

A.64

10

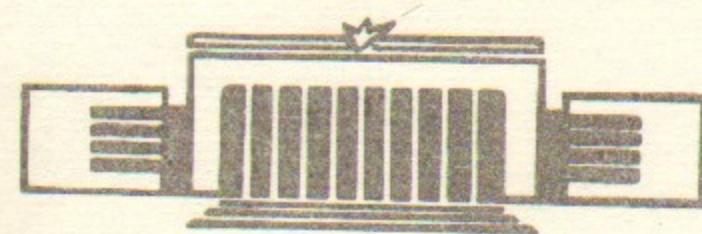
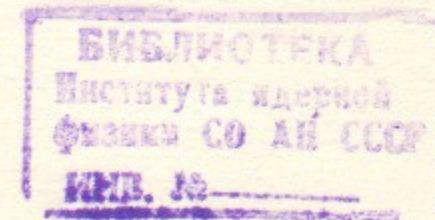


ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

В.В.Анашин, И.Б.Вассерман, В.Г.Вещеревич,  
Б.И.Гришанов, А.В.Евстигнеев, И.А.Кооп,  
В.И.Купчик, В.М.Меджидзаде, А.А.Михайличенко,  
Е.А.Переведенцев, В.М.Петров, И.К.Седяров,  
А.Н.Скринский, Э.М.Трахтенберг, Ю.М.Шатунов

ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫЙ  
НАКОПИТЕЛЬ-ОХЛАДИТЕЛЬ БЭП

ПРЕПРИНТ 84-114



НОВОСИБИРСК

## А Н Н О Т А Ц И Я

Приводятся параметры проекта накопительного кольца БЭП, строящегося в ИЯФ СО АН СССР в рамках программы ВЛЭП. Кольцо БЭП предназначено для формирования пригодных для инъекции в суперлинок высокоинтенсивных ступков электронов и позитронов с малыми поперечными размерами.

## В В Е Д Е Н И Е

В ИЯФ СО АН СССР в рамках проекта ВЛЭП [1] создается электрон-позитронный накопитель БЭП на энергию 700 МэВ, предназначенный для отработки методики формирования пригодных для инъекции в суперлинок высокоинтенсивных ступков электронов и позитронов с малыми поперечными размерами.

Накопитель БЭП будет установлен на комплексе ВЭП-2М. Он обеспечит примерно в 5 раз более высокую по сравнению с ВЭП-2 скорость накопления позитронов и заменит его в качестве бустера для установки ВЭП-2М. Максимальная энергия инъекции пучков в ВЭП-2М возрастет с 550 до 700 МэВ, что, в сочетании с поставкой на ВЭП-2М сверхпроводящей змейки, позволит выйти на уровень светимости  $5 \cdot 10^{31} \text{ см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ .

В данной работе описан проект накопителя БЭП, монтаж которого запланирован на 1985 год.

### 1. Структура накопителя

Магнитная система БЭП состоит из 12 периодов, каждый из которых представляет собой ФODO-ячейку. В отличие от схемы с зеркально-симметричным расположением линз в нашем случае применен дублетный вариант фокусирующей структуры. Компановка  $\phi$  и  $\mathcal{O}$  линз в дублеты позволила в два раза уменьшить число магнитов и увеличить длину прямолинейных промежутков при том же периметре накопителя. На рис.1 приведены амплитудные функции  $W_z$ ,  $W_x$  для одного периода магнитной системы, а также дисперсионная функция  $\zeta$  и ее эмиттанс  $J_z$ .

Выбранные значения частот бетатронных колебаний  $\nu_z = 3.18$ ,  $\nu_x = 3.61$  позволяют получить на энергии 700 МэВ требуемые для проекта ВЛЭП значения вертикального и радиального эмиттансов:  $\varepsilon_z = 10^{-8} \text{ см.рад}$ ,  $\varepsilon_x = 6.4 \cdot 10^{-6} \text{ см.рад}$ . Данная рабочая точка находится на большом удалении как от линейных резонансов связи, так и от целочисленных резонансов, что снижает чувствительность к неидеальностям магнитной системы. Высокая степень симметрии фокусирующей структуры сокращает число работающих нелинейных резонансов и значительно упрощает настройку накопителя.

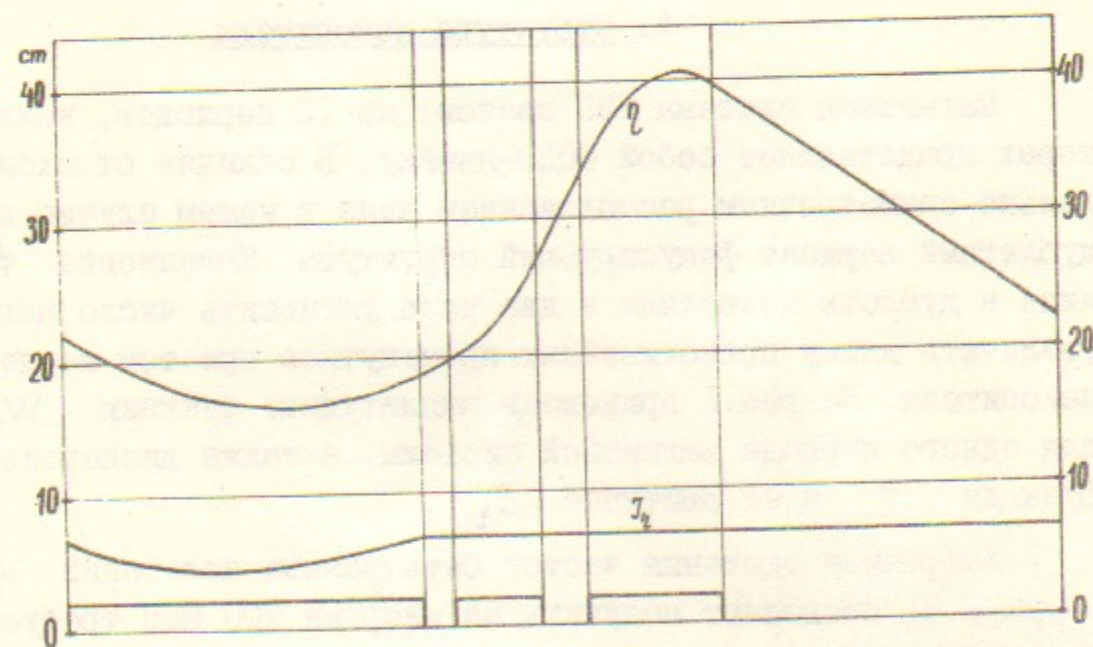
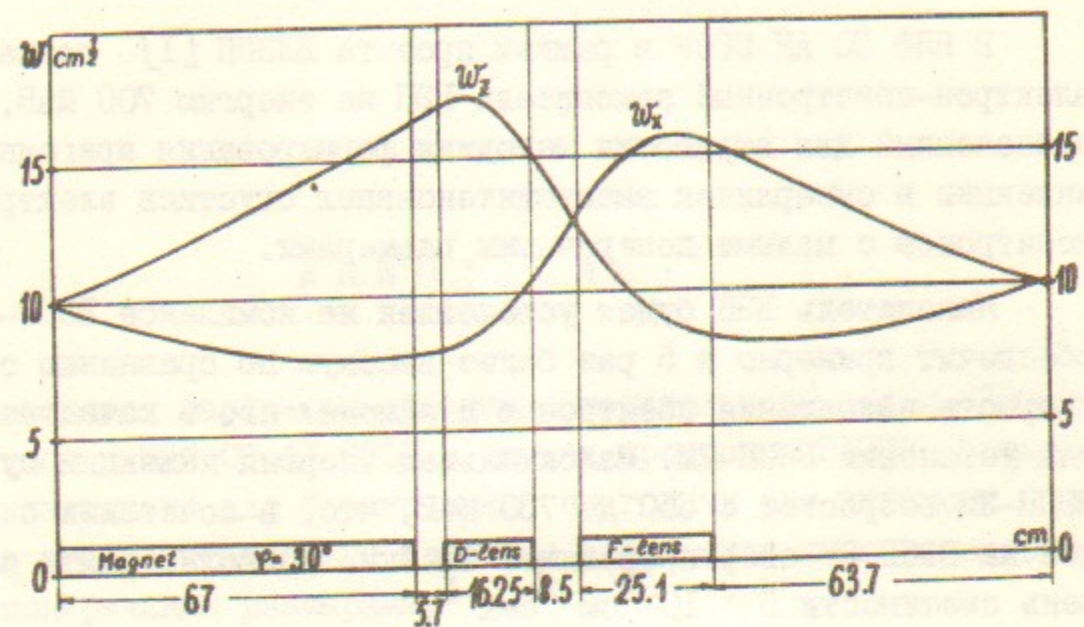


Рис. 1. Амплитудные функции  $W_z$  и  $W_x$ , дисперсионная функция  $z$  и ее эмиттанс  $J_z$ .

Фазовый объем инжектируемого в БЭП позитронного пучка равен  $2.5 \cdot 10^{-3}$  см.рад по вертикальному направлению и  $4 \cdot 10^{-3}$  см.рад по горизонтальному, что и определило адмитанс накопителя, который принят равным  $10^{-2}$  см.рад по вертикали и  $2.5 \cdot 10^{-2}$  по горизонтали.

Выбрана радиальная схема инжекции, имеющая в данном случае ряд преимуществ по сравнению с вертикальной. Действительно, вертикальный и горизонтальный размеры инжектируемого позитронного пучка отличаются несущественно, радиальная дисперсия частиц, связанная с отклонением по энергии на  $\pm 3\%$ , мала по сравнению с бетатронным размером, поэтому радиальная инжекция выглядит более экономичной т.к. в этом случае требуется меньший межполюсный зазор магнитов кольца. На рис.2 показана схема инжекции позитронного пучка в БЭП. Пропускная способность выходного окна септум-магнита равна  $10^{-2}$  см.рад по фазовому объему и  $\pm 5\%$  по  $\Delta E/E$ , толщина ножа равна 3 мм. Магнитное поле инфлектора доворачивает пучок на угол  $0,0214$  рад. Для уменьшения амплитуды колебаний накопленного пучка применена частичная компенсация удара инфлектора ударом такого же по конструкции прединфлектора, расположенного за пять периодов (1,5 колебания) до инфлекторного промежутка. Соотношение амплитуд инфлектора и прединфлектора на энергии накопления позитронов (125 МэВ) равно 2 : 1. В режиме накопления большого тока (электронов), которое предполагается вести на энергии 250 МэВ, целесообразно работать с равными по величине импульсами инфлектора и прединфлектора, чтобы иметь полное гашение когерентных колебаний накопленного пучка.

Территориально кольцо БЭП займет место накопителя ВЭП-2 (рис.3), причем медианная плоскость БЭП будет лежать на одном уровне с медианной плоскостью синхротрона БЭМ. Изменение направления оси канала БЭМ-БЭП по сравнению с существующим на  $11.7^\circ$  будет осуществлено поворотом синхротрона БЭМ. Одновременно, в целях повышения интенсивности выпущенного пучка, в конструкцию синхротрона вносятся ряд усовершенствований.

Накопление электронов и позитронов в БЭП осуществляется поочередно, изменением знака ведущего магнитного поля. Начальный участок канала БЭП-ВЭП-2М является общим для электронного и позитронного пучков.

Основные параметры накопителя БЭП приведены в таблице I.

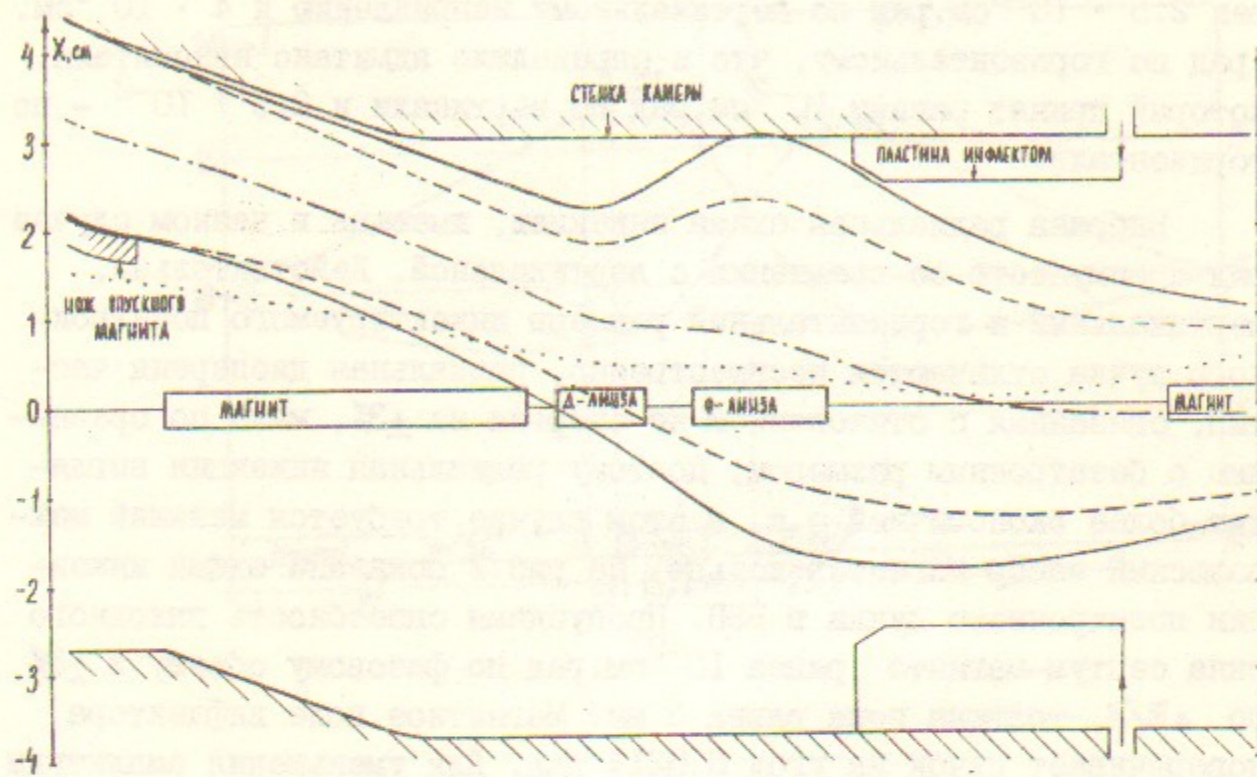


Рис. 2. Схема инжекции позитронов в БЭП.

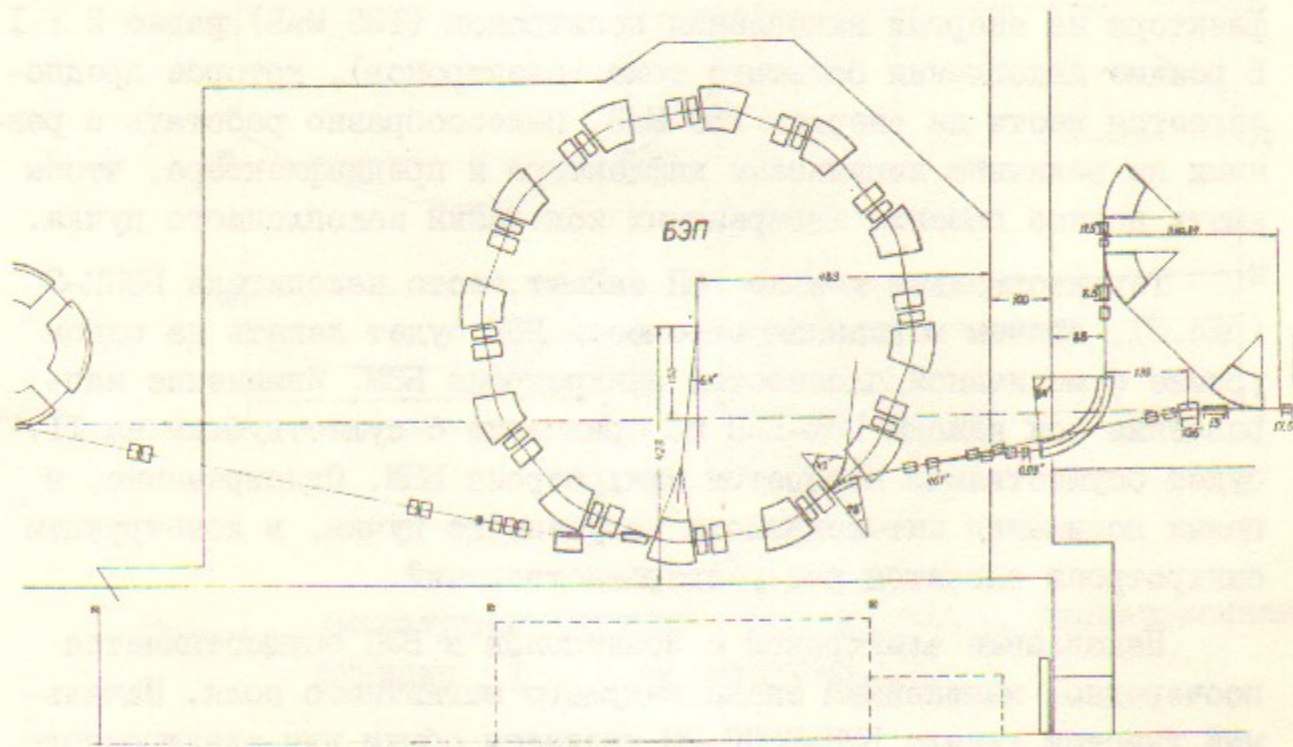


Рис. 3. Схема накопителя БЭП.

Энергия		700 МэВ
Число периодов		12
Периметр орбиты		22.35 м
Частоты бетатронных колебаний	$\nu_z$	3.18
	$\nu_x$	3.61
Коэффициент пространственного уплотнения орбит	$\alpha$	0.05
Потери энергии на СИ		17 кэВ/оборот
Время радиационного затухания	$\tau_x$	7,3 мсек
Время радиационного затухания	$\tau_z$	6.28 мсек
Ведущее магнитное поле	$H_z$	18.24 кГс
Градиент поля в линзах	$H'_z$	3.72 кГс/см
		2.48 кГс/см
Межполюсный зазор в магнитах		40 мм
Апертура в Д и Ф линзах	$2z$	56 мм
		84 мм
Захватываемый эмиттанс	$\epsilon_{z,x}$	$10^{-2}$ см.рад
Захватываемый энергетический разброс $\Delta E/E$ на энергии инжекции 125 МэВ		$\pm 3\%$
Кратность ВЧ	$q$	2
Частота ВЧ		26.83 МГц
Амплитуда напряжения ВЧ		60 кВ
Частота синхротронных колебаний	$\nu_s$	$10^{-3}$
Квантово-флуктуационные размеры пучка в максимуме $\beta$ -функций	$\Delta_x$	0.28 мм
	$\Delta_{xs}$	0.2 мм
	$\Delta_z$	0.012 мм
	$\Delta_{\Delta E/E}$	$0.51 \cdot 10^{-3}$
	$\Delta_y$	7.5 см
Размеры пучка при токе пучка $I = 2A$ ( $N = 10^{12}$ )	$\Delta_x$	0.4 мм
	$\Delta_z$	0.017 мм
	$\Delta_y$	10 см
Поперечный эмиттанс пучка при $I = 2A$	$\epsilon_x$	$6.4 \cdot 10^{-6}$ см.рад
	$\epsilon_z$	$10^{-8}$ см.рад

## II. Параметры пучков

Основными процессами, определяющими величину установившегося радиального эмиттанса пучка  $\epsilon_x$ , являются квантовые флуктуации синхротронного излучения (СИ), а при большом числе частиц в сгустке — эффект внутреннего рассеяния.

Вклад квантовых флуктуаций СИ в  $\epsilon_x$  быстро падает с ростом  $\nu_x$  [2]. Для ФODO структуры справедлива оценка:

$$\epsilon_x \approx \lambda \frac{R_0}{R} \frac{\gamma^2}{\nu_x^3} \quad (I)$$

где  $\lambda$  — комптоновская длина волны электрона,  $R_0 = \pi/2$  — средний радиус равновесной орбиты,  $R$  — радиус поворота орбиты в магнитах,  $\gamma$  — релятивистский фактор.

Вклад от многократного внутреннего рассеяния в  $\epsilon_x$  падает с ростом  $\nu_x$  значительно слабее. При фиксированной длине сгустка ( $b_y = \text{const}$ ) и  $\nu_z \approx \nu_x$  он обратно пропорционален величине  $\nu_x$  и растет с числом частиц в сгустке как  $N^{3/2}$ . В нашем случае ( $N = 10^{12}$ ,  $b_y = 10$  см,  $\alpha \equiv \sqrt{\epsilon_z/\epsilon_x} = 0,04$ ,  $\epsilon_x \leq 7 \cdot 10^{-6}$  см.рад) выбор величины  $\nu_x$  целиком определялся эффектом внутреннего рассеяния. Выпишем кратко основные соотношения для данного процесса.

Скорость диффузии по энергии равна:

$$\frac{d}{dt} \epsilon_{\Delta E/E}^2 = \frac{N z_e^2 c \Lambda}{2\pi b_z b_x b_y b_x' \gamma^3} \quad (2)$$

где  $z_e$  — классический радиус электрона,  $c$  — скорость света,  $b_z, b_x, b_y$  — поперечные и продольное среднеквадратичные отклонения частиц в сгустке,  $\epsilon_{\Delta E/E}$  — среднеквадратичное отклонение по энергии,  $b_x' \equiv b_x/\beta_x$  — локальный угловой разброс в пучке, а под  $\Lambda$  понимается выражение:

$$\Lambda \approx \left(\frac{\pi}{2} + \ln \alpha^{-1}\right) \ln \sqrt{\frac{\pi}{2}} \gamma b_z' \sqrt{\frac{b_z}{r_0}} + \frac{1}{2} (\ln \alpha^{-1})^2 \quad (3)$$

получающееся после усреднения по импульсам сечения кулоновского

рассеяния.

Используя связи:

$$\epsilon_x = \frac{G_s}{G_x} \langle I \rangle b_{\Delta E/E}^2 \quad (4)$$

$$b_y = \beta_y b_{\Delta E/E} \quad (5)$$

где  $G_s, G_z, G_x$  — декременты радиационного затухания синхротронных и бетатронных колебаний,  $\langle I \rangle$  — среднее по кольцу значение эмиттанса дисперсионной функции  $b_x$  а  $\beta_y = R_0 \sqrt{\frac{2\pi \alpha E}{q e v \sin \varphi_s}}$  — величина продольной  $\beta$ -функции, получим самосогласованное решение:

$$b_{\Delta E/E} \approx \left[ \frac{3}{4\pi} \frac{z_e N \Lambda}{2 \beta_y} \right]^{1/6} \frac{\langle \beta_z^{-1/2} \rangle^{1/6}}{\langle K^2 \rangle^{1/6} \langle I \rangle^{1/4}} \frac{G_z^{1/6} G_x^{1/4}}{G_s^{5/12}} \cdot \frac{1}{\gamma} \quad (6)$$

где  $K$  — кривизна равновесной орбиты.

Если в качестве независимого параметра использовать  $b_y$ , а не  $\beta_y$ , то решение (6) примет вид:

$$b_{\Delta E/E} \approx \left[ \frac{3}{4\pi} \frac{z_e N \Lambda}{2 b_y} \right]^{1/5} \frac{\langle \beta_z^{-1/2} \rangle^{1/5}}{\langle K^2 \rangle^{1/5} \langle I \rangle^{3/10}} \frac{G_z^{1/5} G_x^{3/10}}{G_s^{4/2}} \cdot \frac{1}{\gamma^{4/5}} \quad (7)$$

Величина  $\Lambda$  в формулах (6), (7) легко оценивается после одной-двух итераций. В нашем случае  $\Lambda \approx 40$ .

Попытки уменьшить  $b_{\Delta E/E}$  за счет применения магнитных "змеек" не увенчались успехом, т.к. рост  $\langle K^2 \rangle$  сопровождается, к сожалению, увеличением дисперсионного эмиттанса  $I$ , и выигрыш оказывается небольшим. Проведенные по формулам (4), (7) оценки показали, что требуемое значение  $\epsilon_x$  достигается в структуре накопителя БЭП на энергии 700 МэВ, при этом квантово-флуктуационный вклад в  $b_{\Delta E/E}$  и  $\epsilon_x$  ещё не велик.

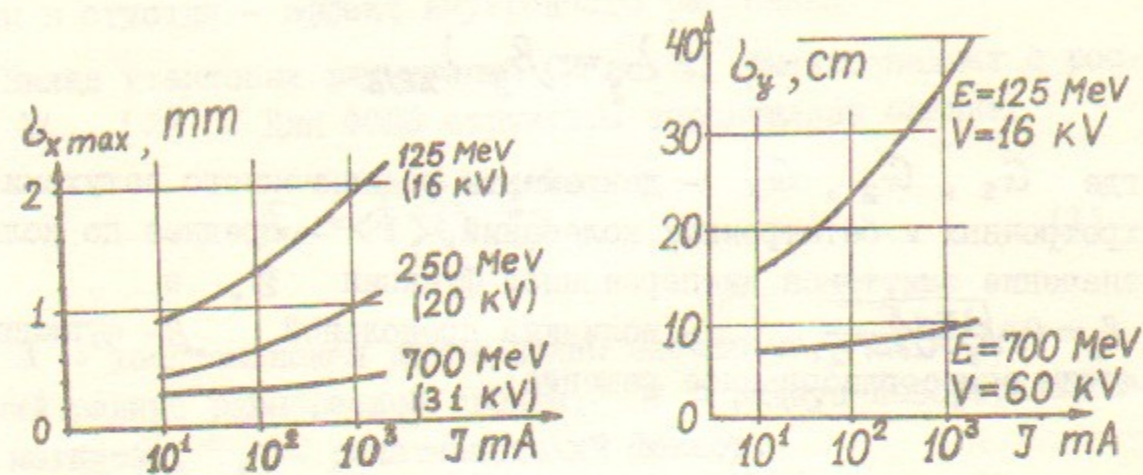


Рис. 4; Расчетные радиальный  $b_x$  и продольный  $b_y$  размеры пучка, как функции тока пучка.

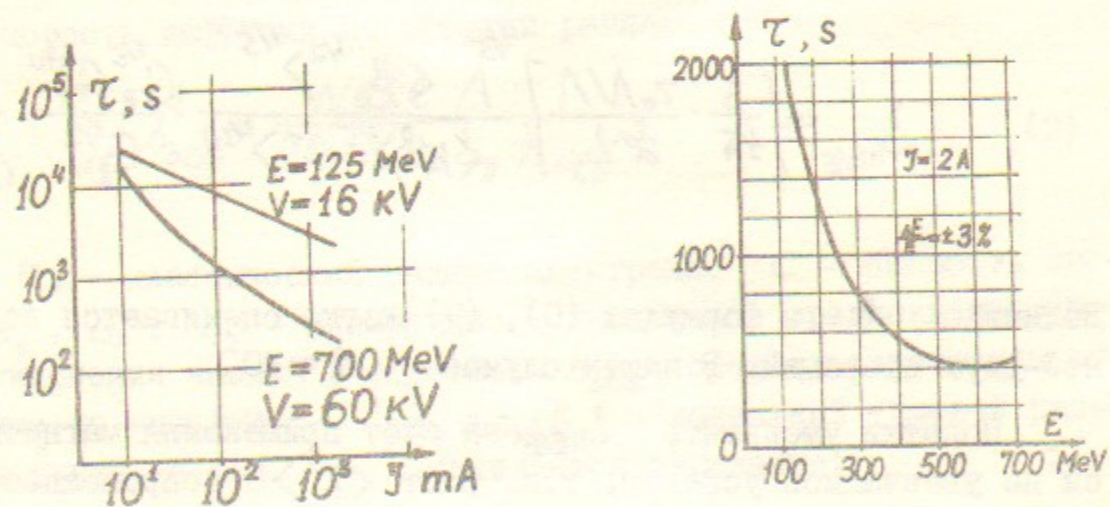


Рис. 6; Расчетное время жизни пучка, определяемое эффектом рис. 7. внутреннего рассеяния, как функция энергии и тока пучка.

Суммарное действие квантовых флуктуаций СИ и внутреннего рассеяния рассчитывалось численными методами на ЭВМ. На рис.4-7 приведены результаты этих вычислений для размеров и времени жизни пучка.

### III. Системы накопителя

#### Магнитная система

Время подъема поля в накопителе БЭП не должно превышать 5 сек, поэтому магнитопровод линз и магнитов сделан шихтованным из листа стали марки Армко толщиной 20 мм.

Вид магнита в плане показан на рис.8. Полюс магнита выполнен в виде концентратора - с большими фасками в поперечном сечении (рис.9). В результате при токе 9 кА достигается поле 23 кГс, что позволит при необходимости поднять энергию БЭП до 900 МэВ (энергии 700 МэВ соответствует уровень поля 18.24 кГс).

Основные обмотки линз и магнитов БЭП, выполненные профилированной медной шиной 16 x 36 мм<sup>2</sup> с отверстием для воды  $\varnothing = 10$  мм, соединены последовательно и питаются от одного выпрямителя. В каждый элемент кольца заложены также слаботочные корректирующие обмотки, позволяющие производить тонкую подстройку частот бетатронных колебаний и равновесной орбиты.

Апертуры и, соответственно, число витков на полюс в  $\Phi$  и  $\mathcal{D}$  линзах отличаются ровно в 1,5 раза (рис.10, рис.11). Для компенсации естественного хроматизма в профиль линз внесена секступольная коррекция. Обмотки и железо линз и магнитов размещаются на зеркально-симметричные верхнюю и нижнюю половинки. Торцевая коммутация линз выполнена в один слой, с почти полной квадрупольной симметрией (рис.12).

Технические характеристики магнитов и линз БЭП приведены в таблице 2. На рис.13 - рис.15 представлены результаты расчета полей в линзах и магнитах БЭП, выполненные на ЭВМ ОДРА-1305. Вычисления производились с помощью программы расчета значений векторного потенциала на двумерной неравномерной прямоугольной сетке. В рабочей апертуре, которая составляет 0.7 от радиуса вписанного в полюса линз круга, ошибка в величине градиента поля при токе  $J = 6$  кА не превышает  $1.5 \cdot 10^{-3}$ , что соответствует сдвигу частот бетатронных колебаний  $6 \cdot 10^{-3}$ . Кривая намагниче-

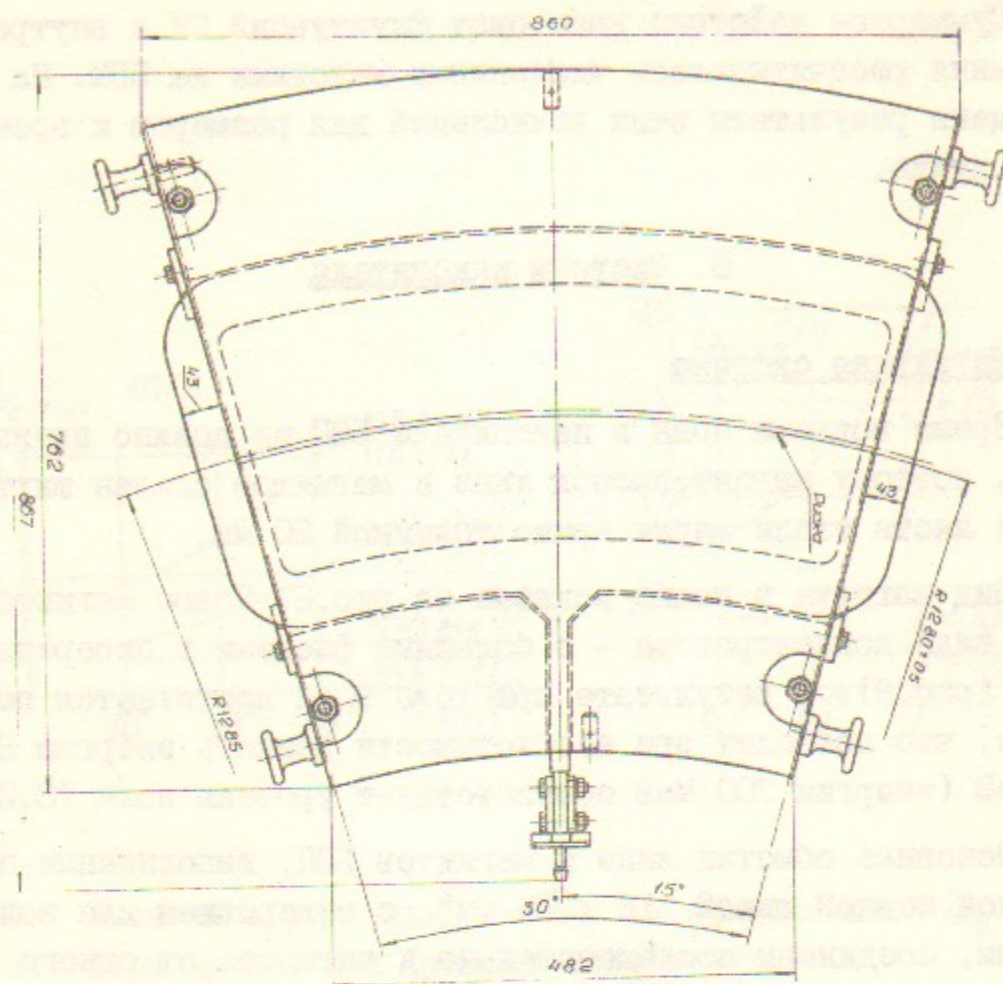


Рис. 8. Вид магнита в плане.

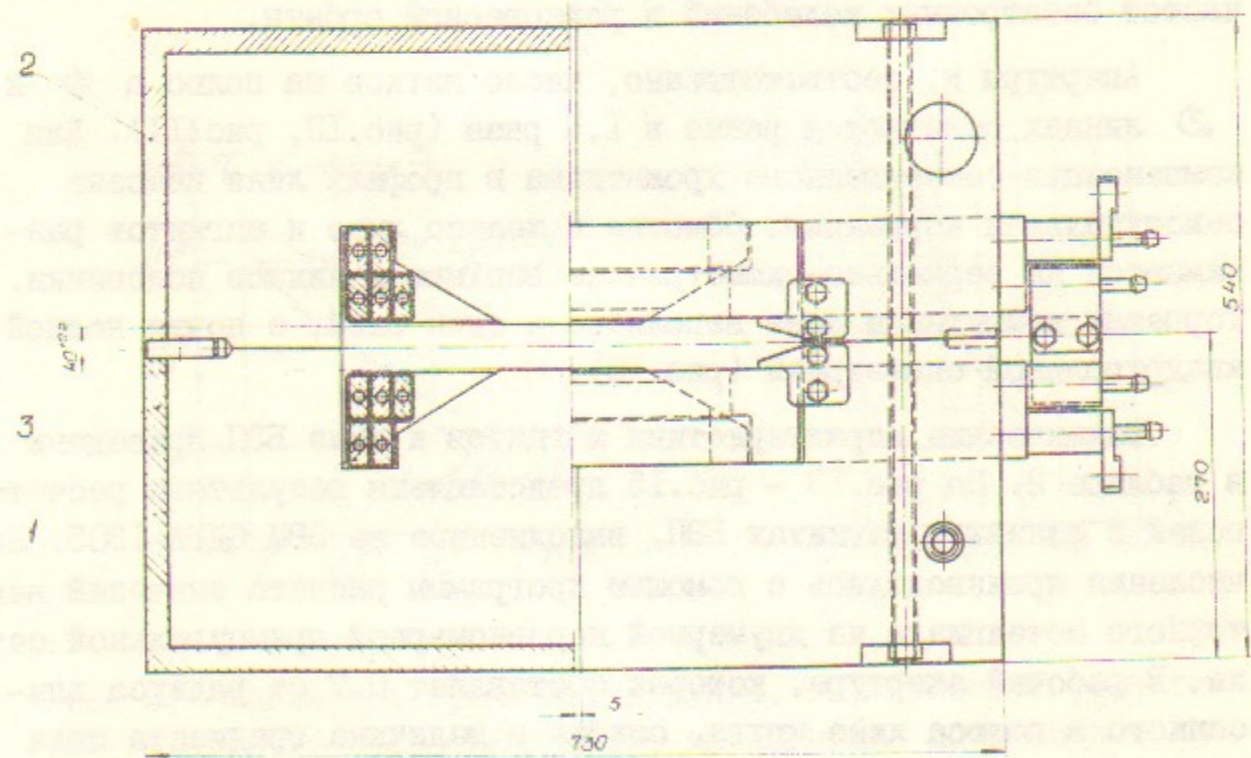


Рис. 9. Поперечное сечение магнита.

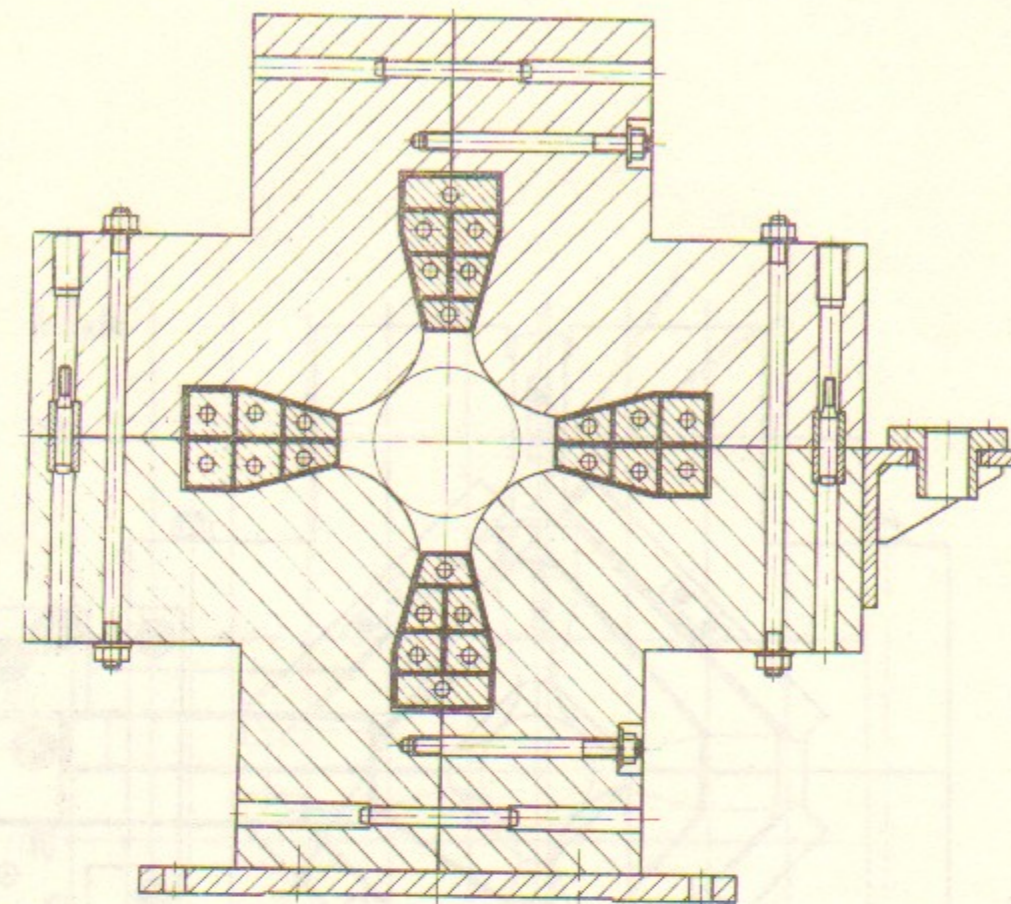


Рис. 10. Поперечное сечение  $\phi$  - линзы.

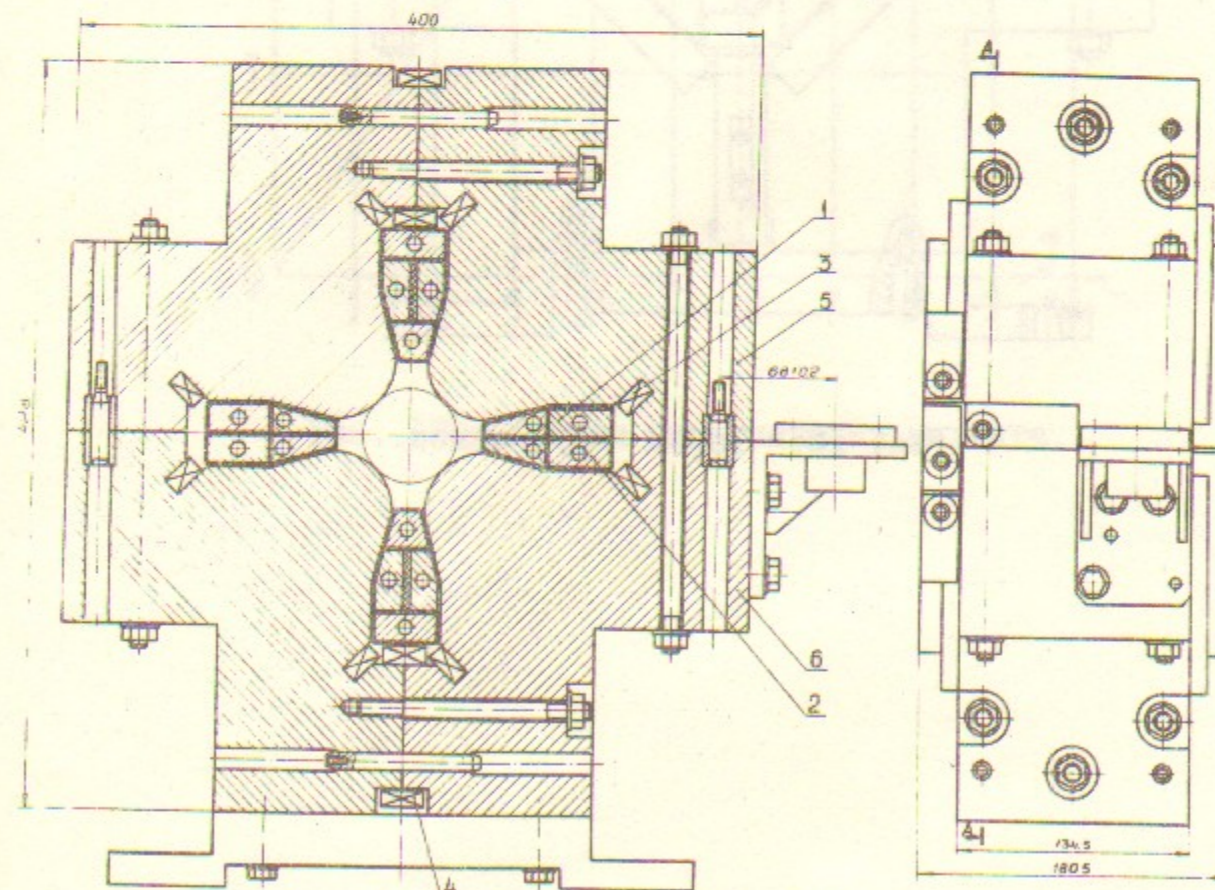


Рис. 11. Поперечное сечение  $D$  - линзы.

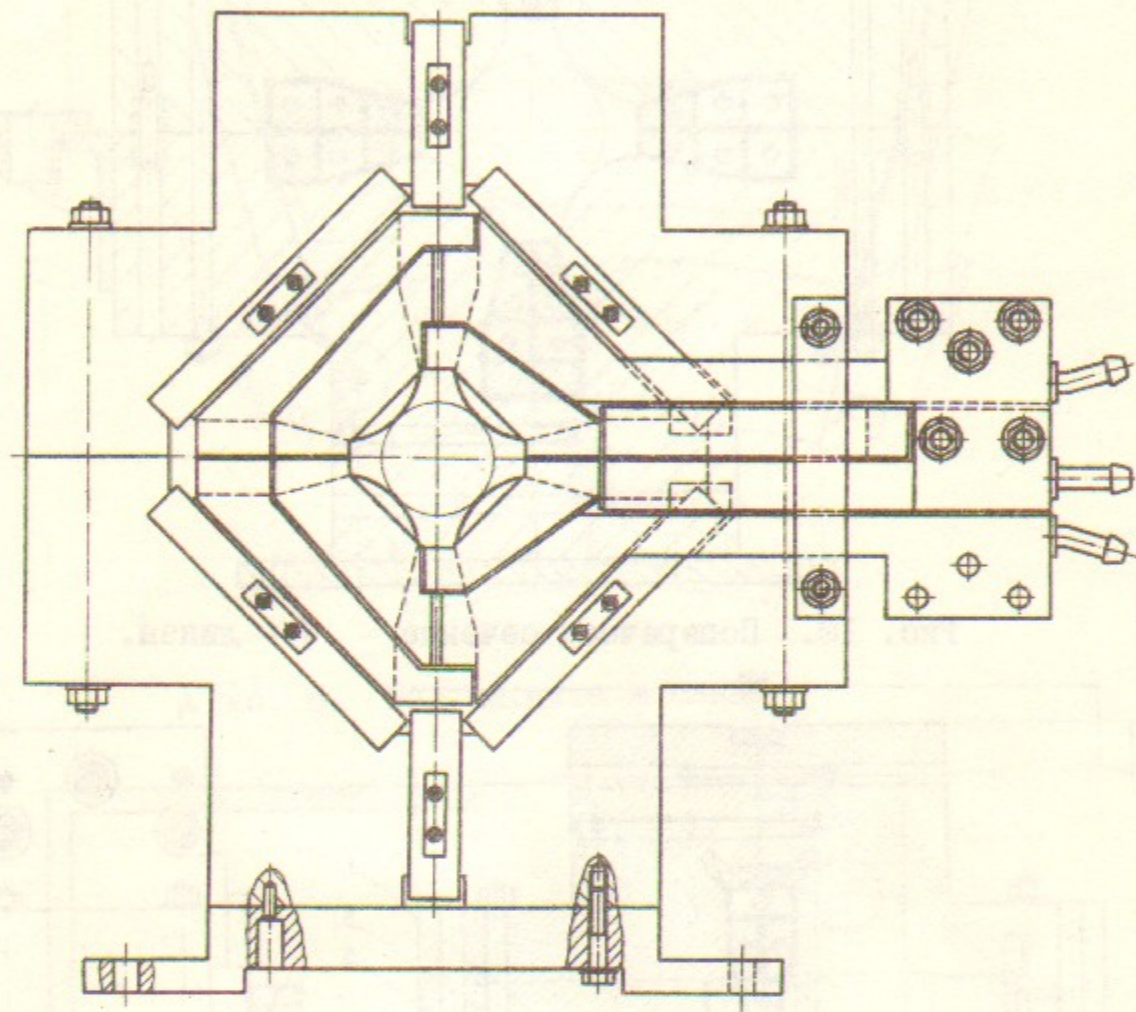


Рис. 12. Торец  $D$ -линзы.

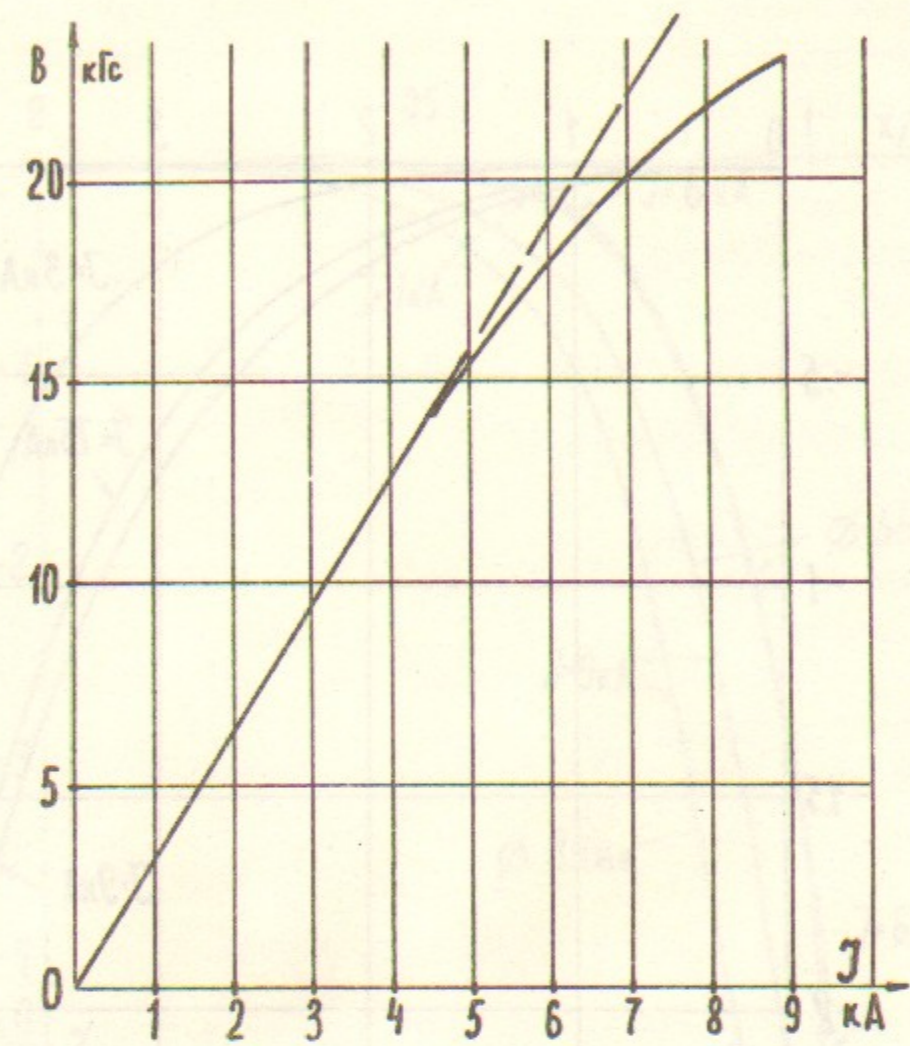


Рис. 13. Кривая намагничения магнита.



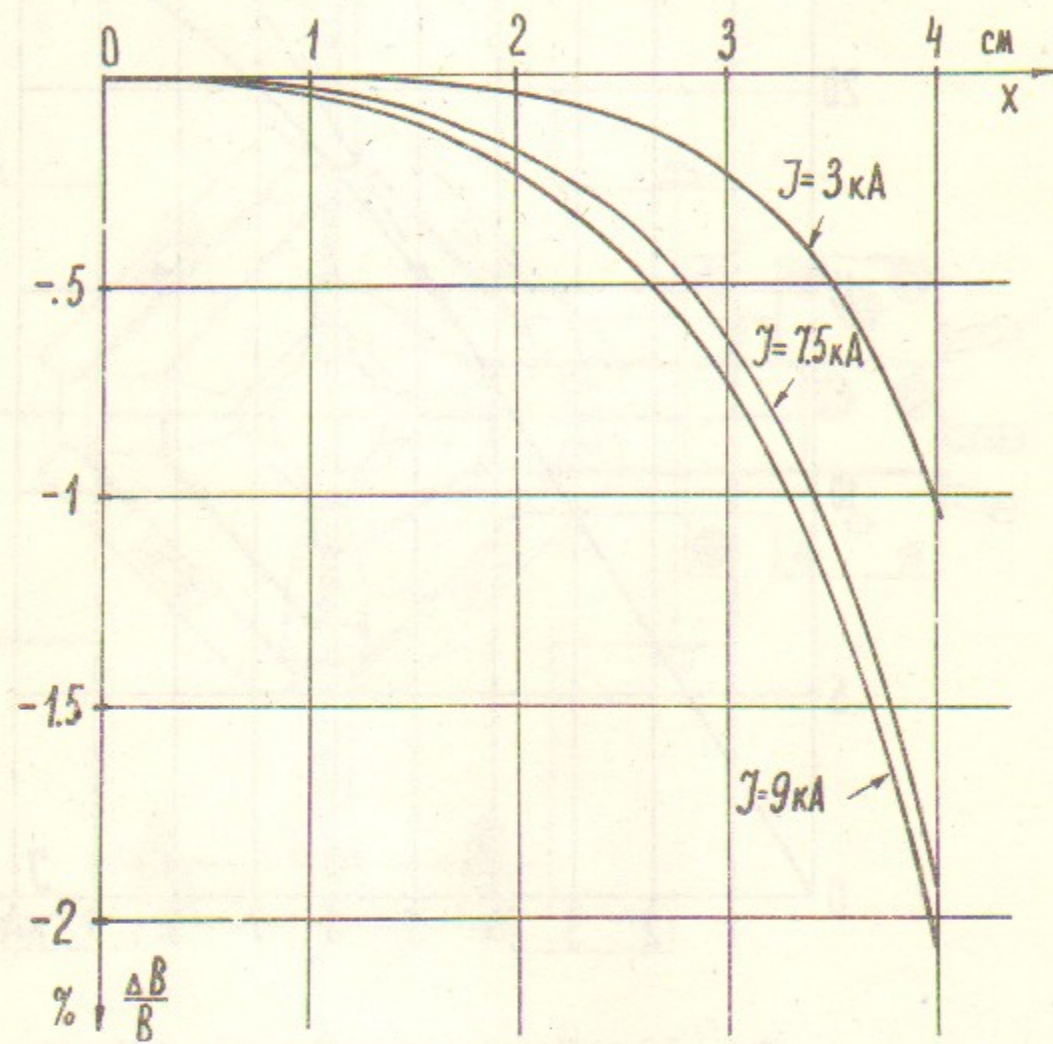


Рис. 14. Расчетное распределение поля в медианной плоскости магнита.

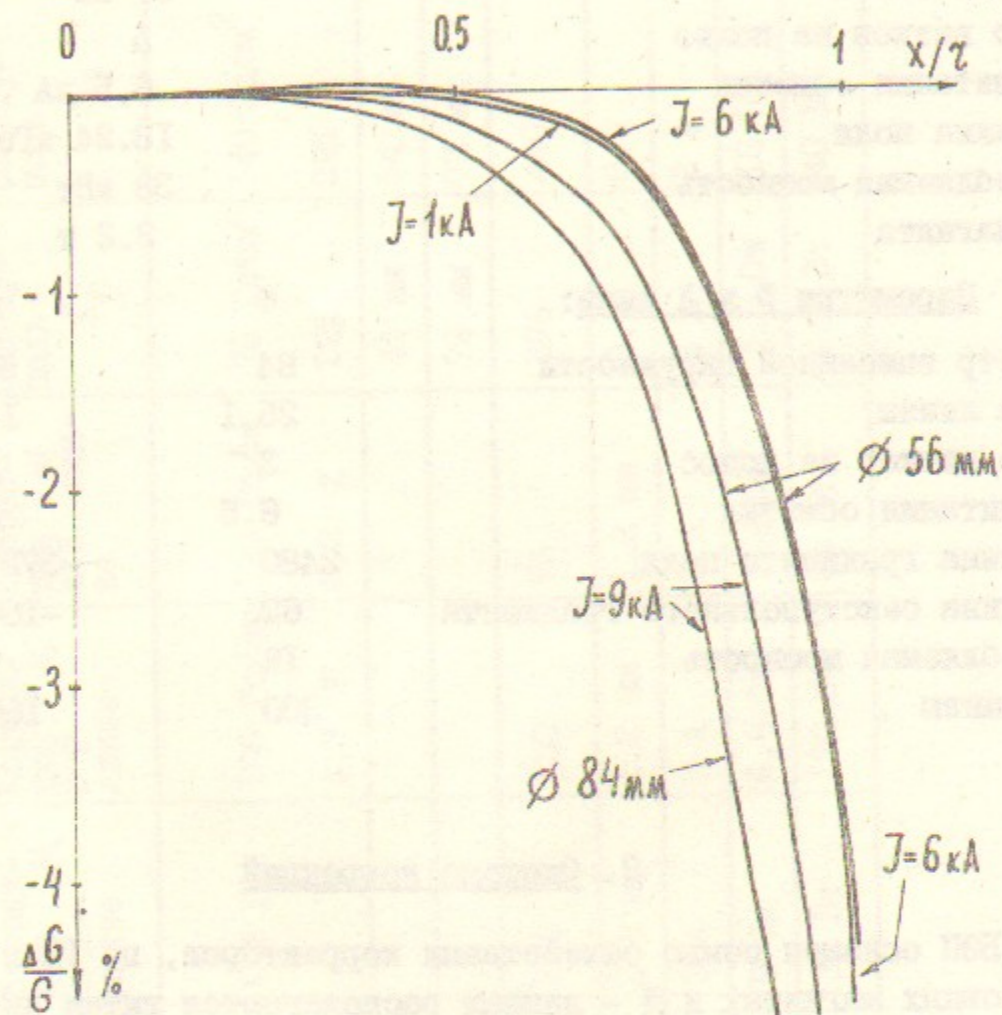


Рис. 15. Расчетное распределение градиента поля в медианной плоскости линз.

ния линз с хорошей точностью подобна кривой рис.13 и поэтому здесь не приводится.

Таблица 2

Параметры магнита:

Межполюсный зазор	40 мм
Длина магнита	67 см
Число витков на полюс	5
Ток питания обмотки	6,5 кА
Величина поля	18.24 кГс
Потребляемая мощность	38 кВт
Вес магнита	2.2 т

Параметры  $\Phi$  и  $D$  линз:

	$\Phi$	$D$
Диаметр вписанной окружности	84	56 мм
Длина линзы	25.1	16.25 см
Число витков на полюс	3	2
Ток питания обмотки	6.5	6.5 кА
Величина градиента поля	2480	-3720 Гс/см
Величина секступольного градиента	62	-160 Гс/см <sup>2</sup>
Потребляемая мощность	16	9 кВт
Вес линзы	300	160 кг

## 2. Система коррекций

БЭП оснащен семью семействами корректоров, по 12 в каждом. В основных магнитах и  $D$  - линзах располагаются витки дипольных корректоров, позволяющие управлять радиальной и вертикальной орбитой.  $D$  и  $\Phi$  линзы имеют слаботочные коррекции градиента поля. Для тонкой подстройки хроматизма предусмотрены две группы секступольных линз  $S_x$  и  $S_z$ , а для управления величиной связи бетатронных колебаний - семейство 12 скью-квадрупольных линз.

Параметры корректоров приведены в таблице 3.

Таблица 3

Тип корректора	Коррек-ция $H_z$ в магните	Коррек-ция $H_x$ в $D$ -линзе	Коррек-ция $H_z$ в $\Phi$ -линзе	Коррек-ция $H_x$ в $D$ -линзе	Коррек-ция $H_z$ в $\Phi$ -линзе	Сексту-поль $S_z$	Сексту-поль $S_x$	Скью-квадруполь
Пара-метры коррек-тора	60 Гс	112 Гс	106 Гс/см	120 Гс/см	76 Гс/см <sup>2</sup>	140 Гс/см <sup>2</sup>	140 Гс/см <sup>2</sup>	140 Гс/см
Величина коррекции:	0,33 %		4,3 %	3,2 %	22%	29%		
а) абсолютная								
б) относительная для $E = 700$ МэВ								
Эффективная длина						54 мм	44 мм	70 мм
Диаметр вл. окружности						72 мм	72 мм	82 мм
Число витков в одной катушке	50	224	150	75	276	440	276	480
Диаметр провода	0,8 мм	0,8 мм	1,2 мм	1,2 мм	0,9	0,9	0,9	0,9
Ток питания	2 А	2 А	5 А	5 А	2 А	2 А	2 А	2 А
Сопротивление	6,4 Ом	9 Ом	6,8 Ом	3,4 Ом	2,1 Ом	10 Ом	8 Ом	8 Ом
Потребляемая мощность	26 Вт	36 Вт	170 Вт	85 Вт	8,5 Вт	40 Вт	32 Вт	32 Вт

### 3. Вакуумная система

Вакуумная система БЭП включает в себя 12 охлаждаемых водой алюминиевых камер (рис.16), проходящих через линзы и магниты кольца, и 12 прямолинейных промежутков, в которых располагаются высоковакуумные магниторазрядный и титановый испарительные насосы, обеспечивающие средний по кольцу вакуум  $4 \cdot 10^{-8}$  Торр для циркулирующего тока  $I = 2$  А. Алюминиевые камеры, обладающие после технологической обработки малой скоростью десорбции, изготовлены методом горячего прессования.

В семи стандартных прямолинейных промежутках (рис.17), изготовленных из нержавеющей стали, кроме насосов расположены также зеркало-приемник СИ, электрод для обработки поверхности вакуумной системы тлеющим разрядом в среде аргона и перфорированная трубка, повторяющая в сечении профиль алюминиевых камер. Эта труба, являясь фактически электромагнитным экраном, значительно подавляет когерентное излучение пучка в объем промежутка.

Остальные 5 промежутков заняты впускным и выпускным магнитами, инфлектором, прединфлектором и резонатором.

Алюминиевые камеры оканчиваются биметаллическими фланцами (сплав алюминий + нерж. сталь) и соединяются с прямолинейными промежутками аргонодуговой сваркой. Вакуумная система накопителя разделяется на отдельные участки пролетными высоковакуумными шиберами. В открытом состоянии пролетное отверстие в шибере повторяет поперечное сечение вакуумной камеры, причем заслонка шибера находится при этом в уплотненном состоянии для устранения СВЧ возбуждений полости шибера.

### 4. ВЧ система

Длина выпущенного из синхротрона Б-3М сгустка электронов равна 6 м, поэтому кратность частоты ВЧ - системы БЭП выбрана низкой -  $q = 2$ . Параметры ВЧ - системы приведены в таблице 4, а эскиз осевого сечения резонатора показан на рис.18.

Медный вакуумный резонатор I помещается в объем из нержавеющей стали 2. Перестройка рабочей частоты осуществляется с помощью прогиба торцевых медных дисков.3. Предусмотрены специальные механизмы 7 для перестройки высших мод резонатора.

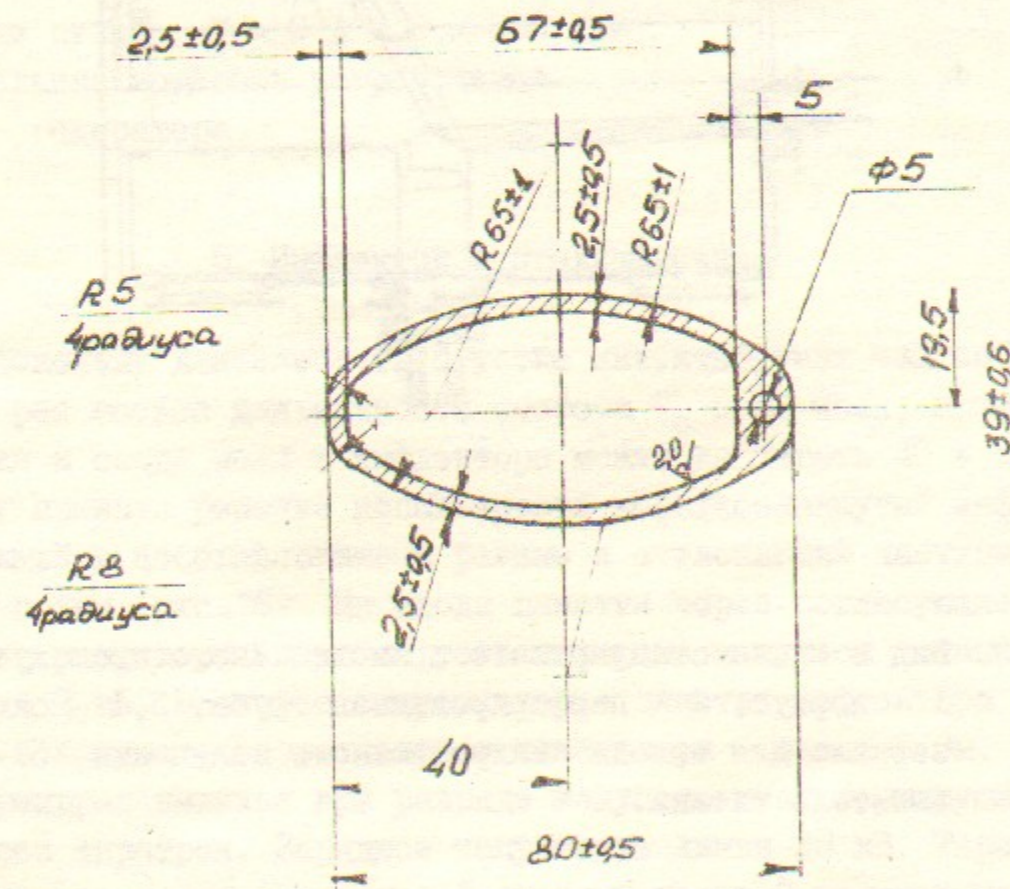


Рис. 16. Вид в плане и поперечное сечение алюминиевой вакуумной камеры.

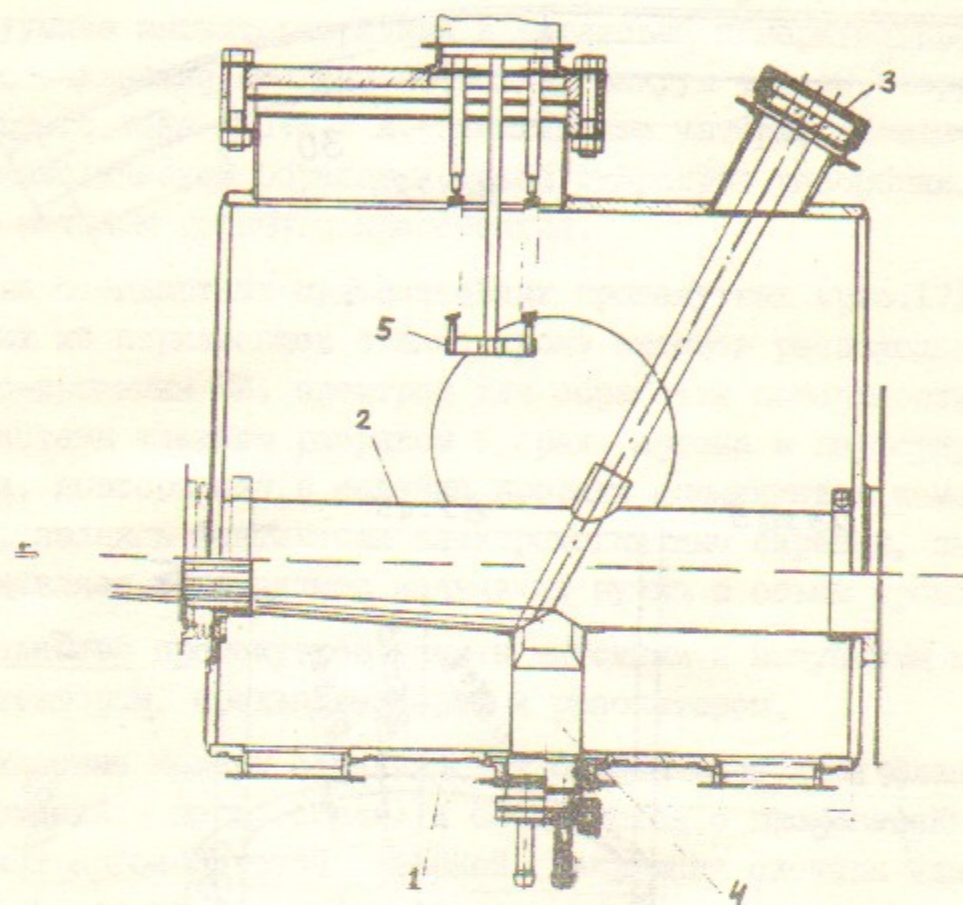


Рис. 17. Вид в плане стандартного прямолинейного промежутка.  
1 - корпус; 2 - перфорированная труба; 3, 4 - окно и зеркало для вывода синхротронного излучения, 5 - расплыватель титана.

Таблица 4

Параметры резонатора:

Рабочая частота	26.827 МГц
Волновое сопротивление	25 Ом
Добротность	6500
Напряжение	50 кВ
Потребляемая мощность	7.8 кВт
Диапазон перестройки частоты	$\pm 2\%$
Наружный диаметр	850 мм
Длина по фланцам	570 мм
Ускоряющий зазор	16 мм
Частота синхротронных колебаний	$12 + 25$ кГц
Мощность потерь на СИ	34 кВт
при токе пучка $I = 2$ А и $E = 700$ МэВ	
Максимальная мощность потребляемая от ВЧ - генератора	42 кВт

5. Инффлектор и прединффлектор

Поскольку длительность слутка инжектируемых частиц в несколько раз меньше длительности оборота  $T_0 = 43$  нсек, время нарастания и спада поля в инффлекторе может достигать  $40 + 50$  нсек. Поэтому принято решение использовать короткозамкнутый инффлектор, работающий в несогласованном режиме и отклоняющий частицы магнитным полем (рис.19). На входы пластин через согласующие нагрузочные резисторы подаются разнополярные импульсы с амплитудой тока 2 кА. Волновое сопротивление пластин инффлектора равно 88 Ом, а волновое сопротивление генератора - около 6 Ом. Генератор формирует импульс при разряде искусственной формирующей линии через тиратрон. Зарядное напряжение линии 25 кВ. Тиратрон подключен по входу отклоняющей системы через 8 включенных параллельно кабелей с волновым сопротивлением 50 Ом.

Для пропуска СИ в пластинах инффлектора сделана щель высотой 5 мм. В инффлекторном промежутке имеется механический привод, позволяющий по окончании процесса накопления закоротить пластины между собой и на корпус, образовав тем самым односвязное сечение камеры.

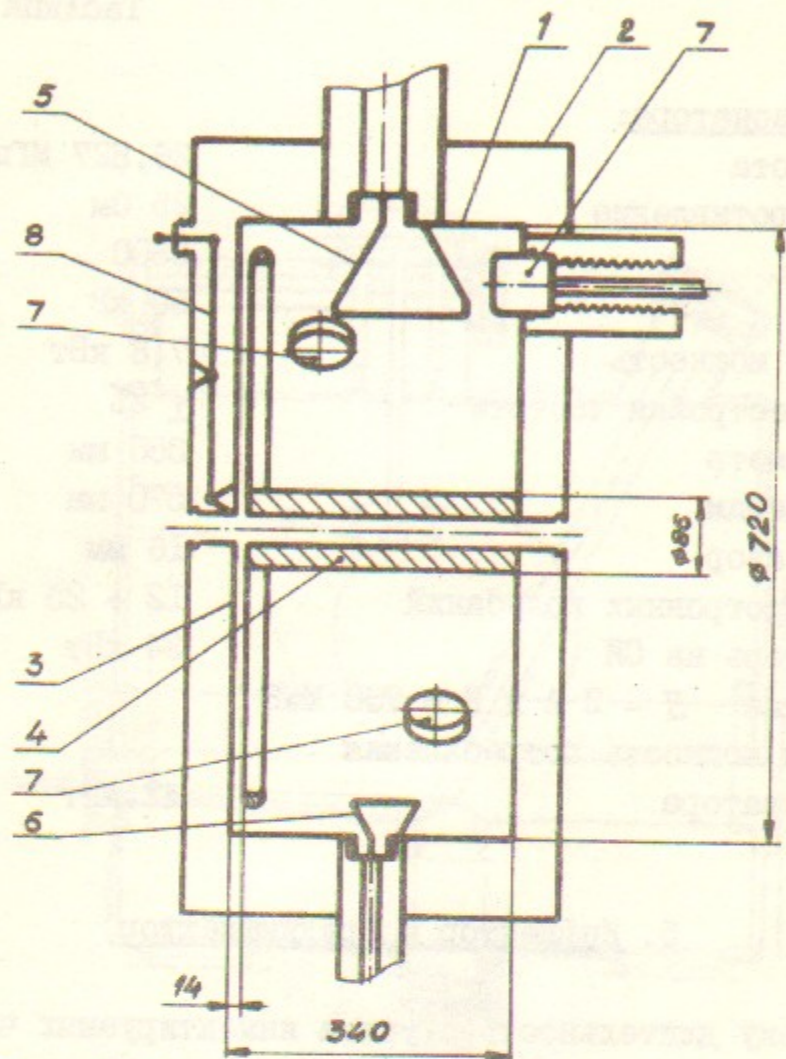


Рис. 18. Осевое сечение резонатора.

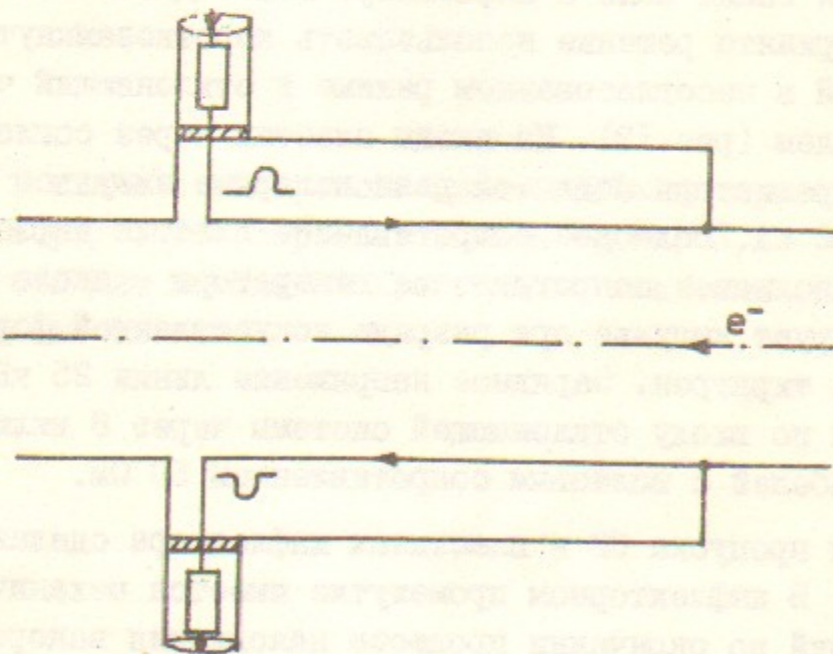


Рис. 19. Схема магнитного инфлектора.

Инфлекторный и прединфлекторный промежутки являются идентичными и используются как для инъекции так и для эжекции пучков.

#### Подавление когерентных неустойчивостей

Опыт работы на ВЭШ-2 и ВЭШ-3 показывает, что при интенсивностях приближающихся к  $10^{12}$ , характеристики пучка далеки от требований проекта ВЛЭШ - возбуждаются нестационарные коллективные колебания, которые приводят к увеличению эффективного эмиттанса пучка и энергетического разброса.

Основной причиной когерентных возбуждений для ультрарелятивистских пучков является электромагнитное поле, индуцированное летящим пучком на неровностях вакуумной камеры, пластинах впуска - выпуска, ускоряющих резонаторах и прочих компонентах накопителя, нарушающих гладкость окружающей пучок структуры. Взаимодействие с этими полями определяет пороговые значения интенсивности, инкременты и в конечном итоге ограничивает возможности накопления интенсивного пучка с заданными параметрами. Очевидно, что в реальном накопителе неизбежны нарушения гладкости как по причинам принципиального (ускоряющий резонатор, системы впуска - выпуска) так и конструктивного характера (вакуумные клапаны, сильфоны, сочленения), устройства диагностики пучка также нарушают гладкость вакуумной камеры: окна вывода СИ, пикап-электроды и т.п. Кольцо БЭШ спроектировано так, чтобы минимизировать взаимодействие пучка с окружающей его структурой до приемлемого уровня.

В частности, профиль алюминиевой вакуумной камеры, проходящей через магнит и квадрупольный дублет, в 7 стандартных прямолинейных промежутках продолжается перфорированными трубками (рис.17), гофры сильфонов внутри прикрыты гибкими полосками, соединения фланцев снабжены контактными шайбами. Такой подход позволил локализовать принципиально неустраняемые нарушения гладкости в 5 нестандартных прямолинейных промежутках.

Предусмотрена возможность закоротки по всей длине пластин инфлектора и прединфлектора по окончании импульса инъекции. Уступы в сечении вакуумной камеры в местах расположения септум-

магнитов будут прикрыты проволочными решетками. Резонатор на вторую гармонику, расположенный в последнем из пяти нестандартных промежутков, выглядит для пучка как радиальная линия с очень малым зазором.

Ведётся изучение электродинамических свойств окружающей пучок структуры, начаты измерения импедансов, предварительные оценки порогов нестабильностей оптимистичны. Наибольшие опасения вызывает *head - tail* неустойчивость со связью мод, подчеркнутая низким значением синхротронной частоты  $\nu_s = 1 + 2 \cdot 10^{-3}$ , которую можно увеличить с переходом на другой вариант ВЧ с более высоким номером гармоники и пиковым напряжением.

### З а к л ю ч е н и е

В 1985 году должно быть закончено изготовление всех узлов накопителя БЭП и начат его монтаж. К концу 1984 года планируется завершить цикл электродинамических и магнитных измерений. По их результатам в конструкцию магнито-вакуумной системы накопителя будет внесена необходимая коррекция.

### Л и т е р а т у р а

1. В.Е.Балакин, Г.И.Будкер, А.Н.Скринский. "О возможности создания установки со встречными электрон-позитронными пучками на сверхвысокие энергии". В сб. "Проблемы физики высоких энергий и управляемого термоядерного синтеза", стр.11, Наука, Москва, 1981 г.
2. А.А.Коломенский, А.Н.Лебедев. "Теория циклических ускорителей", Ф.М. 1962 г.

В.В.Анашин, И.Б.Вассерман, В.Г.Вещеревич,  
Б.И.Гришанов, А.В.Евстигнеев, И.А.Кооп,  
В.И.Купчик, В.М.Меджидзаде, А.А.Михайличенко,  
Е.А.Переведенцев, В.М.Петров, И.К.Седяров,  
А.Н.Скринский, Э.М.Трахтенберг, Ю.М.Шатунов

ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫЙ НАКОПИТЕЛЬ-ОХЛАДИТЕЛЬ  
БЭП

Препринт  
№ 84-114

Работа поступила - 31 августа 1984 г.

---

Ответственный за выпуск - С.Г.Попов  
Подписано к печати 19.09-1984 г. МН 04552  
Формат бумаги 60x90 1/16 Усл.2,0 печ.л., 1,6 учетно-изд.л.  
Тираж 290 экз. Бесплатно. Заказ № 114.

---

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90