

сированным электронным зарядом, исследуем устойчивость системы относительно возбуждения неаксиально симметричных волн с компонентами поля E_ϕ , E_r и H_z . Дисперсионное уравнение, описывающее зависимость частоты возмущения ω от параметров системы и поперечного волнового числа q , имеет вид

$$2 + \frac{\omega_i^2(a)}{\Omega^2 - \omega^2} - \frac{\omega_e^2}{\left(\omega - \frac{1}{2} q \omega_H\right)^2} = 0, \quad (1)$$

где $\omega_i^2 = \frac{4\pi e^2 n_{0i}}{M} \exp\left(-\frac{\Omega^2 a^2}{v_T^2}\right)$; $\Omega^2 = \frac{4\pi n_{0e} e^2}{M}$ — ча-

стота радиальных колебаний ионов в электронной потенциальной яме; v_T — тепловая скорость ионов; a — радиус электронного пучка. При выводе уравнения (1) предполагалось, что пучок ионов достаточно сильно размыт по поперечным скоростям, т. е. ионы распределены равномерно по поперечному сечению пучка: $\Omega a \approx v_T$.

Неустойчивость в системе развивается при $|q| = 1$ (инкремент нарастания колебаний равен $\gamma = \text{Im} \omega = \frac{\sqrt{3}}{4} \omega_i^{2/3} \omega_H^{1/3}$) и допускает простое физическое объяснение: электроны образуют «пучок» относительно ионов, в результате чего возникает пучковая неустойчивость [3]. При этом энергия упорядоченного движения электронов переходит в энергию электромагнитного излучения. Зависимость электрического поля возмущения от координаты и времени внутри пучка (при $r \leq a$) имеет вид

$$E_\phi = -iE_0 \frac{dI_1}{dr} e^{\gamma t - i(\omega t + \phi)}; \quad E_r = E_0 \frac{1}{r} I_1 e^{\gamma t - i(\omega t + \phi)}, \quad (2)$$

где $I_1 = I_1\left(\frac{\omega_H r}{c}\right)$ — функция Бесселя.

Удерживая в уравнениях движения электронов пучка члены, квадратичные по амплитуде поля, и усредняя их по координате ϕ , найдем уравнение, описываю-

щее зависимость плотности электронов $n(r, t)$ от времени и координаты r :

$$\frac{\partial n}{\partial t} - \frac{1}{2\gamma} \left(\frac{eE_0}{2mc}\right)^2 e^{2\gamma t} \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 n + \mu^2 r \frac{\partial n}{\partial r}\right) = 0; \quad \mu = 4 \frac{c}{\omega_H} \cdot \frac{\gamma}{\omega_H}. \quad (3)$$

Уравнение (3) имеет асимптотическое решение при $t \rightarrow \infty$ (практически достаточно, чтобы t было порядка $1/\gamma$, при этом амплитуды полей возмущения уже успевают значительно подрасти):

$$n_\infty(r) = n(t=0) \frac{a^2}{2\mu^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\mu^2}\right). \quad (4)$$

Согласно выражению (4) радиальное сжатие пучка будет происходить при условии $a^2 > 2\mu^2$ и оказывается возможным в связи с тем, что амплитуда поля возмущения растет с координатой r и, следовательно, на частицы пучка действует градиентная сила [4], направленная к центру пучка. С развитием неустойчивости величина этой силы растет со временем и приводит к фокусировке пучка вблизи оси системы ($r = 0$). Стационарное состояние (4) устанавливается, когда фокусирующая высокочастотная сила [второй член в уравнении (3)] становится равной силе диффузионного расталкивания в пучке, возникающей из-за высокочастотного разогрева пучка [третий член в уравнении (3)].

(№ 302/4914. Статья поступила в Редакцию 5/VI 1968 г., аннотация — 3/XII 1968 г. Полный текст 0,7 а. л., 12 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. И. Будкер. «Атомная энергия», 1, вып. 5, 9 (1956).
2. L. Brillouin. Phys. Rev., 67, 260 (1945).
3. А. И. Ахизер, Я. Б. Файнберг. «Докл. АН СССР», 64, 555 (1949).
4. А. В. Гапонов, М. А. Миллер. ЖЭТФ, 34, 242 (1958).

Введение режима с регулируемой энергией в циклотроне У-150-2 Института ядерной физики АН УзССР

К. Н. ПРИСБАЕВ, Я. М. УЗАКОВ, Б. Г. КУРГАНОВ,
В. Р. ШУКУРОВ, А. А. ДЖУМАНОВ, А. У. УСМАНОВ

УДК 621.384.633

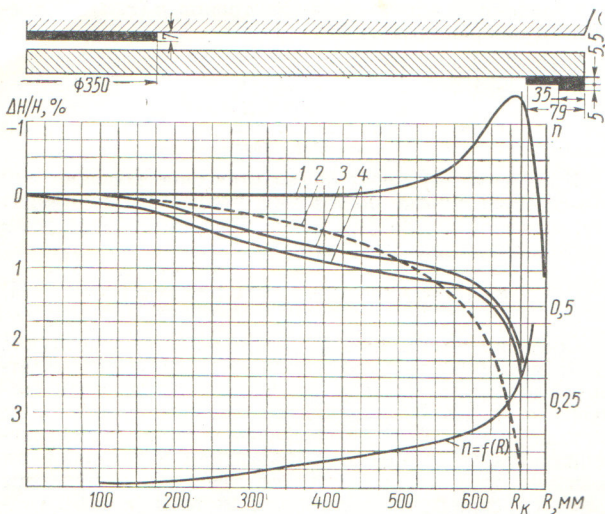
Для циклотрона У-150-2, действующего с 1965 г. в Институте ядерной физики АН УзССР, диапазон поля, подлежащий коррекции для регулирования энергии, составляет 6—16,5 кэ. Верхний предел значения поля определяется возможностями самого магнита, а нижний предел ограничен собственной частотой резонансного контура установки.

Нами использован способ коррекции поля с помощью токовых обмоток [1, 2]. Для коррекции поля введены три пары обмоток (центральная, периферийная и наружная) и четыре пары азимутальных обмоток, служащих для коррекции азимутальных неоднородностей поля. Центральная и периферийная обмотки расположены внутри ускорительной камеры под плакировкой, а наружная и азимутальная обмотки — в зазоре для внешнего шиммирования.

Для расположения периферийной и центральной обмоток между листом медной плакировки и плоскостью крышки камеры решено было уменьшить толщину крышек камеры на 10 мм. С этой целью были изготовлены новые крышки камеры из стали Ст. 3 толщиной 105 мм.

В центральной и периферийной обмотках предусмотрено раздельное питание верхней и нижней секций обмоток, что имеет важное значение при настройке пучка как на малых, так и на больших радиусах ускорения.

В результате проведенных измерений получены все необходимые зависимости, а именно: влияние каждой обмотки на форму и абсолютную величину поля при различных напряженностях, подбор числа и профиля кольцевых и дисковых шиммов и т. д.



Исследованы зависимости, характеризующие влияние токов обмоток на форму и величину поля основного магнита (см. рисунок). Нами специально изучалось влияние токов обмоток на коэффициент вывода пучка. Оказалось, что наиболее сильно на коэффициент выпус-

ка влияют периферийная и центральная обмотки. Небольшие изменения тока наружной обмотки больше влияют на геометрию пучка за отклоняющей системой, чем на коэффициент выпуска.

Зависимость формы напряженности магнитного поля от радиуса при различных H_0 :
 1 — $H_0 = 7 \text{ кэ}$
 2 — $H_0 = 15 \text{ кэ}$
 3, 4 — $7 \leq H_0 \leq 16 \text{ кэ}$ (рабочие кривые, полученные при помощи обмоток). Дискковый шимм диаметром 350 мм, высотой 7 мм, кольцевые шиммы диаметром 79 и 35 мм и высотой 5,5 и 5 мм.

ка влияют периферийная и центральная обмотки. Небольшие изменения тока наружной обмотки больше влияют на геометрию пучка за отклоняющей системой, чем на коэффициент выпуска.

(№ 303/5074. Статья поступила в Редакцию 19/IX 1968 г., аннотация — 9/XII-1968 г. Полный текст 0,55 а. л., 7 рис., 9 библиографических ссылок.)

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Торнтон, К. Войер, Дж. Питерсон. В кн. «Материалы Международной конференции по мирному использованию атомной энергии (Женева, 1955)». Т. 4. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 109.
2. Н. И. Венников. Диссертация. Москва, 1963.

Порядок депонирования статей

Депонирование статей осуществляется или по просьбе авторов, или по решению редакционной коллегии журнала.

В журнале печатаются подробные аннотации статей, а полные тексты хранятся в редакции в течение 5 лет и высылаются читателям по их требованию наложенным платежом. Объем аннотации не должен превышать 2 стр. машинописного текста, а объем депонируемого текста — 12 стр. В отдельных случаях в аннотацию можно включить рисунок, таблицу, основные формулы и т. п.

Сроки опубликования аннотаций значительно короче сроков публикации статей и писем.

Депонированные статьи являются научными публикациями и учитываются при защите диссертаций.

Статьи, представленные для депонирования, должны быть окончательно отработаны авторами и годны для фотографического воспроизведения; текст следует печатать на машинке с жирной черной лентой, формулы вписывать тушью или черными чернилами, рисунки выполнять на ватманской бумаге или кальке и снабжать подписями.

Цена одного экземпляра депонируемого текста 40 коп. При оформлении заказа на тексты депонированных статей необходимо указывать регистрационный номер статьи, который помещен в конце аннотации.

Заказы направлять в редакцию журнала по адресу: Москва, Центр, ул. Кирова, 18.