

Таблица 3

Значения $\Delta W_{||}$ для тока 8,5 а, %

Давление газа, мм рт. ст.	Напряженность продольного магнитного поля, э			
	1320	960	720	480
$2 \cdot 10^{-5}$	10	14	17	15
$9 \cdot 10^{-5}$	10	13	17	17
$(4 \div 6) \cdot 10^{-4}$	15	15	17	19
$2 \cdot 10^{-3}$	27	—	26	23

Среднеквадратичная ошибка измерений $\pm 6\%$.

Сравнивая результаты, приведенные в табл. 2 и 3, с результатами табл. 1, можно отметить, что они в пределах ошибок измерений согласуются друг с другом.

Поступило в Редакцию 4/VI 1964 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. К. Березин и др. «Атомная энергия», 14, 249 (1963).
2. А. К. Березин и др. В сб. «Физика плазмы и проблемы управляемых термоядерных реакций». Вып. III. Киев, Изд-во АН УССР, 1963, стр. 125.
3. В сб. «Техника измерений на сантиметровых волнах». Вып. II. М., «Советское радио», 1949, стр. 133.
4. Э. А. Гипзтон. Измерения на сантиметровых волнах. М., Изд-во иностр. лит., 1960, стр. 246, 247.

УДК 533.9

О работе цилиндрителя в стеллараторе

Б. И. Гаерилов, Ф. В. Карманов, Г. П. Максимов

Для изучения физики плазмы и управляемых термоядерных реакций используются магнитные поля сложной конфигурации. В частности, представляет интерес изучение магнитного поля с винтовой симметрией, используемого, например, в стеллараторе [1] и получаемого суперпозицией однородного продольного поля и поля, образованного n парами винтовых проводников с чередующимися направлениями тока. Такое поле интересно тем, что в замкнутых системах оно обладает замкнутыми магнитными поверхностями. Поперечное сечение этих поверхностей, образованных трехзаходной винтовой обмоткой ($n = 3$), имеет вид фигур, близких по форме к равностороннему треугольнику.

На практике в ловушках с такими полями иногда желательнее иметь участки с аксиально симметричным магнитным полем. На этих участках необходимо треугольные магнитные поверхности превращать в цилиндрические и, чтобы не разрушить замкнутые магнитные поверхности, заботиться о хорошем «спивании» их при переходе из винтовой области в область с аксиальной симметрией. Этот процесс называется «цилиндрированием» магнитных поверхностей, а участки винтовых проводников, в области которых происходит цилиндрирование, получили название цилиндрителей. Конструктивно они могут быть выполнены в виде коротких участков винто-

вой обмотки, отличающихся от основной либо величиной тока, либо шагом.

Приближенные расчеты цилиндрителей даны в работе [2]. В настоящей статье приводятся результаты экспериментальной проверки работы одного из вариантов цилиндрителя.

Цилиндрирование винтовых магнитных поверхностей, образованных трехзаходной винтовой обмоткой, изучалось методом развертки электронных лучей. Электронный источник, позволяющий получить 19 электронных пучков, помещался в аксиально симметричное магнитное поле. Электронные пучки разворачивались по окружностям и, проходя через область исследуемого винтового магнитного поля вдоль магнитных силовых линий, фиксировались на флуоресцирующем экране.

Вакуумная камера установки была изготовлена из немагнитной нержавеющей стали марки 1Х18Н9Т. Ее внутренний диаметр был равен 10 см, а длина от электронного источника до флуоресцирующего экрана составляла 2,3 м. Рабочий вакуум в установке поддерживался в пределах $2 \cdot 10^{-5} \div 8 \cdot 10^{-6}$ мм рт. ст.

Постоянное продольное магнитное поле создавалось системой катушек, расположенных друг от друга на расстоянии, равном $2/3$ среднего радиуса катушек ($r_{cp} = 15$ см). Максимальная напряженность поля

Значения $\int_0^{\infty} F_1(W) dW$ и $\int_0^{\infty} F_2(W) dW$ определяли

планиметром из графиков, аналогичных приведенным на рис. 2 и 3 работы [1], но выполненным в большем масштабе.

Для определения $\int_0^{\infty} WF_1(W) dW$ и $\int_0^{\infty} WF_2(W) dW$

строили кривые $WF_1(W)$ и $WF_2(W)$ и при помощи планиметра находили значения указанных выше интегралов. Площади измеряли со среднеквадратичной ошибкой $\pm 1,5\%$. Полная ошибка измерений составляла $\pm 6\%$.

Значения $\Delta W_{||}$ вычислялись для токов 5 и 8,5 а при различных значениях напряженности продольного магнитного поля и давления рабочего газа в плазменной камере (табл. 2, 3).

Таблица 2

Значения $\Delta W_{||}$ для тока 5 а, %

Давление газа, мм рт. ст.	Напряженность продольного магнитного поля, э			
	1320	720	360	240
$2 \cdot 10^{-5}$	16	15	12	—
$9 \cdot 10^{-5}$	17	16	16	—
$(4 \div 6) \cdot 10^{-4}$	22	22	18	23
$2 \cdot 10^{-3}$	25	26	26	—

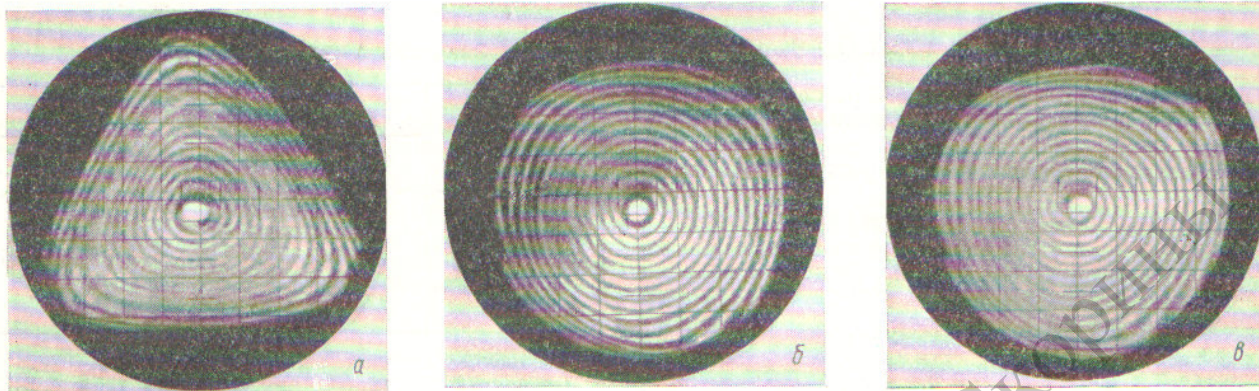


Рис. 1. Форма магнитных поверхностей при цилиндрировании.

Расположение экрана: а — в середине винтовой обмотки; б — в конце цилиндрителя; в — в аксиально симметричном поле на расстоянии 30 см от цилиндрителя.

составляла 500 э. Длина магнитной системы была равна 4,4 м.

Трехзаходная винтовая обмотка ($n = 3$) имела длину 0,73 м и шаг винта $L_0 = 1$ м ($\alpha = \frac{2\pi}{L_0} = 6,28$ рад/м).

Обмотка могла перемещаться внутри катушек основного поля вдоль вакуумной камеры так, что на флуоресцирующем экране можно было наблюдать положение электронных лучей в любой части винтового поля. На концах винтовой обмотки имелись цилиндрители. Они представляли собой короткие участки трехзаходной винтовой обмотки. Параметры цилиндрителей определялись по формулам работы [2]:

$$b_{a_{ц}} = \frac{\pi}{3}; \quad \frac{I}{a} = \frac{2I_{ц}}{a_{ц}}$$

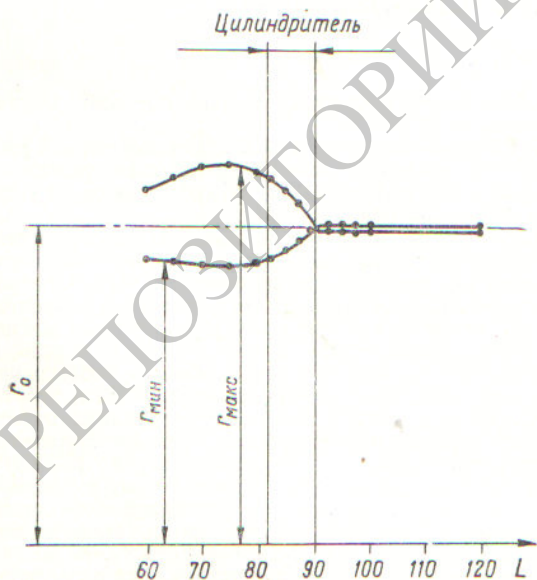


Рис. 2. Изменение r_{\min} и r_{\max} треугольной формы магнитной поверхности в различных сечениях винтовой поверхности.

Здесь b — длина цилиндрителя; $\alpha_{ц} = \frac{2\pi}{L_{ц}}$, где $L_{ц}$ — шаг винтовой обмотки цилиндрителя; $I_{ц}$ — ток в про-

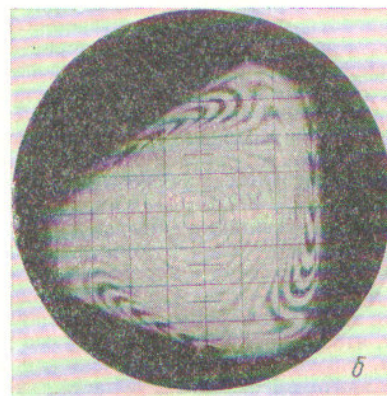
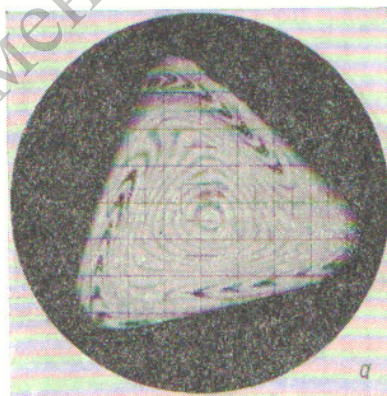


Рис. 3. Искажение магнитной поверхности при отсутствии цилиндрителей.

Расположение экрана: а — в середине винтовой обмотки; б — вне винтовой обмотки.

водниках винтовой обмотки цилиндрителя. Для нашего случая при $I_{ц} = I \alpha_{ц} = 12,56 \text{ рад/м}$ и $b = 8,3 \text{ см}$.

Эксперименты показали, что цилиндрители с такими параметрами оказывают слишком сильное влияние на магнитные поверхности. Цилиндрические магнитные поверхности происходят на меньших расстояниях, чем размеры цилиндрителя, а затем магнитные поверхности снова приобретают треугольную форму.

Чтобы ослабить действие цилиндрителя, в нем был уменьшен ток. Хорошее цилиндрирование получилось при уменьшении тока на 10% по сравнению с расчетным. Из фотографий рис. 1 видно, что на радиусе до 2,5 см цилиндрирование осуществилось с точностью до 1%. На рис. 2 приведен график изменения $r_{\text{мин}}$ и $r_{\text{макс}}$ треугольной формы магнитной поверхности в различных сечениях винтовой обмотки.

Второй вариант хорошего цилиндрирования получился при уменьшении длины цилиндрителя на 10%.

Эксперименты приводят к выводу, что магнитные поверхности в винтовой области можно «сшить» с акси-

ально симметричным участком при выполнении условий:

$$b\alpha_{ц} = \frac{\pi}{n} \cdot \frac{I}{\alpha_{ц}} = k \frac{I_{ц}}{\alpha_{ц}}$$

Для трехзаходной винтовой обмотки в нашем случае $k = 2,2$.

На рис. 3 представлены фотографии, показывающие, как искажаются магнитные поверхности при отсутствии цилиндрителей.

Поступило в Редакцию 14/У 1964 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Морозов, Л. С. Соловьев. Вопросы теории плазмы. Вып. II. М., Госатомиздат, 1963, стр. 38.
2. E. Friman et al. The Proposed Model C Stel-larator Facility Project Matterhorn. Ch. IV. NYO-7899, p. 78.

УДК 621.384.612

Экспериментальная проверка возможности использования штыревых замедляющих систем в ускорительной технике

П. И. Госьков

В волноводном электронном синхротроне на 10 Мэв, запущенном в 1963 г. в Томском политехническом институте [1], в качестве ускоряющей системы применен замкнутый изогнутый диафрагмированный волновод. Однако, как показано в работе [2], штыревые замедляющие системы в качестве ускоряющих систем больших электронных синхротронов более перспективны, чем диафрагмированные волноводы. Чтобы окончательно решить вопрос о целесообразности применения некоторых структур в электронных ускорителях, необходимо определить шунтовое сопротивление штыревых систем, характеризующее эффективность использования замедляющих систем в ускорителях.

Поскольку точно рассчитать шунтовое сопротивление штыревых систем очень трудно, необходимо опреде-

лить его экспериментально. На рис. 1 представлены штыревые замедляющие системы, шунтовое сопротивление которых определялось методом малых возмущающих тел в центре пространства между рядами штырей (в двухрядных штыревых системах) и в пространстве

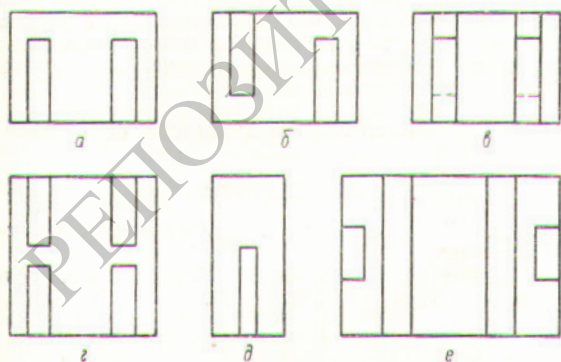


Рис. 1. Штыревые замедляющие системы:

а — двухрядная гребенка; б — встречные ряды штырей; в — двухрядная встречно-штыревая система; г — двойная двухрядная гребенка; д — однорядная гребенка; е — двухрядная лестница с выступами.

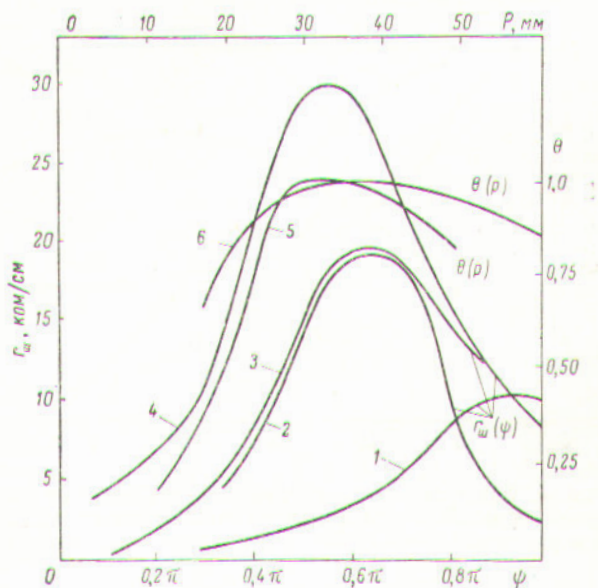


Рис. 2. Зависимость $r_{\text{ш}}$ от ψ и θ от P .

Зависимость $r_{\text{ш}}$ от ψ : 1 — двухрядная гребенка; 2 — встречные ряды штырей; 3 — однорядная гребенка; 4 — лестница с выступами. Зависимость θ от P : 5 — лестница с выступами; 6 — двухрядная гребенка.