спектрометр), поэтому кажется целесообразным в конце названного срока перевести детектор "ОЛЯ" на ВЭПП-4.

По экспериментальным возможностям этот детектор, конечно, значительно уступает МД-1. Однако накопленный опыт работы с детектором, наличие готовых, достаточно сложных программ обработки экспериментальной информации дают определенные преимущества в проведении первых, качественных, экспериментов. Аппаратура детектора позволяет хорошо выделять электроны, мюоны и мезоны, рожденные в двухчастичных реакциях. В многочастичных событиях идентификация частиц затруднена и практически в эксперименте можно измерять множественность заряженных частиц и зависимость сечения процесса от энергии эксперимента.

Сечения регистрации основных процессов при энергии 2 x 4 ГэВ равны

$$\sigma_{ee} = 12 \text{ нбарн}$$

$$\sigma_{\mu\mu} = 0,7 \text{ нбарн}$$

$$\sigma_{\text{др}} = 5 \text{ нбарн (нерезонансное сечение)}$$

Минимальная светимость, необходимая для начала экспериментов, равна  $(0,5 - 1) \cdot 10^{29} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ .

Основные данные детектора "ОЛЯ":

Телесный угол  $0,65 \times 4\pi$

Порог запуска  $\eta$ -мезонов 45 МэВ

Полное число:

искровых камер 56



проволочек	$16 \cdot 10^3$
спинтилляц. счетчиков	32
фотоумножителей	40
Вес детектора	12 т.

Детектор "ОЛЯ" будет установлен на ВЭШ-4 в боковом месте встречи (место С).

Перестановка детектора "ОЛЯ" на ВЭШ-4 может быть осуществлена в течение трех месяцев.

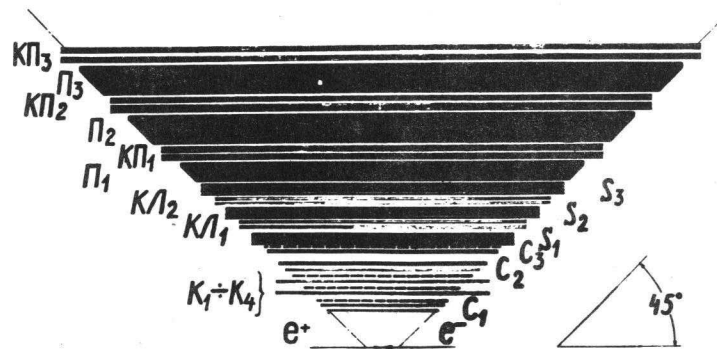
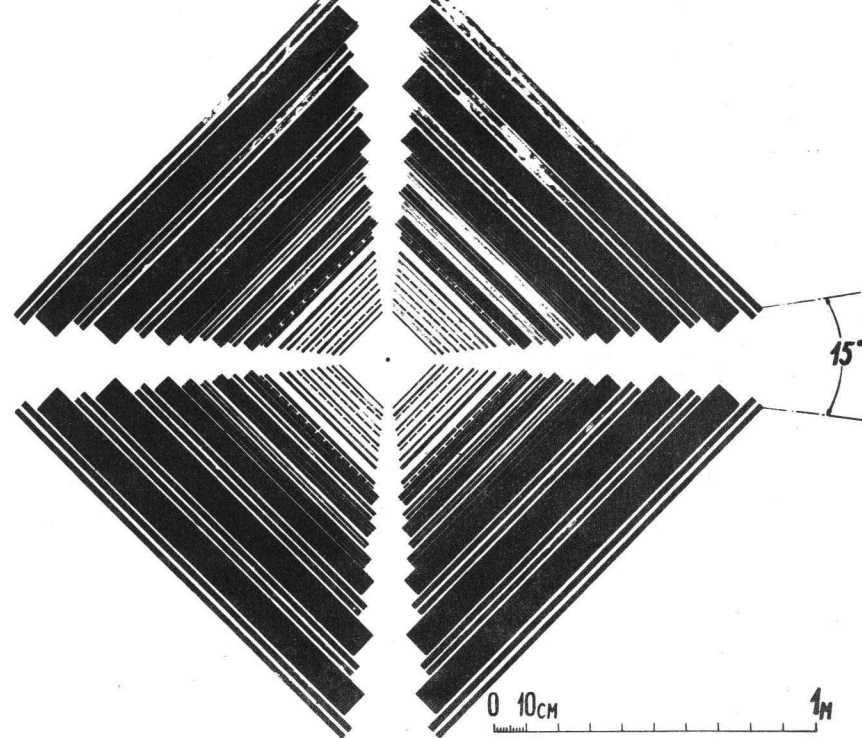


Рис. 4. Детектор "ОЛЯ":

$K_1+K_4$  - координатные проволочные искровые камеры;  $C_1$ ,  $C_2$  и  $C_3$  - запускающие спинтилляционные счетчики;  $S_1$  и  $S_2$  - спинтилляционный сэндвич;  $KЛ1$ ,  $KЛ2$  - "ливневные" искровые камеры;  $KП1$ ,  $KП2$  и  $KП3$  - пробегные искровые камеры,  $П1$ ,  $П2$ ,  $П3$  - пластины поглотителя.

#### 4. МАГНИТО-ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА ВЭПП-4

##### 1. Измерения и испытания элементов магнитной системы ВЭПП-4

В 1973 году полностью закончены измерения магнитов полуколец, которые проводились на старой стойке с обработкой на "Минск-22". На каждый магнит имеется технический паспорт, по результатам измерений построены гистограммы разброса параметров. Разброс магнитов по градиенту в линзе (нормировка осуществлялась по полю плоской части) находится в диапазоне  $\pm 1,5 \cdot 10^{-3}$  от среднего значения. В настоящее время проводится работа по переводу результатов измерений магнитов ВЭПП-4 с "Минска-22" на "Одру-1305". Предполагается провести дополнительные измерения запасных магнитов, исследование их остаточных полей и коррекций.

Закончено изготовление, отладка аппаратуры и программ для магнитных измерений с помощью ЭВМ "Одра-1325". Проведены на новой измерительной стойке измерения корректора и дублетов линз прямолинейного промежутка I5 зд. Точность измерения градиента на уровне 800 э/см была  $\pm 3 \cdot 10^{-4}$ , а разброс длин линз составил  $\pm 1,5$  мм при общей длине 1,25 м. Квадратичная нелинейность при этом равнялась 1 э/см<sup>2</sup>, кубичная 0,4 э/см<sup>3</sup>. Сдвиг магнитной оси линз относительно геометрической не превышал  $\pm 0,1$  мм.

В марте закончены измерения 5 линз экспериментального промежутка. Измерение спецлинз и магнитов I3 здания планируется на момент их изготовления в конце 1976 года. С этой целью проектируются приспособления для установки датчиков для магнитных измерений.

Закончено изготовление электроники для "Вертушки", с помощью которой будут проводиться измерения нелинейностей линз ВЭПП-4. В цех сданы чертежи для изготовления механики "Вертушки" (900 н/час).

##### Расчетные параметры магнитных элементов

Э л е м е н т	Длина по железу, см	Магнитная длина, см	Диаметр выписанной окружности (для линз) или ΔZ (для магнитов), мм	Количество витков в обмотках	В, кГс		I, см.ка или I, кГс/ка
					В, кГс/см	В, кГс	
Линзы Ш, ДЗ, Д5, Д7	124,7	127,6 <sup>1)</sup>	80	4 x 10	0,8763		1,57

Расчетные параметры магнитных элементов

Элемент	Длина по железу, см	Магнитная длина, см	Диаметр вписанной окружности или ΔZ (для магнитов), мм	Количество витков в обмотках	$\frac{B''}{I}$ $\frac{кГс}{см}$ для линз или $\frac{B''}{I}$ $\frac{кГс}{ка}$ для магнитов при $E=7 ГэВ$	$\frac{B'''}{I}$ $\frac{кГс}{см \cdot ка}$ или $\frac{B'''}{I}$ $\frac{кГс}{ка}$
Линзы П1, П3, П5, П7	124,7	127,6 <sup>1)</sup>	80	4 x 10	0,8763	1,57
Линзы П2, П4, П6, П8	"	"	"	"	0,8763	"
Линза IУ1	"	"	"	"	0,6651	"
Линза IУ2	"	"	"	"	1,4980	"
Линзы IУ3, IУ12	"	"	"	"	1,2278	"
Линзы IУ4, IУ11	"	"	"	"	1,7240	"
Линзы IУ14, IУ15	"	"	"	"	1,6292	"
Линзы IУ5, IУ10	"	"	"	"	1,3207	"
Линзы IУ6, IУ9	125,0	128	104	4 x 6	1,1253	0,56
Линзы IУ7, IУ8	123,0	128	140	4 x 14	0,9612	0,72
Линза IУ13	124,7	127,6 <sup>1)</sup>	80	4 x 10	1,8031	1,57
Затухатель	258,5	262	66 <sup>2)</sup>	9 x 20 <sup>3)</sup>	B = 1,94 B = 9,53	0,80 3,9
Д-магнит полукольца:						
а) плоский участок	218,9	223,9 <sup>1)</sup>	30	2	6,545	0,84
б) линзовый участок	108,1	111,4 <sup>1)</sup>	60 <sup>4)</sup>	2	B = 0,611 B = 3,301	0,08 0,42
Ф-магнит полукольца:						
а) плоский участок	218,9	223,9 <sup>1)</sup>	30	2	6,545	0,84
б) линзовый участок	108,1	111,3 <sup>1)</sup>	60 <sup>4)</sup>	2	B = 0,609 B = 3,305	0,08 0,42
Доворотный магнит (2 <sup>0</sup> )	52,0	58	30	16	14,45	6,70
Дополнительный магнит (30т)	107,6	125	200	112	до 9,4	7,04
Поворотный магнит (3т)	112,0	116	45	32	до 16,0	8,94
Корректор	14,0	21,5 <sup>1)</sup>	83	4x350	до 1,0	106
Секступоль	16,5	19	100	6x210	до 0,32 <sup>5)</sup>	12,7 <sup>6)</sup>
Окступоль	17,0	19	100	8x168	до 0,20 <sup>7)</sup>	8,1 <sup>8)</sup>
Повернутый квадруполь	17,0	23	130	2x510	до 0,38	15,2

1) Измеренная величина; 2) ΔZ на равновесной орбите (49 мм от нейтрального полюса);  
 3) магнит состоит из 8 участков, один из которых разрезан пополам; 4) ΔZ на равновесной орбите (54 мм от нейтрального полюса); 5)  $\frac{B''}{I}$   $\frac{кГс}{см^2}$ ; 6)  $\frac{B''}{I}$   $\frac{кГс}{см^2 \cdot ка}$ ; 7)  $\frac{B'''}{I}$   $\frac{кГс}{см^3}$

8)  $\frac{B'''}{I}$   $\frac{кГс}{см^3 \cdot ка}$

I.

В I  
колец, к  
"Минск-2"  
результат  
ров. Раз  
ствлялас  
 $10^{-3}$  от  
по перев  
на "Одру  
ния запа  
рекции.

Зак  
магнитны  
вой изме  
прямалин  
на уровн  
 $\pm 1,5$  мм  
этом рав  
линз отн

В м  
межутка.  
на момен  
ектируют  
измерени

Зак  
щью кото  
ВЭПП-4.  
ки" (900

28

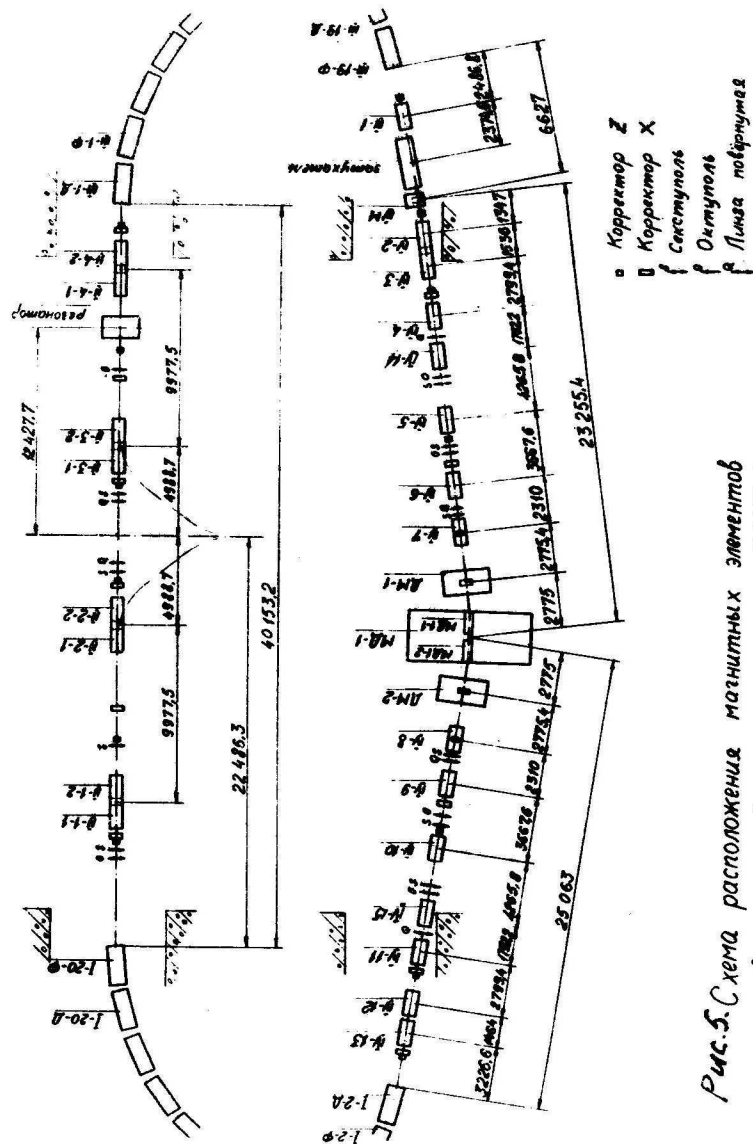


Рис.5. Схема расположения магнитных элементов  
в прямоугольных промежутках ВЭПП-4



Все имеющиеся обмотки коррекций в магнитах проверены на межвитковые замыкания. Кроме того, проверена их изоляция от ядра магнита.

К настоящему времени одна обмотка  $H_x$  и одна  $H_z$  имеют замыкание на ядро магнита; межвитковые замыкания имеются в 12 обмотках  $H'_{KB}$ ,  $2-H_{KB}$ ,  $1-\Delta H'$ ,  $1-\Delta H$ ,  $6-H'_x$ ,  $2-H'_x$ ,  $4-H_z$ . Кроме того, необходимо уточнить результаты измерений в 9 обмотках. Всего сейчас имеется 29 магнитов с неисправными или сомнительными обмотками, однако, оставшиеся достаточно для коррекции нелинейностей и управления орбитой.

## 2. Механические работы по кольцу ВЭШ-4

### Полукольца

Основные работы по полукольцам выполнены. Магнитные элементы с вакуумными камерами в них подвешены. Почти полностью выполнена коммутация токовых шин электромагнитов.

В конце 1975 г. в части I полукольца был нарушен вакуум, поэтому в ближайшее время будет произведен прогрев этой части вакуумной камеры. Остальные работы по полукольцам не связаны с нарушением вакуума. Основными из них являются работы по коммутации электропитания, по системам охлаждения и строительные работы.

#### I. Работы по коммутации электропитания.

Здесь относится окончание монтажа токовых развязок между магнитами, коммутация тока на торцах полуколец, разводка питания шин 7% коррекции, а также включение одного из резервных магнитов в цепь питания основного поля для калибровки и контроля.

II. По водяной системе необходимо завершить подвод дистиллята от дистилляторной к полукольцам, оборудовать коллекторы манометрами и сетками-фильтрами, подвести воду от коллекторов

к охлаждаемым элементам-насосам, приемникам синхротронного излучения, шинам коррекции. Кроме того, необходимо разработать и изготовить систему быстрого слива воды из полуколец.

III. Основными строительными работами в полукольцах являются:

1. Оборудование шахт в середине I и III полуколец для размещения электроники управления.
2. Настилка бетонного пола с мраморной крошкой.
3. Гидроизоляция стен туннеля в районе 6,26, 32, 40, 74 геодезических знаков и в радиальном туннеле между энергоцентром и III полукольцом.

Помимо этого необходимо наладить стационарное питание магниторазрядных насосов, поставить и подключить термодатчики, смонтировать дистанционный привод вакуумных "карманов", вводимых в камеры полуколец, разместить в "карманах" люминофоры для контроля прохождения первого оборота и смонтировать телекамеры.

### Промежуток I5 здания

Все 4 дублета линз поставлены на место, ведется монтаж шинпровода от линз до общего фидера питания.

Для запуска ВЭШ-4 на первом этапе (инжекция электронов и позитронов и подъем энергии до  $E = 3,9$  ГэВ) необходимо собрать и поставить на место вакуумные камеры линз, а также участки вакуумных камер между линзами и магнитами.

Всего в промежутке I5 здания предполагается разместить:

1. Инфлекторные пластины и пластины разведения пучков по Z - 8 пар.
2. Пикапы - 6.
3. Вакуумные "карманы" для размещения в них люминофоров и других систем наблюдения за пучком на впуске и первом обороте - 5.
4. Сетчатые пробники - 4.
5. Апертурные пробники - 8.

6. Датчики вдуваемого тока - 2.
7. Датчик циркулирующего тока - 1.
8. Широкополосный пикап - 1.
9. Резистивный датчик - 1.
10. Электростатический квадруполь - 1.
11. Пластины разведения по  $\mathcal{X}$  - 1 пара.
12. Резонатор - 1 (первая очередь).
13. Промежуток с выводом света, включающий 2 зеркала - 1.
14. Приемники излучения разные - 26.
15. Вакуумное оборудование, включающее насосы, шибера, автоматические аварийные клапаны, испарители, системы контроля вакуума и пр.
16. Корректоры орбиты - 12.
17. Секступольные линзы - 4.
18. Окступольные линзы - 3.
19. Повернутый квадруполь - 1.
20. Телекамеры с люминофорами - 5.
21. Впускные магниты с камерами - 2.

Помимо этого необходимо развести дистиллят и сжатый воздух по промежутку.

Основные конструкторские работы по промежутку завершены. Практически все заказы сданы в цех. Срок изготовления в цехе вакуумных камер в линзах - апрель, а камер между линзами - май-июнь 1976 г.

#### Промежуток I3 здания

Первый этап запуска ВЭЩ-4 предполагает работу без магнитного детектора в прямолинейном промежутке I3 здания; вместо него будут поставлены два магнита с малой апертурой.

В настоящее время завершены основные конструкторские работы по проектированию магнитных элементов промежутка. К ним относятся катушечный, 5 магнитов и 15 линз с различной апертурой. Заказы на эти элементы сданы в цех и находятся в разных стадиях изготовления: от обработки чертежей в технобюро до близкого выхода заказа из цеха.

Сейчас ведется конструирование вакуумной камеры промежутка с внутренней начинкой и элементами, располагаемыми вне ее. В промежутке I3 здания предполагается разместить:

1. Пластины разведения пучков по  $Z$  - 8 пар.
2. Пикапы - 8.
3. Вакуумные карманы - 4.
4. Сетчатые пробники - 4.
5. Апертурные пробники - 6.
6. Промежуток с выводом света, включающий 2 зеркала - 1.
7. Приемники излучения разные - 51.
8. Вакуумное оборудование, включая насосы, шибера, автоматические аварийные клапаны, испарители, системы контроля вакуума и пр.
9. Корректоры орбиты разные - 12.
10. Секступольные линзы - 6.
11. Окступольные линзы - 4.
12. Повернутые квадруполи - 4.
13. Телекамеры с люминофорами - 4.

Кроме того, необходимо выполнить большой объем работ по конструированию и изготовлению подставок для всех элементов, по их юстировке, а также по подводу воды и электропитания ко всем элементам. Срок выхода основных заказов из цеха - август-сентябрь 1976 г.

## 5. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ СИСТЕМА

Рабочая частота - 180,92 МГц (221 гармоника частоты обращения)

Число резонаторов - 11

10 из них, - основные, питаются от мощного в.ч. генератора. Один - вспомогательный, - для компенсации нестабильности, питается от в.ч. генератора меньшей мощности.

### В.ч. система первой очереди

Для питания одного (вспомогательного) резонатора используется усилитель "Базальт-200" (выходные лампы 4 ХГИ-50, общая мощность в.ч. - 160 кВт).

При подводимой к резонатору в.ч. мощности 80 кВт, (ограничение из-за нагрева фидера) амплитуда напряжения на резонаторе 1,2 МВ, ускоряющее напряжение 1 МВ. Максимальная энергия пучков в ВЭШ-4 2 x 3,9 ГэВ<sup>х</sup>.

Осталось провести следующие работы:

1. Фидерная трасса "Базальт-200" - I5 корпус, включая подвод воды к мосту сложения.
2. Дополнительная вентиляция каскадов "Базальт-200"
3. Приспособления для установки резонатора на место в I5 корпусе и для его транспортировки из корп. I3.
4. Доработка направленных ответвителей на входе.
5. Разработка дополнительных устройств для холодных измерений резонатора.
6. Дополнительные (с учетом особенностей ВЭШ-4) механизмы перестройки высших собственных частот резонатора.

<sup>х</sup>) Здесь и далее принято время жизни пучка по квантовым флуктуациям - 18 часов.

7. Прокладка коммуникаций от стойки управления к резонатору и от выпрямителя смещения; электромонтаж в главной пультовой.

8. Разработка стойки управления ВЧ первой очереди со следующими функциями:

- а) синхронизация ускоряющих напряжений ВЭШ-3 и ВЭШ-4,
- б) регулировка в.ч. мощности и защита от аварийных ситуаций;
- в) фазировка ускоряющего напряжения,
- г) автоподстройка резонатора.

Из разрабатываемых 27 наименований блоков осталось спроектировать 12 наименований, изготовить по одному блоку - 20 наименований, повторно изготовить - 7 блоков.

### Ориентировочная трудоемкость

По ПТО - 5000 нормочасов, по электромонтажу - 4 человеко-месяца; по радиомонтажу силами лаб. I3-20 человеко-месяцев.

### ВЧ система второй очереди

Для питания десяти основных резонаторов, предназначается разрабатываемый в Институте мощный в.ч. генератор - гирокон (проектная мощность 5000 кВт при кпд 80%).

Амплитуда суммарного напряжения 20 МВ (ожидаемое ограничение, - 2 МВ на резонатор, - по электрической прочности зазора) при подводимой в.ч. мощности - 2100 кВт. Ускоряющее напряжение при этом 16 МВ. Предельная энергия пучков 2 x 8 ГэВ<sup>х</sup>). При токах 2 x 10 мА мощность, расходуемая на пучки, 250 кВт. Общая мощность, которую необходимо подвести к резонаторам при этих токах ~ 2500 кВт. Проектная мощность генератора (5000 кВт) может потребоваться при токах по 100 мА на энергии 2x8 ГэВ.

<sup>х</sup>) См. предыдущую сноску.

## Основные этапы работ

### А. Гирокон

1. Испытание гирокона на 100 кВт в.ч. мощности, рассеиваемой в согласованной нагрузке (повторение результатов, полученных в 1975 г., но с водоохлаждаемыми внутренними деталями гирокона).

2. Испытание гирокона на 400 кВт в.ч. мощности (200 кВт - в резонатор, 200 - в нагрузку) после окончания сооружения испытательного блока резонаторов, фидерной трассы к нему, радиационной и быстродействующей защиты гирокона.

3. Испытание гирокона на 600 кВт в.ч. мощности (2 резонатора по 200 кВт, нагрузка - 200 кВт) после сооружения дополнительного участка фидера в блоке резонаторов, модернизации вентиляции и охлаждения блока гирокона и выполнения работ по результатам предыдущих этапов испытаний.

4. Испытание гирокона на 600 кВт в.ч. мощности при мощности в пучке ~ 2000 - 2500 кВт, после проведения работ по удвоению мощности электропитания, и дополнительных работ по защите гирокона и по системе развертки пучка.

### Б. Волноводная линия передачи в.ч. мощности от гирокона к 10 резонаторам

По предварительным оценкам линия представляет собой сварной прямоугольный волновод из алюминиевого листа ( $\delta \sim 2-3$  мм) с размерами сечения 1200 x 400 мм (допуски  $\pm 1$  мм) и длиной

120 м, - транспортная часть от гирокона до I5 корпуса, а также участок с размерами сечения 960 x 500 мм и длиной 30 м - распределительная часть в I5 корпусе. Этапы работ по линии:

1. Расчет и проектирование линии в целом, измерения на макетах.

2. Модернизация выводов энергии гирокона, разработка моста сложения, водноводно-коаксиальных переходов к гирокону и мосту, фазирующих волноводов, измерительных элементов.

3. Выходной волновод (с участком защиты), основной транспортный волновод.

4. Волновод-распределитель мощности, волноводно-коаксиальные переходы к десяти резонаторам.

### В. Изготовление и испытание основных резонаторов

1. Первая партия - 2 резонатора и необходимое технологическое оборудование (в том числе вакуумная печь).

2. Помещение для вакуумной сборки и холодной настройки. СВЧ-элементы 50-омного канала.

3. Вторая партия - 8 резонаторов.

### Г. Сборка и испытание ВЧ системы в кольце ВЭЩ-4

1. Система управления резонаторами, коммуникации из главного пульта и от выпрямителя смещения в корпус I5.

2. Дополнительная система управления гироконном с главного пульта.

3. Монтаж резонаторов и волноводной линии. Настройка и испытания.

### Ориентировочная трудоемкость по ПТО и КБ ВЧ второй очереди

А. Гирокон ~ 20000 нормочасов ПТО.

Б. Волноводная линия ~ 30000 нормочасов.

В. Резонаторы ВЭЩ-4: первая партия (и печь) осталось ~ 30000 нормочасов, вторая партия ~ 120000 нчас.

Г. Сборка и испытания в кольце и др. затраты ~ 10000 нормочасов.

Всего ~ 210000 н/час ПТО

по электромонтажу - п.п. А и Г ~ 15000 н/час;

по радиомонтажу в лаб. I3 - п.Г. ~ 20 чел.мес;



## 6. ВЭШ-3 - ИНЖЕКТОР ВЭШ-4

Модернизация ВЭШ-3 преследует выполнение следующих целей:

- 1) сделать из ВЭШ-3 инжектор  $e^-$  и  $e^+$  для ВЭШ-4, сохранив возможность получения встречных пучков в ВЭШ-3;
- 2) улучшить работу и повысить надежность отдельных систем;
- 3) расширить возможности ВЭШ-3 как источника синхротронного излучения.

1. Использование ВЭШ-3 в качестве инжектора  $e^-$  и  $e^+$  в ВЭШ-4 предполагает:

- а) выпуск  $e^-$  и  $e^+$  из ВЭШ-3 происходит по  $\Sigma$ -каналу на  $E = 1,8$  ГэВ;
- б) синхротрон Б-4 работает в режиме ускорения  $e^-$ ;
- в) инжекция  $e^-$  и  $e^+$  в ВЭШ-3 осуществляется по одному и тому же каналу (существующий канал  $e^-$ ), для чего сооружается новая конверсионная система (450 МэВ  $e^-$  250 МэВ  $e^+$ ), которая будет установлена перед впускным магнитом на канале  $e^-$ ;
- г) скорость накопления  $e^+$  в ВЭШ-3 должна быть увеличена до 200 мкА/мин вместо существующих 50 мкА/мин за счет повышения частоты инжекции с 1 Гц до 2 Гц, получения стабильного выпущенного тока из Б-4 на уровне (1,5 - 2) ампера, улучшения эффективности захвата  $e^+$  в ВЭШ-3.

2. Улучшение работы и повышение надежности отдельных систем комплекса предполагает:

- а) изготовление новой трубки на ЭМИТ, обеспечивающей инжекцию в Б-4 на энергии не менее 2,5 МэВ;
- б) переделку ввода питания шин магнита Б-4, позволяющей уменьшить в два раза напряжение на шинах относительно железа;
- в) постановку в синхротрон Б-4 пассивного резонатора для подавления фазовых колебаний при ускоряемом токе до 2А.
- г) постановку нового силового трансформатора на систему питания Б-4 для обеспечения работы при частоте повторения 2 Гц,

д) перевод системы питания канала Б-4 - ВЭШ-3 на новую стабилизацию с управлением от ЭВМ;

- е) замену вакуумной камеры в полукольцах накопителя ВЭШ-3,
- ж) замену вакуумных клапанов в прямолинейных промежутках ВЭШ-3,
- з) ремонт резонатора 76 МГц,
- и) постановка нового дефлектора для выпуска  $e^-$  и  $e^+$  из ВЭШ-3 на  $E = 1,5 - 1,8$  ГэВ,
- к) увеличение апертуры впускного окна и замена титановой фольги на фольгу из Ве на промежутке впуска  $e^-$ ,
- л) постановка феррозонда - измерителя тока в накопитель ВЭШ-3.

## 7. ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИЙ КАНАЛ ВЭПП-3 - ВЭПП-4

Схема размещения элементов канала приведена в предыдущем выпуске рабочих материалов.

В октябре 1975 г. начат монтаж магнитно-вакуумной системы канала. К настоящему моменту смонтированы и откачаны участки в 15 здании и зале Риуса. Осталось установить реперные знаки в туннеле для привязки к ВЭПП-3, квадрупольный дублет и 4<sup>0</sup> магнит в месте пересечения с  $\Sigma$ -каналом. Параллельно ведется работа по монтажу участка канала из Б-4.

Оставшаяся трудоемкость затрат на канал для запуска первой очереди ВЭПП-4 оценивается в 4 тысячи н/часов мастерских, что включает в себя изготовление импульсного трансформатора для ветви 90<sup>0</sup> поворота, токоподводов, креплений, приводов эмиссионных датчиков, люминофорных пробников.

По электромонтажным работам 400 н/часов займет изготовление гибких коаксиальных кабелей для высокоточной коммутации элементов.

Параллельно с монтажом в лаборатории ведутся контрольные испытания элементов: магнитные измерения, силовые испытания, вклеивание измерительных витков и относительная калибровка всех элементов.

Промерены элементы участка проводки пучка из Б-4, часть квадрупольных линз, два 34<sup>0</sup> магнита ветви ахроматического параллельного переноса.

Распределение поля в магнитах соответствует результатам, полученным на моделях при экспериментальных исследованиях по шиммированию токонесущих шин. Область однородности поля при  $H = 15$  кГс с  $\frac{\Delta H}{H} = 0,1\%$ , не приводящая к заметным абберационным эффектам, составляет 36 x 45 мм (апертура магнитов равна 40 x 60). Различие в эффективных длинах магнитов  $\sim 0,2\%$ , выбирается введением дополнительной индуктивности коррекции (магниты запитаны последовательно).

Магниты и линзы испытаны в режиме насыщения до 22,5 кГс (энергия инжекции 2,7 ГэВ). Эффективность их ( $\frac{H}{f}$ ) при этом падает на 7%<sup>в</sup> магнитах и 12%<sup>в</sup> линзах, а область поля с  $\frac{\Delta H}{H} = 0,1\%$  в магнитах уменьшается до размеров 12 x 12 мм при 20 кГс и 8 x 8 мм при 22,5 кГс.

При последовательном питании магнитов и линз для выравнивания величины поля в них может быть использована индуктивность коррекции или перестроена оптическая схема путем увеличения эффективных длин линз с помощью экранирующих втулок.

В лаборатории ведется также работа по выбору конструктивного варианта впускного магнита с минимальным ножом. После доработки вакуумной камеры участка впуска эффективный нож будет 3 мм при внешнем поле  $6 \cdot 10^{-4}$  Н<sub>0</sub> (1,8 мм токонесущая шина, 0,5 мм камера магнита, 0,8 мм участок камеры ВЭПП-4 над шиной, протяженностью 30 см из ст. 10, выполняющей роль магнитного экрана).

В этом варианте при инжекции с предварительным ударом накопленного пучка вертикальный акцептанс ВЭПП-4 в месте впуска будет составлять половину адмиттанса на кольце.

Для контроля за пуском и настройки оптики по траектории канала размещено 7 датчиков заряда, 19 люминофорных пробников (включая  $\Sigma$ -канал).

В дальнейшем для оперативного контроля за пучком через ЭВМ предполагается последовательно установить 15 эмиссионных или пролетных датчиков, часть из них установив вместо люминофорных пробников. Заказано в цех 8 приводов люминофорных пробников и два опытных экземпляра пролетного датчика.

## 8. ПИТАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КАНАЛА ВЭП-3 - ВЭП-4.

Электроннооптический канал ВЭП-3 - ВЭП-4 содержит 41 элемент. В это число входят поворотные магниты, линзы, нацеливающие катушки. Все элементы можно разбить по энергоемкости на две группы: первая - до 1 кдж; вторая - от 1 кдж до 50 кдж. Для питания элементов были разработаны два типа генераторов. Генераторы импульсного напряжения ГИМН-1,0 предназначены для питания элементов с энергоемкостью до 1 кдж. Основным конструктивом данных генераторов явился стандарт "Вишня".

Средняя мощность выпрямителя генератора - 300 Вт, стабильность напряжения на накопительной емкости обеспечивается не хуже  $10^{-3}$  при нестабильности питающей сети  $\pm 15\%$  и в температурном диапазоне  $(+10) - (+40)^\circ\text{C}$ .

Диапазон изменения напряжения от 5% до 100%.

Тиристорный коммутатор позволяет иметь на нагрузке токи двух полярностей.

Второй тип генераторов (ГИМН-5,0 и ГИМН-10,0) выполнен в виде двух шкафов. В первом, основном шкафу, размещены выпрямитель, тиристорный коммутатор, конденсаторная батарея на 5 кдж. Во втором шкафу размещается дополнительная конденсаторная батарея до 47 кдж.

Генераторы ГИМН-5,0 и ГИМН-10,0 отличаются только силовыми трансформаторами и платой высоковольтного выпрямителя.

Генератор ГИМН-5,0 комплектуется однофазным трансформатором на среднюю мощность 5 кВт, а генератор ГИМН-10,0 комплектуется трехфазным силовым трансформатором на среднюю мощность 10 кВт и соответствующей платой выпрямителя.

Стабильность напряжения на конденсаторной батарее в зависимости от комплекта радиоблоков ( $10^{-3} + 10^{-4}$ ) при нестабильности питающей сети  $\pm 5\%$  и в температурном диапазоне  $(+10^\circ\text{C}) - (+40^\circ\text{C})$ . Динамический диапазон регулирования напряжения - 4.

Тиристорный коммутатор, построенный по схеме встречно-параллельного включения, позволяет обеспечить питание элементов канала током двух знаков. Параллельные ветви коммутатора позволяют иметь нагрузки в нескольких направлениях.

Основным регулирующим элементом схем стабилизации генераторов ГИМН-1,0 и ГИМН-5,0 являются тиристоры, включенные в первичную цепь питания. Регулирование осуществляется изменением фазы поджига тиристоров.

Генераторы ГИМН-5,0 и ГИМН-10,0 выполнены автономными устройствами, имеющими в составе радиоаппаратуры следующие блоки:

1. Блок УВС - осуществляет контроль и синхронизацию переключения режимов генератора, позволяет с помощью стрелочного прибора контролировать напряжение конденсаторной батареи, ток зарядный и ток нагрузки.

2. Блок МКС - преобразует аналоговые и импульсные параметры генератора в двухпозиционные сигналы и подготавливает для введения в систему сбора данных. При работе без ЭЭМ осуществляет индикацию выхода генератора из режима.

3. Блок ГИЗ - генератор запускающих импульсов.

4. Блок УСОП - усилитель ошибки с ШИМ-преобразователем цифрового опорного сигнала, поступающего от системы связи с ЭЭМ.

5. Блоки ИКС - цифровой генератор опорного напряжения. Большие и малые генераторы располагаются в генераторном зале и связываются с нагрузками коаксиальными кабелями РК-50-17-17.

Включение, выключение, изменение полярности, выяснение причины отклонения параметров от нормы ведется программно через ЭЭМ. На пульте управления располагается мнемосхема канала с индикацией состояния генераторов.

Тепловая защита элементов канала заблокирована со схемой УВС генератора.

Через систему релейных коммутаторов на пульт подаются основные сигналы от генераторов.

Для питания выпускного магнита М1 из ВЭШ-3 проектируется генератор ГИМН-10,0М на тиристорах ТБ-400.

В настоящее время изготовлено и налажено 2 генератора ГИМН-10,0 с полным комплектом радиоблоков и 4 генератора ГИМН-1,0.

Испытания показали надежную работу генераторов на полную нагрузку. Стабильность напряжения конденсаторной батареи  $5 \cdot 10^{-4}$ . Генератор ГИМН-10,0 в комплекте для работы на две полярности позволяет коммутировать токи до  $8 \cdot 10^3$  А с частотой повторения до 5 герц.

Двенадцать нацеливающих катушек будут питаться от генераторов ГИМН-1,0. Элементы канала с емкостью более 1 кДж предполагается питать от 13 генераторов ГИМН-5,0 и одного генератора ГИМН-10,0. Выпускной магнит из ВЭШ-3 будет питаться от генератора ГИМН-10,0М.

Общая трудоемкость системы импульсного питания канала ВЭШ-3 - ВЭШ-4 составляет 25000 н/ч, из них 20000 н/ч по экспериментальной мастерской и 5000 н/ч по радиомастерской.

Выполнено на 1.Ш.76 г. 85% работ по ПТО.

В радиомастерской сдано в производство 90% радиоблоков. В мае 1976 года все работы по радиомастерской будут закончены.

Общая трудоемкость электромонтажных работ по системе импульсного питания составит 9000 н/ч. В это число входит монтаж генераторов ГИМН-5,0 и ГИМН-10,0, радиостоек, мешкафных соединений и кабельных трасс.

## 9. СИЛОВОЕ ПИТАНИЕ МАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ВЭШ-4

### 1. Общие требования к источникам питания

Система силового питания электромагнитов состоит из ряда источников стабилизированного тока с различными предельными значениями выходного тока и напряжения. Количество источников питания, а также их характеристики приведены в таблице. Требования к стабильности токов во всех магнитах примерно одинаковы - суточная нестабильность тока не должна превышать  $1 \cdot 10^{-4}$ . Для источников питания коррекций нелинейностей нестабильность тока не должна быть больше  $1 \cdot 10^{-3}$ . Все источники управляются от ЭЕМ через цифроаналоговые преобразователи. Для обеспечения возможности размагничивания материала магнитов все источники, в том числе и те, что в нормальном рабочем режиме однополярные, выполняются реверсивными.

### 2. Состояние проектирования системы питания

1. Электромашинный генератор ГПН-1650, предназначенный для питания электромагнитов полуколец, находится в состоянии готовности к эксплуатации. Блоки системы стабилизации в основном спроектированы.

При необходимости пробных включений магнитов полукодец в режиме без стабилизации тока схема управления может быть смонтирована в течение нескольких дней, в режиме стабилизации тока до 2 кА - может быть смонтирована и налажена в течение 1-2 месяцев с размещением шкафа в стабилизационной ВЭШ-3. Потребности в нормочасах для полного изготовления системы: радиомастерская 400 часов, цех 600 часов, электромонтаж 400 часов (не считая шинопровода).

2. Источником питания магнита МД-1 служит электромашинный генератор постоянного тока типа ГПС6300 с двигателем типа СДНЗ.



Потребление из сети 10 кв при номинальной нагрузке составляет 7200 кВА. Проектная загрузка генератора 3800 кВт при токе 7 кА и напряжении на магните ~ 545 В.

На 1.12.75 г. произведена черновая сборка агрегата.

Ориентировочная трудоемкость оставшихся электромонтажных работ 3400 н/часов.

Система стабилизации тока спроектирована, за исключением канала подавления пульсаций, который не понадобится, по крайней мере, до 1978 г., т.к. до этого времени магнит не будет установлен на кольцо, а для магнитных измерений пульсации тока существенной роли не играют. По трудоемкости система стабилизации для генератора ГПС-6300 равноценна системе для ГПН-1650.

3. Для обеспечения питания Ф и Д-коррекции в магнитах полуколец, квадрупольных линз прямолинейных промежутков, поворотных магнитов и затухателя требуется суммарно 23 реверсивных источника мощностью от 20 до 220 кВт каждый. 9 квадрупольных линз 13 корпуса будут питаться от стабилизированных реверсивных источников питания ШИМ-1200 мощностью до 25 кВт (1,2 кА, 22 в), разработка и изготовление которых ведется в настоящее время в ИЯФе. Для ускорения ввода комплекса ВЭП-4 в наладочный режим предполагается изготовление еще 9 таких источников для временного питания остальных магнитов, перечисленных выше, током до 1 кА, что позволит проводить работы на накопителе при энергии до 1,8 ГэВ. Потребности в норма-часах для изготовления 18 источников: радиомастерская - 5600 ч, цех 7000 часов, электромонтаж 2000 часов.

По совместной разработке на электротехническом заводе им.Калинина (г.Таллин) намечен выпуск реверсивных источников стабилизированного тока ИСТР-2500 мощностью до 120 кВт (2,5 кА, 48В). По мере поступления этих агрегатов будет производиться замена временных источников питания. Для включения источников необходимо провести работы по изготовлению антресолей в 13 корпусе, проводку необходимых электрических коммуникаций (в том числе шинопроводов) и обеспечить наладку поступающих

Таблица источников питания магнитной системы ВЭП-4

Наименование элемента ВЭП-4	E = 7 ГэВ		E = 1,8 ГэВ	
	Требуемый ток	Мощность с подвозом дамк	Требуемый ток	Мощность с подвозом дамк
				Предполагаемый источник питания



Таблица источников питания магнитной системы ВЭШ-4

Наименование элемента ВЭШ-4	E = 7 Гэв			E = 1.8 Гэв		
	Требуемый ток	Мощность с подводами	Предполагаемый источник питания	Требуемый ток	Мощность с подводами	Предполагаемый источник питания
1. Магниты полуколец (76 посл.)	7,8 кА	350 кВт	ГПН-1650	2,0 кА	25 кВт	ГПН-1650
2. 7% обмотка Ф (38 обм.последов.)	до 1,8кА	200 кВт	Модернизир. ИСТР-2500	до 0,3 кА	5,6 кВт	ШИМ-1200
3. 7% обмотка Д (38 обм.последов.)	до 0,6кА	25 кВт	ИСТР-2500	до 0,2кА	2,8 кВт	ШИМ-1200
4. Коррекция нелинейностей обмотка I (Ф и Д отдельно)	до 20 А	3,5 кВт каждая	ШИМ-25 2 шт.	до 20 А	3,5 кВт каждая	ШИМ-25 2 шт.
5. Коррекция нелинейностей обмотка II (Ф и Д отдельно)	до 50 А	12 кВт каждая	ШИМ-25 4 шт.	до 50 А	12 кВт каждая	ШИМ-25 4 шт.
6. Коррекция нелинейностей обмотка III (Ф и Д отдельно)	до 20 А	8,2 кВт каждая	ШИМ-25 4 шт.	до 20 А	8,2 кВт каждая	ШИМ-25 4 шт.
7. 15 корпус линзы Ф (П-2, П-4, П-6, П-8 посл.)	0,56 кА	17 кВт всего	ИСТР-2500	0,15 кА	1,2 кВт всего	ШИМ-1200
8. 15 корпус линзы Д (П-1: П-3, П-5, П-7 посл.)	0,56 кА	17 кВт всего	ИСТР-2500	0,15 кА	1,2 кВт всего	ШИМ-1200
9. Магнитный детектор МД-1	до 7 кА	3800 кВт	ГПС-6300	-	-	-
10. Дополнительные магниты ДМ-1, ДМ-2	до 2,5кА	160 кВт каждый	Модернизир. ИСТР-2500 2 шт.	до 0,65 кА	11 кВт каждый	ШИМ-1200 2 шт.
11. Спецлинзы Ду I40 (IУ-7, IУ-8)	1,2 кА	23 кВт каждая	ИСТР-2500 2 шт.	0,31 кА	30 кВт всего	ШИМ-1200
12. Спецлинзы Ду I04 (IУ-6, IУ-9)	1,8	23 кВт каждая	ИСТР-2500 2 шт.	0,45 кА	3,0 кВт всего	ШИМ-1200
13. Линзы IУ-5, IУ-10	0,82 кА	10 кВт каждая	ШИМ-1200 2 шт.	0,21 кА	1,3 кВт всего	ШИМ-1200
14. Линзы IУ-4, IУ-11	1,1 кА	15 кВт каждая	ШИМ-1200 2 шт.	0,28 кА	2 кВт всего	ШИМ-1200
15. Линзы IУ-3, IУ-12	0,82 кА	10 кВт каждая	ШИМ-1200 2 шт.	0,21 кА	1,3 кВт всего	ШИМ-1200
16. Линзы IУ-14, IУ-15	1,1 кА	15 кВт каждая	ШИМ-1200 2 шт.	0,28 кА	2 кВт всего	ШИМ-1200
17. Линза IУ-1	0,43 кА	3 кВт	ШИМ-1200	0,11 кА	0,2 кВт	ШИМ-1200
18. Линза IУ-2	0,93 кА	12 кВт	ШИМ-1200	0,25 кА	0,8 кВт	ШИМ-1200
19. Линза IУ-13	1,0 кА	13 кВт	ШИМ-1200	0,26 кА	0,9 кВт	ШИМ-1200
20. Затухатель	до 2,5кА	120кВт	Модернизир. ИСТР-2500	до 0,65 кА	8 кВт	ШИМ-1200
21. Доворотный магнит 2° (IУ-М)	22 кА	15 кВт	ИСТР-2500	0,57 кА	1 кВт	ШИМ-1200
22. Магнит МД-0 (в проекте)	1 кА	5 кВт	ШИМ-1200	-	-	-
23. Магниты поворотные МД-1, МД-2	до 2,3 кА	85 кВт всего	ИСТР-2500	до 0,6 кА	5,6 кВт всего	ШИМ-1200
24. Питание усилителей коррекции полукольца	2,5 кА	50 кВт	АНГМ-90 2 шт.	2,5 кА	50 кВт	АНГМ-90 2 шт.
25. Секступольные и другие линзы	до 25 А	2,5 кВт каждый	ШИМ-25 24 шт.	до 25 А	2,5 кВт	ШИМ-25 24 шт.



Потребл  
состав  
при тог  
Не  
Ор  
работ 3  
Сл  
канала  
ней мер  
установ  
ка суще  
лизации

3.  
дуколен  
ротных  
сивных  
польных  
реверси  
(1,2 кА  
настоящ  
в налад  
источни  
численн  
на нако  
сах для  
цех 700

По  
им.Кали  
стабили  
кА, 48В  
ая заме  
ков нео  
13 корп  
(в том

агрегатов ИСТР-2500.

Для установки одного ИСТРа требуется около 100 электромон-  
тажных нормо-часов (не считая шинопроводов). Время, необходимое  
для наладки, будет зависеть от качества поставляемых источников  
и ориентировочно составит 20-60 часов на один источник.

4. Питание обмоток коррекций нелинейностей в магнитах по-  
луколец, секступольных и октупольных линз (суммарно 34 канала  
с потребляемой мощностью 5-10 кВт каждый) будет осуществляться  
от тиристорных реверсивных усилителей, разработанных в институ-  
те. Изготовление усилителей будет производиться в институте  
(ориентировочно 60 часов р/м и 60 часов ПТО на один канал). Элек-  
тромонтажные работы составят до 100 н/ч на один канал.

5. Для питания усилителей 1% коррекций в полукольцах пред-  
полагается использование двух генераторов типа АНГМ-90. Генера-  
торы еще не установлены. Блоки управления генераторами будут  
изготавливаться по имеющимся разработкам на ВЭШ-3.

### III. Объем работ по проектированию и изготовлению системы питания

Разработаны общие блок-схемы систем стабилизации тока и  
частично электромонтажные схемы. Разработано около 80% элемен-  
тов (радиоблоков), входящих в систему питания. Часть блоков  
(около 20%) изготовлена. Ведутся конструкторские работы. Суммар-  
ная потребность в нормо-часах на 1976 г. по ПТО составляет  
20000 н/часов, по радиомастерской около 15000 н/часов. Для про-  
ведения электромонтажных работ потребуется 20000 н/часов, из  
них около 6000 н/часов на прокладку шинопроводов. Электропроек-  
тирование требует до 2000 часов.

## 10. КОРРЕКЦИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЦА ВЭП-4

(Равновесная орбита, вакуум, температура шин)

В проект систем коррекции магнитного поля и контроля параметров кольца внесено изменение, состоящее в том, что все элементы управления и контроля вынесены из полуколец и сосредоточены в 4-х местах: в двух комнатах в центре полуколец и в отдельных комнатах I3 и I5 зданий. Здесь же предполагается разместить аппаратуру сбора информации и дистанционного управления.

Блоки, за исключением пикап-станций и датчиков вакуума и температуры размещаются в радиационно защищенных зонах.

Предполагается, что такая компоновка существенно упростит электронику; кроме того, почти все ранее разработанные элементы будут использованы с минимальными переделками. Управление электроникой, размещаемой в комнатах и на кольце, предполагается осуществлять с главного пульта через ЭВМ.

### а) Для коррекции магнитного поля

В электромагнитах полуколец заложены следующие коррекции, рассчитанные на индивидуальное управление:  $z(H_x)$ ,  $x(H_z)$ ,  $\Phi(\Delta H_x)$ ,  $D(\Delta H_D)$ . Каждая обмотка рассчитана на ток до 10 А при напряжении 15 В. На прямолинейных промежутках X и Z коррекции будут осуществляться отдельными корректорами, а коррекции градиентов — дополнительными обмотками, расположенными на полюсах линз. Корректоры рассчитаны на ток 10 А при напряжении 15 В.

Для питания корректирующих обмоток (~ 320 каналов) используются усилители мощности, изготовленные в Нарве. Усилители и их вспомогательные источники питания разместятся в 6 шкафах

(имеющихся в наличии). Доработка шкафов составит около 1,5 тыс. нормочасов в механической мастерской. На первом этапе необходимо иметь все шкафы, но около 50% электроники. Электроника, помимо усилителей мощности, включает вспомогательные источники питания (изготовленные) и предварительные усилители, управляемые от ЦАП.

Опытный образец платы предварительных усилителей предполагается иметь в марте 1976 г. Всего необходимо 30 плат (около 3 тыс. нормочасов радиомастерской); на первом этапе — 16 плат.

Объем электромонтажных работ по изготовлению 6 шкафов коррекции составит около 5 тыс. н/часов и около 1 тыс. н/часов — электромонтаж внешних соединений. Проектирование электромонтажных схем предполагается закончить в марте 1976 г.

Для силового питания усилителей мощности предполагается использовать два генератора типа АНГМ-90, размещаемые по одному в дистилляторной и энергокорпусе.

б) Для измерения равновесной орбиты предполагается разместить на кольце 52 пикап-станции: по одной на элементе периодичности и I4 на прямолинейных промежутках.

Датчик пикап-станции электростатический, имеющий 2 пары пластин, измеряет смещение пучка по X и Z координатам. Для датчиков полуколец измерение в рабочей области  $\pm 25$  мм по X и  $\pm 12$  мм по Z. Датчики (за исключением двух с большой апертурой, находящихся в производстве) изготовлены и обмерены в лаборатории. Все датчики полуколец смонтированы в вакуумную камеру. В двух из них электроды закорочены на корпус, устранение закоротки возможно только при вскрытии вакуумной камеры.

Предполагается использовать пикап-станции как для измерения равновесной орбиты, так и для проводки пучка. В режиме измерения орбиты погрешность измерений по радиусу и вертикали при токах пучка более 1 мА не превысит  $\pm 0,5$  мм включая погрешности установки датчиков и калибровки.



В настоящее время закончена разработка пикап-станции, изготавливается ее опытный образец. Механика и часть электроники переданы в мастерскую для изготовления. Объем работ по пикап-станции составит: около 5 тыс. н/часов механика и около 3 тыс. н/час электроника. Схемы пикап-станции, предназначенные для наблюдения первого оборота и равновесной орбиты, могут изготавливаться независимо. Фильтры, формирующие частотную характеристику датчиков пикап-станции, изготовлены и испытаны.

Заканчивается разработка обрабатывающей электроники. Опытные образцы схем предполагается иметь в марте-апреле 1976 г., затем испытание одного полного узла: пикап-станции + обрабатывающая электроника + ЗУ (запоминающее устройство) - март - май 1976 г. Серий из 24 плат и 8 блоков (около 1,5 тыс. н/часов) предполагается изготавливать в радиомастерской с мая - июня 1976 г.

Объем электромонтажных работ по системе измерения положения равновесной орбиты составит около 1 тыс. н/часов.

в) Измерение вакуума предполагается иметь по информации о токе магниторазрядных насосов (МРН) - около 250 точек. В датчике вакуума ток МРН преобразуется в частоту следования импульсов, которая измеряется специализированным частотомером. Частотомер осуществляет опрос датчиков и сохраняет информацию в собственном запоминающем устройстве для последующей передачи в ЭЕМ.

Разработка электроники датчика и обрабатывающей электроники в основном закончена. Передача заказа в радиомастерскую на изготовление датчиков - март-апрель 1976 г. (около 6 тыс. н/час); обрабатывающей электроники - май-июнь 1976 г. (около 1 тыс. н/часов).

г) Термоконтроль шин силового питания электромагнитов и линз предполагается осуществлять с использованием транзисторов в качестве датчиков температуры. Контролем предполагается охватить около 1 тыс. точек, что потребует 8 комплектов схем термоконтроля, работающих по принципу многоканального

АЦП. Анализ тепловой ситуации возлагается на ЭЕМ. Система термоконтроля не освобождает от необходимости иметь блокировки, сигнализирующие об отсутствии воды в водоохлаждаемых элементах, и не включает в себя эти блокировки.

В настоящее время разработка схем термоконтроля в основном закончена. Изготавливаются опытные образцы печатных плат и блоков (март-май 1976 г.). Передача в мастерскую для изготовления - май-июнь 1976 г. (около 2 тыс. н/час).

Проектирование электромонтажа предполагается закончить в апреле 1976 г. Объем электромонтажа всей системы около 2 тыс. н/часов.

## II. СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПУЧКАМИ

### Электромагнитные датчики и датчики на вторичных частицах

1. Электростатические пикап-электроды, предназначенные для наблюдения бетатронных, синхротронных колебаний и измерения среднего тока.

Узел содержит две пары пластин с линейными по измерению смещения пучка характеристиками.

Узел изготовлен и настроен. Для измерения среднего тока предполагается применить аппаратуру, аналогичную применяемой на ВЭП-3, с некоторой модернизацией. Разработка ее не составит трудности.

2. Резистивный широкополосный датчик тока с временем нарастания  $< 0,5$  нсек и чувствительностью  $5 \frac{В}{А}$ . Сигнал датчика снимается с резисторов, включенных в разрыв камеры. Для наблюдения сигнала планируется использовать стробоскопический осциллограф. При токах с амплитудой большей 1-3А, можно применять быстрые низко-чувствительные осциллографы однократного действия.

Датчики изготовлены и готовы к постановке.

3. Трансформаторный датчик, измеряющий распределение токов изображения пучка в стенках камеры. Распределение дается выходными сигналами 16 трансформаторов, включенных в разрыв камеры равномерно по азимуту ее сечения.

Этот датчик в силу своей широкополосности (время нарастания  $< 0,3$  нсек) можно использовать для измерения временных параметров пучка. При этом чувствительность с выхода одного трансформатора при центральном положении пучка составит  $0,3 \frac{В}{А}$ .

Датчик предполагается оснастить аппаратурой, аналогичной аппаратуре эмиссионных датчиков. Распределение токов вводится

в ЭВМ, где вычисляется положение центра тяжести пучка и форма поперечного сечения. При мгновенных токах больше 1А разрешение по смещению составит несколько мм.

4. Резонаторный датчик для измерения заряда пучка. В этом датчике производится интегрирование тока изображения пучка на емкости коаксиальной линии, образованной стенками камеры. Чувствительность датчика 1В на  $10^{10}$  частиц.

Датчики предназначены для измерения потерь пучка в канале и определения эффективности впуска. Электронная аппаратура датчиков включена в измерительную систему канала, связанную с ЭВМ. При циркулирующем пучке датчики в накопителе с помощью той же аппаратуры измеряют средний ток.

Датчик, размещенный в накопителе, сделан съемным. Он состоит из двух половин, охватывающих керамический промежуток камеры. При необходимости эти керамические промежутки можно использовать для размещения других датчиков.

Датчики находятся в производстве. Разработка электронной аппаратуры заканчивается.

5. Феррозондовый измеритель среднего тока с разрешением 10 мкА.

Все узлы датчика готовы, за исключением керамической камеры, которая изготавливается. Блоки электроники изготовлены, начата их наладка.

Измеритель разработан автономным, поэтому проводится некоторая доработка для связи его с ЭВМ.

6. Электростатические пикап-электроды, размещенные в кольце накопителя для измерения средней орбиты, будут использоваться для наблюдения первого оборота пучка. Для этого разностный и суммовый сигнал с каждой пары пластин отправляется в кабель, проложенный вдоль кольца. На конце каждого кабеля имеется усилитель, с выхода которого сигнал наблюдается на осциллографе. Подключение пикап-станций к кабелю в любой комбинации производится дистанционно с помощью ЭВМ.

7. Эмиссионный датчик имеет 16 проволок на каждую координату, шаг проволок и их диаметр выбирается соответственно задаче измерений. Сетка из проволок вдвигается в камеру электроприводом.

Сигнал с проволок с помощью электронного блока вводится в ЭВМ, где вычисляется положение центра тяжести пучка и форма поперечного сечения. При числе частиц в пучке больше  $10^8$  разрешение по смещению составит несколько мм.

Опытный датчик с блоком аппаратуры установлен на канале Б-3М-ВЭПП-2. Закончены испытания с пучком. При этом гистограмма сечения пучка наблюдалась на осциллографе. После изготовления первого серийного блока на этом же датчике будет опробована работа с ЭВМ.

Датчики и электронные блоки находятся в производстве.

Размещение датчиков на комплексе приведены в таблице. В ней даны количества устройств, соответствующие полной программе работ по комплексу. Очередность и объем ввода в действие систем будет уточняться.

#### Телевизионные системы

Для наблюдения за формой и траекторией пучка предполагается использовать 41 передающий телевизионный канал на камерах КТП-39: 18 камер в полукольцах и промежутках, 21 камера в каналах и 2 камеры для наблюдения за пучком по синхронному излучению.

В качестве устройства отображения предполагается использовать 10 видеоконтрольных устройств на трубках 16ЛК1Б, причем 4 таких устройства могут обслуживать произвольно 3 телевизионные камеры из 18 камер в полукольцах и 3 любые из 21 камер в каналах. Выбор необходимой камеры будет производиться с двух мнемосхем (полукольцо, канал), расположенных в главной пультовой (аналогично мнемосхеме на комплексе ВЭПП-2). Два видеоконтрольных устройства будут обслуживать непосред-

ственно камеры наблюдения за пучком по синхронному излучению, два - наблюдение за пучком в ВЭПП-3.

Все вспомогательное оборудование будет смонтировано в телевизионной аппаратной. Предполагается использовать долговременное консервирование изображения для последующего анализа на видеоманитофонах "ВК-1/2" и кратковременное (до следующего выстрела) - на запоминающих трубках типа "Муха". Макет подобного устройства был испытан в июне 1975 г. в группе телевидения. Изготовлен рабочий образец устройства, запущены в производство (в ИЯФ'е) 4 устройства:

Затраты рабочего времени.

- проектирование системы и кабельных трасс	- 1000н/час
- монтаж работы	- 3000н/час
- изготовление оборудования Р.М., цех	- 18000н/час
- реконструирование старых систем и наладка нового оборудования	- 1500н/час

---

23,5 т н/часов

- эксплуатация оборудования на комплексе ВЭПП-4	- 300 н/час в месяц
---	---------------------

#### Наблюдение по синхронному излучению

С помощью оптической системы наблюдения на накопителе ВЭПП-4 предполагается измерять ток в пучке, поперечные и азимутальный размеры, заполнение по сепаратрисам, а также обеспечить визуальное наблюдение за поперечными размерами пучка с помощью телевизионной установки.

Измерение тока пучка-с помощью ФЭУ, при одноэлектронной калибровке в рентгеновской области СИ. При достижении рабочего уровня токов - калибровка по показаниям магнитомодуляционного измерителя тока.

Измерение поперечных размеров - с помощью диссекторов. Ожидаемое разрешение около 0,15мм.

Измерение азимутальных размеров — с помощью быстрого диссектора. В связи с низкой частотой обращения частиц будет предусмотрен канал измерения с частотой развертки 180 МГц для получения разрешения 1–2 см длины ступка.

В настоящее время разработана и практически изготовлена система вывода света на накопителя. Предусмотрен вывод света по трем каналам с каждого направления движения частиц.

Большая часть аппаратуры будет изготовлена на основе существующих схем и конструкций. Часть блоков уже имеется в готовом виде.

Трудоемкость работы по оптическим системам около 10 тыс. н/час.

Наблюдение пучков на комплексе

Таблица

	Канал	ВЭПП-3	Канал	ВЭПП-4
	Б-4- ВЭПП-3		ВЭПП-3	
1. Пикап-электроды с линейной характеристикой	-	-	-	1
2. Резистивный датчик	-	-	-	1
3. Трансформаторный датчик	-	-	2	1
4. Резонаторный датчик	-	-	6	3
5. Феррозондовый измеритель	-	1	-	1
6. Наблюдение первого оборота в накопителе	-	+	-	+
7. Эмиссионный датчик	1	-	8	8

## 12. ОДНОБОРОТНЫЕ ПЕРЫПУСКИ ЭЛЕКТРОНОВ И ПОЗИТРОНОВ

Инжекция в ВЭПП-4 производится по вертикали снизу в промежутке П (здание 15). Для возможно более полного использования газовой объема накопителя принята схема инжекции с ударом накопленного пучка при помощи прединфлектора, установленного за полволны бетатронных колебаний до инфлектора. Позитронный инфлектор размещен в линзе П-2, прединфлектор — в П-6. Соответственно для электронов в П-7 и в П-3. Все инфлекторы имеют волновое сопротивление  $2 \times 25$  ом и работают в согласованном режиме на встречной бегущей волне. Ниже приведены расчетные параметры для инжекции из центров впускных магнитов на медианную плоскость при энергии 2 ГэВ.

	*) инфл. см	Толщина ножа <sup>xx)</sup> впускн. магнита см	Заброс при впуске см.	Угол впуска	Vзар. генера- тора кВ
электроны	$\pm 1,25$	0,8	2,58	$4,18 \cdot 10^{-3}$	85
позитроны	$\pm(1,1+1,65)$	0,8	2,66	$4,39 \cdot 10^{-3}$	75

\*) Пластины инфлектора позитронов устанавливаются под углом к медианной плоскости накопителя и их апертура уменьшается по ходу пучка в соответствии с изменением огибающей вертикальных бетатронных колебаний.

xx) После доработки впускных магнитов толщина ножа будет уменьшена до 3 мм.

Переходный процесс воздействия инфлектора на пучок составляет 12-15 нсек, пластины имеют длину 155 см. Питание инфлекторов и прединфлекторов осуществляется от двух генераторов, которые при помощи коммутаторов будут поочередно подключаться к электронным либо позитронным пластинам. Взамен применяющихся до настоящего времени генераторов разрабатываются более простые и дешевые генераторы спаренных разнополярных импульсов на одном разряднике с рабочим напряжением до 100 кв. и волновым сопротивлением 12,5 Ом. Опытный образец такого генератора изготовлен в ПТО и в настоящее время монтируется для проведения стендовых испытаний. Если 12,5 - омные генераторы обеспечат приемлемую форму импульса, то для питания системы инжекции ВЭШ-4 будет достаточно 2-х разрядников (в противном случае их будет 4).

Для выпуска электронов и позитронов из ВЭШ-3 разрабатывается короткозамкнутый дефлектор с отклонением пучка магнитным полем, который будет установлен на выходе из линзы П-5 (по ходу пучка). Для его питания проектируется реверсивный тиратронный генератор с искусственной двойной формирующей линией на тиратронах ТТИ-1000/25. Питание к дефлектору будет подводиться пятью параллельными кабелями РК-50-17-12. Ниже приведены расчетные параметры режима выпуска:

Энергия выпуска	2,0 ГэВ
Заврос	1,5 см
Длина дефлектора	50 см
Ток дефлектора	2,7 кА
Зарядное напряжение генератора	16 кВ

В связи с переделками в Б-4 дефлектор синхротрона будет заменен на короткозамкнутый и установлен в промежутке выпуска, выпуск будет производиться через оборот после удара дефлектора. Для его питания требуется 25-омный генератор, работающий на несогласованную нагрузку, он может быть собран на

2-х разрядниках новой конструкции. Проектные параметры выпуска Б-4 на энергии 450 МэВ приведены ниже.

Размеры области с неоднородностью поля	$\pm 15\% \ 2\alpha_x \times 2\alpha_z$	1 x 0,5 см <sup>2</sup>
Радиальная апертура дефлектора		1,4 см
Длина дефлектора		20 см
Волновое сопротивление		105 Ом
Заброс пучка на выпуск		1 см
Ток дефлектора		2,9 кА
Зарядное напряжение 25-омного генератора		80 кВ

Для замены старого генератора инжекции в ВЭШ-3, работающего на 3-х разрядниках, необходим генератор (аналогичный генератору для инжекции в ВЭШ-4) на одном разряднике новой конструкции.

Таким образом, для обеспечения быстрых переключений комплекса Б-4 - ВЭШ-3 - ВЭШ-4 необходимо иметь:

	Количество генераторов	Количество разрядников
1. Инжекция в ВЭШ-4 с ударом электронов и позитронов	2	2(+2) х)
2. Выпуск из Б-4	1	2
3. Инжекция электронов и позитронов в ВЭШ-3	1	1
4. Резерв (ЗМП)	1	1
	Всего	6(+2)х)
	Изготовлено	2
	Требуется дополнительно изготовить в ПТО	4(+2)х)

х) 2 разрядника дополнительно могут потребоваться для инжекции в ВЭШ-4, если при испытаниях выяснится, что отклонения формы импульса от прямоугольной превосходят допустимую величину в 12,5 - омных генераторах.



Генератор дефлектора ВЭШ-3 может быть изготовлен в лаборатории. Все генераторы размещаются в высоковольтном блоке на 2 этаже здания 13 под блоком системы "Выпуск-Впуск" ВЭШ-3. После запуска новой системы старый в/в блок, пульт и шкафы управления могут быть демонтированы и заняты под другие системы комплекса.

### 13. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПУЧКАМИ

Для уменьшения эффектов электромагнитного взаимодействия встречных пучков электронов и позитронов предусматривается возможность разведения орбит пучков по  $Z$  и по  $X$ , и частот бетатронных колебаний.

К настоящему времени рассмотрены способы разведения орбит в одногустковом режиме накопления электронов и позитронов. В местах встречи А, В, С, А-П, С-П разведение осуществляется вертикальным искажением орбит, локализованным вблизи этих мест встречи. Радиальное разведение осуществляется одновременно по всем местам встречи при наличии искажения орбит по всему кольцу. Результаты расчетов приведены в таблице I. По каждому варианту разведения указаны используемые пластины и величины напряженностей электрических полей. Данные приведены для энергии  $E = 1.8$  ГэВ и величины разведения в местах встречи по разным направлениям  $2 \Delta Z^* \sim 10 \text{ б}_z$  и  $2 \Delta X^* \sim 10 \text{ б}_x$ . Вертикальный размер пучка брался из расчета коэффициента связи  $X-Z$  бетатронных колебаний в  $1/20$ . Каждый способ разведения характеризуется его эффективностью:

$$\eta = \frac{\Delta Z^*}{\sqrt{\beta^*}} / \frac{\Delta Z_{\max}}{\sqrt{\beta_{\max}}}, \quad \text{где}$$

$\Delta Z^*, \beta^*$  - величина искажения орбиты и величина  $\beta$  - функции в месте встречи

$\Delta Z_{\max}, \beta_{\max}$  - величина максимального искажения орбиты в рассматриваемом варианте и  $\beta$  - функция в месте максимального искажения орбиты.

Предусматривается возможность работы в многоструктовом режиме, Выбор кратности ВЧ  $q = 221$  и частоты бетатронных колебаний  $Q_z = 9,1$  предопределил максимальное число ступок - (6), которые могут быть достаточно эффективно разведены в полукольцах. В этом режиме появится необходимость сведения пучков в ме-

стах проведения экспериментов. При этом требование к точности измерения и стабильности электрического напряжения  $\Delta u/u \sim 5 \cdot 10^{-3}$ .

Сведение орбит потребует также в одногустковом режиме при проведении эксперимента в месте встречи В с одновременным разведением в В-П.

Сдвиги частот бетатронных колебаний, обеспечиваемые электростатическими квадрупольями № 1 и № 2 на энергии  $E=1.3$  ГэВ, равны соответственно:

$$\Delta Q_z = 0,37 \cdot 10^{-3} U \text{ (кВ)}; \quad \Delta Q_x = 0,26 \cdot 10^{-3} U \text{ (кВ)}$$

$$\Delta Q_z = 0,53 \cdot 10^{-3} U \text{ (кВ)}; \quad \Delta Q_x = 0,16 \cdot 10^{-3} U \text{ (кВ)}$$

Электростатические квадрупольи размещены в техническом промежутке между магнитом I-20 Ф I-полукольца (в ИО см) и линзой П-I. Пластины разведения в линзах П-I, П-4, П-5, П-8, IV-3, IV-4, IV-5, IV-7, IV-8, IV-10, IV-11, IV-12. Пластины в линзах П-2, П-3, П-6, П-7 заняты инжекторами удара и предудара для инжекции  $e^-$  и  $e^+$  в ВЭПП-4.

Технические характеристики пластин разведения, квадрупольей и вводов к ним приведены в таблице 2. В настоящее время выпущены рабочие чертежи на все квадрупольи, пластины разведения и в/в вводы и переданы для изготовления. Разработка и изготовление внешних устройств электростатики пока не ведется, чтобы не отвлекать производственные мощности от работ I-й очереди. При пусконаладочных работах можно воспользоваться внешними устройствами "электростатики" ВЭПП-3. Однако, уже для экспериментов с двумя накопленными пучками в одногустковом режиме потребуются изготовление в/в блока с 12-ю стабилизированными дуополярными источниками постоянного тока с рабочим напряжением  $0 + 30$  кВ и  $0 + 60$  кВ. Необходимы 24 фильтр-нагрузки и другое оборудование. Это потребует около 15000 н/ч ПТО, 8 чел.мес. НКО, 1000 н/ч радиотехнических работ, 1500 н/ч электромонтажных и 5 чел.мес. на электропроектирование и пусконаладочные работы.

Режимы разведения для разных мест встречи  $E = 1.8 \text{ ГэВ}$ 

Место разведения орбит	Место расположения пластин	Рабочая длина пластин $L, \text{ мм}$	Зазор между пластинами $2A_z, \text{ мм}$	Рабочая напряженность $E_{кВ}/\text{см}$	Эффективность $\eta, \%$	
<u>Вертикальное разведение</u>						
A	IY-5	I460	38	0,44	100	
	IY-7	I518	60	0,60		
	IY-8	I518	60	0,60		
	IY-10	I460	38	0,44		
C	IY-4	I474	38	0,17	100	
	IY-5	I460	38	0,12		
	IY-7	I518	60	0,10 $10^{-1}$		
B	IY-11	I474	38	0,11	100	
	IY-10	I460	38	0,12		
	IY-8	I518	60	0,10 $10^{-1}$		
A - П	П-4	I480	18	0,47	67	
	П-8	I480	18	0,47		
C - П	<u>Z-пластины эл.квadrуполей № 2</u>		927	$\Phi 100$	0,81	93
	П-1	I480	38	-0,38		
	П-4	I480	18	0,28		

Радиальное разведение

A	X-пластины эл.квadrуполей № 1	927	$\Phi 100$	6,17	100
B					50
C					75
A - П					80
B - П					13
C - П					70

Таблица 4

Технические характеристики пластин разведения  
квадруполей и в/в вводов к ним

Наименование устройства	волновое сопротив- ление пластин см	испытатель- ное напря- жение кВ	Рабочее напряже- ние кВ
Электростатические квадруполи	50	$\pm 60$	$\pm 50$
Электростатические диполи в линзах П-1; П-5; IV-3; IV-4; IV-5; IV-7; IV-8; IV-10; IV-11; IV-12.	25	$\pm 35$	$\pm 30$
Электростатические диполи в линзах П-2; П-3; П-4; П-6; П-8.	25	$\pm 45$	$\pm 40$
Универсальный в/в ввод	60	$\pm 85$	$\pm 50$

ст  
из  
~  
пр  
на  
тр  
ра

про  
лин  
IV-  
лин  
ра

лей  
выпу  
ния  
гото  
чтоб  
реди  
ними  
спер  
жме  
ными  
пряже  
ки и  
8 чел  
ктром  
налад

#### 14. УПРАВЛЕНИЕ КОМПЛЕКСОМ ВЭПП-4

##### 1. Управляющий центр комплекса ВЭПП-4

Использование ЭВМ для управления установками ВЭПП-3, ВЭПП-2М, НАП показало перспективность такого способа управления. Надежность ЭВМ и систем связи оказалась удовлетворительной. Полученный опыт позволил принять решение ориентироваться при создании комплекса ВЭПП-4 на управление установками полностью от ЭВМ.

Исходя из имеющихся на конец 1975 г. представлений и возможностей, для управления комплексом ВЭПП-4 выделяется 5 ЭВМ типа ОДРА-1325, которые предполагается распределить следующим образом:

а) накопитель ВЭПП-4, канал ВЭПП-3 - ВЭПП-4 - одна ЭВМ с оперативной памятью 32К 24-разрядных слов,

б) накопитель ВЭПП-3, канал Б-4-ВЭПП-3 - одна ЭВМ с оперативной памятью 32К слов,

в) на период наладки канал ВЭПП-3 - ВЭПП-4 - одна ЭВМ с оперативной памятью 16К слов,

г) установка "Гирокоп" - одна ЭВМ с оперативной памятью 16К слов,

д) резервная ЭВМ с оперативной памятью 32К слов.

Наличие нескольких ЭВМ, управляющих единым комплексом, приводит к необходимости разработки системы межмашинной связи для обмена оперативной информацией.

а) внешняя память на магнитных барабанах для ЭВМ ВЭПП-4 256К слов ЭВМ ВЭПП-3 192К слов; для двух остальных ЭВМ вопрос обеспечения внешней памятью будет решаться.

б) возможность для всех ЭВМ оперативного доступа к внешней памяти на магнитных лентах через специально разработанный переключатель,

в) читающее устройство с перфоленты с подключением вручную в каждой ЭВМ через существующий переключатель интерфейса.

г) матричное печатающее устройство типа DZM - 180 по одному на каждую ЭВМ,

д) алфавитно-цифровой дисплей типа VD-340 (видеотон) по 2-3 устройства на каждую ЭВМ,

е) графический дисплей для ЭВМ ВЭПП-3 (1 устройство) и для ЭВМ ВЭПП-4 (1-2 устройства),

ж) устройства связи с объектами управления по 1-2 на каждую ЭВМ.

Работы по оснащению вычислительных машин указанными выше устройствами можно разделить на 2 группы:

а) усилия по приобретению следующих устройств:

Тип устройства	Страна-изготовитель	Кол-во шт.	Цена руб.	Стоимость руб.
DZM - 180	Польша	6(включая 2 резервн.)	4800	28800
Дисплей VD - 340	Венгрия	9(включая 2 резервн.)	10800	97200
Графический дисплей	Англия или другая страна	3	13000	39000
Дополнительная память для ЭВМ 16К	Польша	1	50000	50000

Итого общая сумма затрат порядка 215000 рублей.

а) Разработка и изготовление электроники своими силами:

1. Переключатель магниторонов.  
разработка и отделка-90 человеко-дней  
Изготовление-40 н/часов

2. Межмашинная связь.  
Разработка и отделка - 90 человеко-дней  
Изготовление - 200 н/часов

3. Электроника для подсоединения DZM-180 и графического дисплея к ЭВМ.

Разработка и отделка - 80 человеко-дней



Изготовление - 7 x 150 = 1100 н/часов

Итого общая сумма затрат:

на разработку и отделку - порядка 300 человеко-дней  
на изготовление - 2000 н/часов.

## 2. Аппаратура передачи данных.

АПД состоит из двух блоков связи (БС) на каждую ЭВМ, осуществляющих взаимодействие ЭВМ с оконечными устройствами (ОУ) на установках (ЦАПы, АПД и т.п.). Каждое ОУ снабжается схемой сопряжения, состоящей из встроенной станции и регистра сдвига. Взаимодействие блока связи с ОУ осуществляется старт-стопным методом массива или отдельными словами с последовательным доступом к ОУ. Подключение ОУ к блоку связи осуществляется с помощью трехступенчатого коммутатора линий передачи (магистральные станции S7, S6, S5), управляемого также блоком связи. Способ передачи - последовательным двуполярным самосинхронизирующимся кодом по двум, попарно коммутируемым радиочастотным кабелям. Длина слова зависит от типа ОУ и может быть от одного до восьми знаков (знак = 6 бит). Все блоки АПД развязаны трансформаторами от линий передачи.

Группа оконечных устройств в каждом крупном узле накопительного комплекса (таких, например; канал ВЭПП-3 - ВЭПП-4, четверть кольца, система питания, ВЧ и т.д.) снабжается своим комплектом магистральных станций S7, S6, S5, которые подключаются к блоку связи через разветвитель последовательных каналов (РПК). Это позволяет перевести управление такими узлами на любую из ЭВМ (если возникнет необходимость) без изменений в структуре системы передачи данных. Избыточность в адресах позволяет расширять сеть сбора данных и добавлять объекты управления по мере возникновения в этом необходимости.

## 3. Комплект радиоэлектронной аппаратуры для управления и сбора данных

Решение задачи управления комплексом ВЭПП-4 требует разработки и изготовления большого количества измерительных и испол-

нительных устройств. Ниже приведен перечень с краткими характеристиками и состоянием разработки на 1 марта 1976 г. Отсутствие комментариев о состоянии разработки означает, что прибор спроектирован и испытан на предыдущих системах и речь идет только о повторении.

### а) Устройства для вывода информации из ЭВМ

1. Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) на основе омиической декодирующей сетки  $R-2R$ . Погрешности коэффициента деления  $10^{-4}$ . Разрядность: I2 и I6.

2. Многоканальный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП-12-64) на основе буферного запоминающего устройства, позволяющий осуществлять управление по 64 каналам. Погрешность  $10^{-3}$ . Разрядность: II + разряд знака. Цикл коммутации 64-х каналов: 20 мсек. ЦАП 12-64 будет использован для управления коррекциями орбиты накопителя ВЭПП-4.

Закончено проектирование, опробованы основные узлы. В мае 1976 года предполагается выдача заказов в радиомастерскую на полное количество ЦАП 12-64.

3. Для управления магнитными системами разработан прецизионный цифро-аналоговый преобразователь на основе широкоимпульсной модуляции (ЦАП-ШИМ-I). Погрешность преобразования  $2 \cdot 10^{-5}$ . Время установления - 60 мсек.

ЦАП-ШИМ-I входит в комплект ИСТР-2500 и изготавливается на заводе ТЭЗ им.Калинина (г.Таллин).

4. Для управления системами, требующими меньшей точности (стабилизаторы напряжения на конденсаторных батареях импульсных генераторов, сильноточные коррекции и некоторые линии ВЭПП-4 и т.д.) разработан ЦАП-ШИМ-2, погрешность преобразования  $2 \cdot 10^{-4}$ . Время установления 0,4 сек. Прибор состоит из двух частей: цифровой и аналоговой. Первый блок (ПКС-I6) осуществляет преобразование цифрового кода в сигнал с ШИМ модуляцией и может обслуживать I6 аналоговых блоков.

5. Преобразователи типа "код-временной интервал" (ГВИ-I6) Диапазон управляемой задержки от 0,1 до  $10^4$  мсек. Число кана-

лов - 16. При необходимости комплектуются четырехканальными формирователями Ф-4 амплитудой выходного импульса 300 в на 50 ом.

Управляемые от ЭВМ, ГВИ-16 разработаны для замены традиционных "шестиканалок".

6. Управляющие регистры (УР), позволяющие производить программную коммутацию в объектах управления по 12 позициям. Выходы УР потенциально развязаны при помощи реле или оптоэлектронных приборов.

### б) Устройства для ввода информации в ЭВМ

1. Аналого-цифровой преобразователь интегрирующего типа ("Липа") предназначен для измерения напряжений на шунтах. Погрешность измерения  $10^{-4}$ , входное сопротивление  $10^{10}$  ом, время одного измерения 40 мсек, разрешающая способность 1 мкВ.

2. Многоканальный аналого-цифровой преобразователь поразрядного взвешивания (АЦП-300). Погрешность измерения  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ , входное сопротивление  $10^8$  ом, время одного измерения 300 мсек.

3. Многоканальное устройство для измерения мгновенных значений импульсных сигналов (БИИП-3). Основное назначение - измерение импульсных магнитных полей. Входные сигналы с измерительных петель интегрируются и запоминаются на аналоговых запоминающих устройствах. Для последующих преобразований используется АЦП-300. Количество каналов в одном блоке 15, погрешность измерения  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ . До 1 мая 1976 г. будет закончена модификация прибора, позволяющая, в необходимых случаях, производить измерения импульсных сигналов без предварительного интегрирования.

4. Многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП-12-128) со встроенным коммутатором на 128 каналов предназначен для измерений, не требующих высокой точности (токи и напряжения на обмотках коррекции орбиты ВЭП-4, температурный контроль и т.д.) Блок АЦП-12-128 имеет два режима работы: периодические измерения с обеганием 128 каналов синхронно с час-

тотой питающей сети, либо измерения по запускающему импульсу. Общение блока с ЭВМ происходит через встроенное запоминающее устройство на 128 слов. Погрешность  $10^{-3}$ . В мае 1976 г. предполагается выдача заказа в радиомастерскую на партию блоков.

5. Коммутаторы аналоговых сигналов для многоканальных измерительных устройств ("Липа", АЦП-300) двух типов:

а) На МОП-транзисторах (КАС-64). Число каналов 64, погрешность коммутации - 10 мкВ, коммутируемый сигнал  $\pm 5$  В.

б) На герконных переключателях (КАС-64Г) для потенциально разнесенных каналов. Число каналов - 64, погрешность коммутации 1 мкВ, коммутируемый сигнал  $\pm 100$  В.

В настоящее время требуемое количество КАС-64 и КАС-64Г изготовлено.

6. Электронный блок для измерения положения пучка (ИПШ-32) может производить измерения по 32 каналам и сопрягаться с датчиками на основе вторичной эмиссии, полупроводниковыми датчиками, датчиками на основе пропорциональных ионизационных камер, резистивными датчиками и трансформаторными датчиками. Прибор имеет встроенный АЦП для передачи измеренных сигналов в ЭВМ и выход на осциллограф для визуального наблюдения гистрограмм. Первый вариант испытан на комплексе ВЭП-3. В марте 1976 г. выдан заказ на изготовление полного количества блоков по скорректированной документации.

7. Измеритель временных интервалов миллисекундного диапазона (ИВИ-8). Измеряемые интервалы (0,5 -  $10^4$  мсек). Дискретность измерения 0,1 мсек. Число каналов в блоке - 8.

8. Измеритель наносекундных временных интервалов (ИВИ-6). Разрешающая способность  $0,2 \cdot 10^{-9}$  сек. Диапазон измеряемых интервалов (0,5 - 2000)  $\cdot 10^{-9}$  сек. Число каналов в блоке - 6.

9. Сборщик двоичных состояний (СДС) вырабатывает сигнал прерывания при изменении любого из 12 входов из состояния "0" в "1". Применяется для контроля состояний электрических цепей типа "замкнуто-разомкнуто". Есть модификация с развязанными входами на основе оптопар. В марте сдан заказ в радиомастерскую на полное количество блоков.

#### в) Средства общения с ЭВМ

1. Регистр прерываний (РП). Для оперативного вызова подпрограмм и смены процессов по различным тактовым импульсам комплекса, либо по желанию оператора, а также при сбоях в контролируемых цепях и параметрах, в ЭВМ передаются сигналы прерывания. Сбор сигналов прерываний осуществляется РП. Сигналы прерывания фиксируются в 24 разрядах. Минимальное время реакции ЭВМ на сигнал прерывания 200 мкс. Блоки будут сданы в радиомастерскую в мае 1976 г.

2. Ручной пульт управления (РПУ). На РПУ набирается число с признаком, дается сигнал прерывания и происходит ввод числа в ЭВМ. ЭВМ выводит на табло принятое ею число, либо любое другое. Предусмотрен также режим имитации ЭВМ и блока связи для наладочных работ.

Опытный образец предполагается настроить в апреле 1976 г.

3. "Ручка". Блок представляет 2 независимых преобразователя угла поворота в код. Используется оператором пультовой как потенциометр, попеременно управляющий тем или иным параметром накопителя через ЭВМ. Настороен в марте 1976 г. Блоки будут сданы в радиомастерскую в мае 1976 г.

4. Буквенно-цифровой индикатор (БЦИ) используется в пультовых для отображения дежурных надписей с цифровой индикацией. Подключается к АПД. Опытный образец будет изготовлен в июне 1976 года.

#### 4. Программное обеспечение комплекса

1. Уже первое использование ЭВМ для управления накопителем показало желательность написания программ последовательных действий машины над накопителем (процессов) непосредственно физиком-оператором с пульта управления. Подобные языки для написания процессов успешно используются на ВЭЩ-3 и НАП-М. Для комплекса ВЭЩ-3 - ВЭЩ-4 предполагается использовать улучшенный язык ВЭЩ-3.

Количество устройств в системе управления и сбора данных

Количество устройств в системе управления и сбора данных

Установки		Кольцо	Канал	Силовое	ВЧ син-	Канал Б4
		ВЭШ-4	ВЭШ-3 ВЭШ-4	питание ВЭШ-4	хронизация	ВЭШ-3
Наз-вание блока	Часы Р/М на I шт.					
ЦАП	60				3	
ЦАП2-64	150	8				
ЦАП-ШИМ I	400			22		
ЦПА-ШИМ 2	20		II	37	5	4
ПКС-16	250		3	7	I	2
Ф4	60		8			4
ГВИ-16	250		2			I
ЦВ "Липа"	200			2		
АЦП-300	300		I			
БИИП-3	250		3			
АЦП2-128	200	32	I	2	I	
КАС-64	150		I	I		
КАС-64Г	150		I	I		
ИПП-32	160	8	10			2
ИВП-6	300				I	
ИВИ-8	250		3			
СДС	15	22	45	37	2	12
УР	60	12	5	3	3	I
БС	60	3			2	
МС ( 7, 6, 5)	120	15	15	12	3	3
РП	100	I	I		I	
РПУ	150	4	2	2	I	
"РУЧКА"	180	I	I	I	I	I
БЦИ	170	I	I	I	I	I
Блок питания	60	50	40	10	7	5
Всего часов в Р/М		16000	12300	8000	2400	2000
Остаток часов в Р/М		12000	6000	4700	2400	2000
Настройка (человеко-дней)		1200	900	450	200	150
Остаток (человеко-дней)		1200	700	400	200	150

2. Весьма полезным будет использование изучаемого в настоящее время режима TRUSTED – программы (доверенная программа). Доверенная программа позволит непосредственно по директивам с пульта оператора загружать с магнитофона или барабана программы, запускать и останавливать их, причем не только написанные на языке (I), но и произвольные, самостоятельно работающие программы. Этот режим позволит мониторить нелегальные действия в программе, выяснять причину нелегальности и устранять ее. Возможен % запуск (или периодический запуск) программ через заданное время. Доверенная программа возьмет на себя также функции уже используемого сабпрограммирования.

3. Поскольку большинство систем комплекса не может работать без ЭВМ, то уже к моменту отладки элементов комплекса должны быть написаны тестовые и отладочные программы, обеспечивающие этот этап работы. При наличии доверенной программы написание таких программ будет возможно до введения всей системы в целом.

4. Предполагается оснащение комплекса достаточным набором программ-советчиков, работающих в режиме диалога с оператором.

5. Для обеспечения хорошего функционирования системы маг-обеспечения требуется заранее продумать и выработать все основные принципы: обмен информацией между программами, между машинами, одновременная работа нескольких программ, их приоритет, запуск через заданное время, обмен программ, работа с устройствами и т.п. – т.е. разработать систему.

Желательно, чтобы пункты 5,1,2 были выполнены к маю 1976 года. Это создаст базу и оставит время для написания программ управления.

Проверка работы программ может проводиться как на ЭВМ ВЭШ-4, так и на ЭВМ ВЭШ-3, которая уже имеет требуемый набор окончательных устройств.

Будет затруднять разработку системы отсутствие дополнительных, но предполагаемых, средств общения ЭВМ с оператором: таб-



ло, ручка, пульт, кнопки, графический дисплей. Трудоемкость работ по разработке систем и программированию можно оценить в 5-7 человеколет.

## ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для точной выставки элементов кольца ВЭП-4 и канала ВЭП-3 - ВЭП-4 (магнитов, линз, резонаторов и т.д.) создана геодезическая плановая и высотная сеть. В полукольцах пункты сети закреплены 80 высотными и плановыми геознаками на кронштейнах на стене тоннеля в плоскости орбиты (отметка +2,30 м). Геознаки плановой сети установлены на окружности радиуса 46,150 м, напротив геознаков линзовой части магнитов. Для связи полуколец и установки элементов в промежутках пункты опорной плановой сети закреплены знаками на пирамидах на отметке +1,50 м. Центрами плановых знаков являются вертикальные оси отверстий втулок  $\varnothing 25,4 \pm 0,013$  мм. Реперной точкой высотного знака является верхняя точка стального запрессованного шарика.

Случайный разброс в положении магнитов и линз переходит в искажение равновесной орбиты с множителем 15, поэтому магниты и линзы необходимо установить в проектное положение с точностью  $\pm 0,2$  мм по радиусу, и  $\pm 0,15$  мм по высоте.

Созданные в ИЯФ, МИИГАИКе и стандартные геодезические приборы, разработанные и опробованные методики измерений позволяют получить заданную точность.

Плановая сеть образует многоугольник, углы и стороны которого измеряются. Линейные измерения производятся инварными проволочными мерами с точностью  $\pm 0,04$  мм при длине 20 + 30 м и  $\pm 0,02$  мм при длине 3 + 7 м. Углы измеряются принудительно центрируемым теодолитом OT-02M и измерением длин сторон и высот в цепочке вытянутых треугольников с точностью  $\pm 1''$ . Высотные измерения ведутся высокоточными нивелирами Н-1, КО I-007 на подвешенные инварные рейки. Превышение двух точек при одной установке нивелира измеряется с точностью  $\pm 0,02$  мм. Наличие избыточных измерений позволяет определить высотное положение знаков относительно средней плоскости с точностью  $\pm 0,04$  мм. С помощью измерительных жезлов и шаблонов от знаков геодезической сети про-

изводится установка магнитов и линз.

В настоящее время вся сеть по периметру ВЭПП-4 создана и с 1973 года совместно с НИ ИПГ проведено четыре цикла плановых и 14 циклов высотных измерений. Небольшое количество плановых циклов объясняется их большой трудоемкостью (30 + 40 человеко-дней) и проведением строительных и монтажных работ в 13 здании и полукольцах. Для связи ВЭПП-3 с ВЭПП-4 необходимо установить в канале несколько геознаков, выполнив предварительно некоторый объем строительных и монтажных работ (25-30 человеко дней).

Проведенные циклы высотных измерений (результаты некоторых представлены на рис. 6 ) показали, что наблюдается систематическая осадка части кольца в районе 13-20 знаков, достигшая 3 мм и выпучивание в районе 1+10 и 76+80 знаков на 1 мм. Это объясняется насыпкой защитного земляного слоя на кольцо в 1973 году и земляными работами в 13 здании. Определена устойчивая по высоте группа знаков с 41 по 47. Деформации грунта в этой области в пределах точности измерений не наблюдалось. В основной части кольца смещения носят сезонный или случайный характер в пределах  $\pm 0,2$  мм. Максимальные зарегистрированные скорости осадок достигали 0,2 мм в месяц. Наблюдается успокоение основных осадок на полукольцах, но следует ожидать деформации

1 + 2 мм на участках примыкания полуколец к 13 здание из-за строительных работ. Ожидаемые осадки магнитного детектора и защитной бетонной стены около 10 мм. Примерно 60% осадки произойдет в процессе установки, затем медленное затухание осадок по экспоненте с  $\tau \approx 11$  месяцев. Поэтому установку защитной стены следует произвести как можно раньше.

Малое количество плановых циклов позволили лишь установить существование летнего и зимнего радиуса полуколец, отличающихся на  $\sim 0,5$  мм.

Движение транспорта по дороге над кольцом приводит к случайным смещениям участков кольца в пределах  $\pm 0,3$  мм, что наблюдалось на знаке № 8. Просачивание снеговых и дождевых вод и усиленное движение транспорта в районе 30-40 знаков привело

к подвижке целого блока тоннеля примерно на 0,5 мм за полгода. Влага просачивается в этом районе внутрь тоннеля, на стенах образовались трещины.

Необходимо принять меры по планировке территории примыкающей к кольцу, обеспечить отвод ливневых вод, оградить территорию и запретить движение транспорта.

Кольцо надо беречь!

Совместно с НИИПГ разрабатывается система автоматического слежения за положением магнитных блоков (магнитов, линз). Проведена оценка и сравнение возможных вариантов. Лучшим признан струнный вариант с индуктивными датчиками смещения. В 1976 г. НИИПГ произведет моделирование системы.

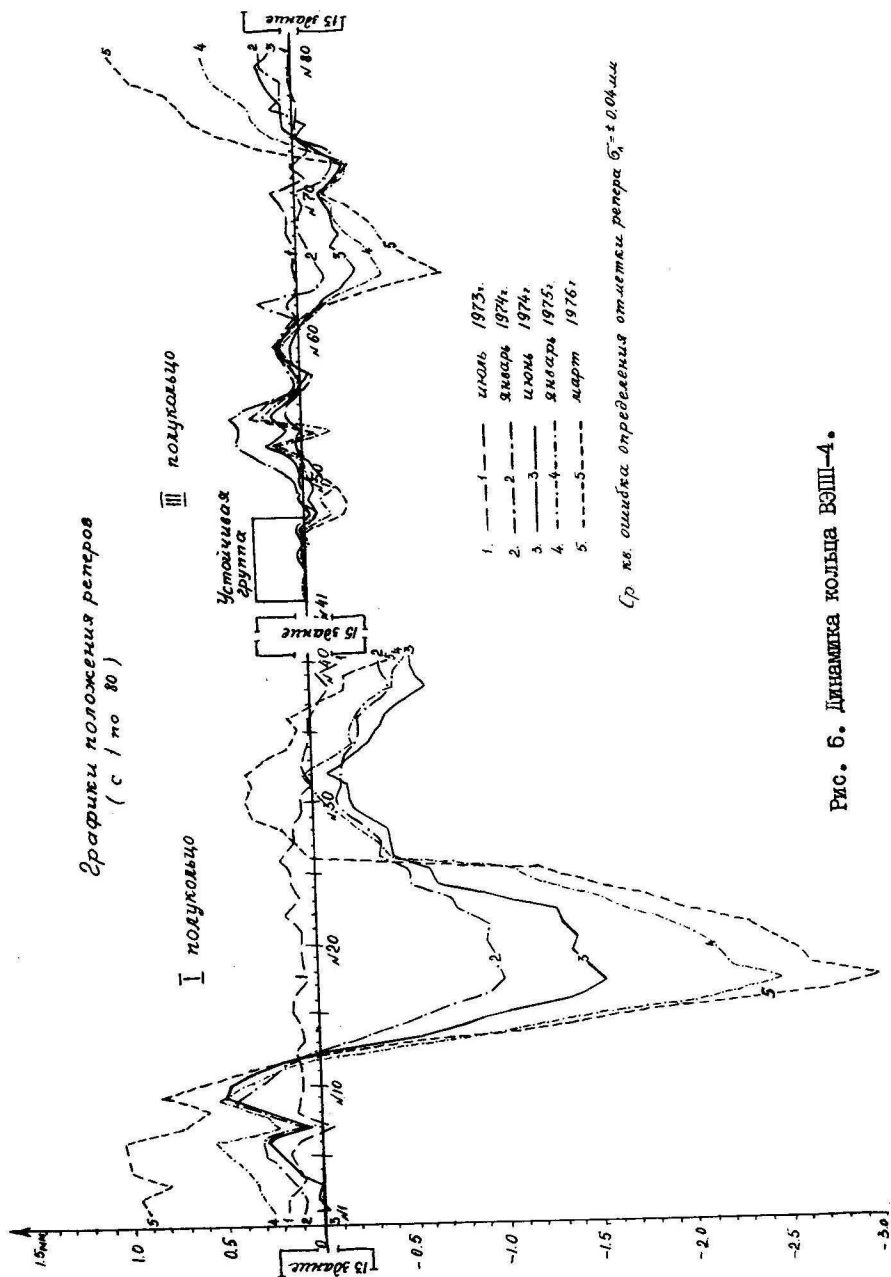


Рис. 6. Динамика кольца ВЭШ-4.

## 16. ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ДИСТИЛЛЯТ

### Энергоснабжение з. № 13

Для работы комплекса ВЭШ-4 на энергии 7 ГэВ требуется по сети 10 кВ следующие мощности:

1. Подстанции 10/0,4	- 7 Мвт
2. ГПС-6300	- 4 Мвт
3. ГПН № 3 и № 1	- 2,5 Мвт
4. в/ч система	- 5 Мвт

Итого: 18, 5 Мвт

Кроме того в настоящее время из энергоцентра з.13 питается установка лаб. № 8 с проектной мощностью 10 Мвт. Проектом предусматривается подключение к энергоцентру установки Б-5 (1,5 Мвт), монтируемой в помещении дистилляторной.

Учитывая, что мощность действующего энергоцентра ~ 14 Мвт, а требуемая мощность всех установок составляет ~ 30 Мвт, намечено осуществить следующие мероприятия:

1. Спроектировать и построить дополнительную высоковольтную линию электропередачи (ЛЭП-10).

Ориентировочная трудоемкость эл.монтажа: 1000 н/час.  
Для монтажа требуется ~ 3 км силового кабеля СБ-10 3х185.

2. Для распределения энергии от вновь построенной ЛЭП-10 (14-15 Мвт) необходимо установить дополнительные ячейки типа КРУ-Ц-10 в РУ-4 энергоцентра.

Ориентировочная трудоемкость реконструкции РУ-4 - 6500 н/час.

3. Для питания установок по сети 0,4кВ требуется построить трансформаторную подстанцию № 7 с 4 трансформаторами типа ТМ-1000. Это позволит увеличить мощность существующей сети 380 В с 4-х до 8 Мвт.

Распределение энергии предполагается осуществить от щитовой, строящейся в бывшем вентканале зд. № 13.  
Трудоемкость монтажа - 7 + 8 тысяч н/часов.

Следует учесть, что для первого этапа работ существующий энергоцентр может обеспечить, при условии отключения Б-5 и установки лаб. № 8, следующий режим работы ВЭШ-4:

- |                |           |
|----------------|-----------|
| 1. ГПН № 1     | - 0,6 Мвт |
| 2. ГПН № 3     | - 2 Мвт   |
| 3. В/ч система | - 2 Мвт   |
| 4. ГПС-6300    | - 4 Мвт   |
| 5. Сеть 0,4 кВ | - 5 Мвт   |

Таким образом для осуществления первого этапа работ на ВЭШ-4 достаточно ввода 2-х тр-ров ТМ-1000 на подстанции ТП-7 и монтажа щитовой.

#### Дистилляторная

Для обеспечения выхода на проектную мощность 10 Мвт предусмотрена установка 4-х насосов (3 рабочих, 1 резервный) с мощностью эл.привода 640 кВт.

Схема автоматического контроля и управления предусматривает контроль и измерение температуры вода дистиллята и технической воды, измерение давления, расхода, а также автоматическое поддержание необходимого давления на выходе к потребителю.

В настоящее время закончен эл.монтаж и наладка первой очереди, обеспечивающей управление 2-мя насосами.

В настоящее время выполнен электромонтаж и запущены 2 насоса. Запуск 2-ой очереди дистилляторной может быть произведен после получения недостающего оборудования и приборов.

Кроме того предусматривается в 1977 году перевести снабжение технической водой на нижнюю зону. Работы ведутся Сибирским отделением.

## 17. ТРУДОЕМКОСТЬ РАБОТ I-ОЙ ОЧЕРЕДИ

### I. Строительно-монтажные работы

Работы ведутся силами АХО и МСУ-47. Основная часть проектных работ выполнена.

Основные работы:

- 1) фундаменты под элементы проемутка I3 здания
- 2) реконструкция въезда в здание № I3
- 3) биологическая защита в здании № I3
- 4) защищенный переход над прямолинейным проемутком I3 здания
- 5) кабельные трассы и каналы
- 6) антресоли I3 здания для размещения источников питания
- 7) пультовая регистрации
- 8) трассы дистиллята
- 9) оборудование и отделка помещений для размещения систем ВЭШ-4
- 10) двери биологической защиты комплекса ВЭШ-4
- II) демонтаж различного оборудования, временно размещенного на территории ВЭШ-4.

Для выполнения этих работ, а также возникающих в процессе монтажа, необходимо иметь на площадке ВЭШ-4 6-8 строителей и 10-15 монтажников.

В связи с тем, что такое количество рабочих в течение января-марта не работало, наметилось серьезное (I месяц) отставание от графика строительства.

Одной из серьезных проблем является изготовление бетонных блоков биологической защиты.

## 2. Механические работы

В мае 1976 г. предполагается закончить конструирование большей части элементов кольца и других систем ВЭШ-4. Количество сданных и предполагаемых к сдаче заказов около 120, общий объем оставшегося на 1-ое апреля производства с учетом планируемых заказов составляет около 140 тыс. нормочасов, из них 12 тыс. нормочасов требуется для изготовления новых камер ВЭШ-3. Согласно графика производства большая часть заказов выходит из цеха во 2-ой половине 1976 года.

Для проведения механического монтажа по предварительным оценкам требуется не менее 15-20 механиков, в основном начиная с июля 1976 года.

## 3. Электротехнические работы

Основная часть работ по электропроектированию, монтажу и наладке отражена в п.п. 3,5,8-14,16.

Дополнительные работы:

- 1) оборудование связей с главного пульта
- 2) питание вакуумных насосов, вакуумные блокировки
- 3) управление пробниками кольца и канала
- 4) система блокировок радиационной защиты
- 5) дозиметрический контроль
- 6) аварийное и обычное освещение
- 7) система оповещения и громкоговорящей связи
- 8) разводка 220 вольт, 36 вольт и др. работы.

Общая трудоемкость оставшихся работ на 2-ое апреля 1976 г. 100 тыс. нормочасов. Из них осталось проектировать на 50 тыс. нормочасов.

## 4. Работы по электронике

Ведется интенсивная разработка радиоблоков и сдача их в ПТО.

Количество сданных и планируемых к сдаче заказов - 90.

Составлен график по изготовлению механической мастерской радиоблоков и график выхода блоков электроники из радиомастерской.

Общий объем оставшихся работ по радиомастерской - 80 тыс. нормочасов.



---

Ответственный за выпуск С.Г. ПОПОВ  
Подписано к печати 10 мая 1976 г.  
Усл. 5,3 печ.л., тираж 50 экз. Бесплатно  
Заказ № 42.

---

Отпечатано на роталпринте в ИФ СО АН СССР