

909



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Лаборатория высоких энергий

---

В.П. Саранцев

909

**УСТАНОВКА ТРУБОК ДРЕЙФА  
И НАСТРОЙКА ПОЛЯ  
ПО ДЛИНЕ РЕЗОНАТОРА  
ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ-ИНЖЕКТОРА  
СИНХРОФАЗОТРОНА НА 10 БЭВ**

Дубна 1962 год

В.П. Саранцев

909

УСТАНОВКА ТРУБОК ДРЕЙФА  
И НАСТРОЙКА ПОЛЯ  
ПО ДЛИНЕ РЕЗОНАТОРА  
ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ-ИНЖЕКТОРА  
СИНХРОФАЗОТРОНА НА 10 БЭВ

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Опыт эксплуатации линейного ускорителя, использовавшегося в качестве инжектора синхрофазотрона, показал, что одной из основных характеристик его работы является разброс частиц в пучке по энергиям. В связи с этим при проектировании и настройке нового линейного ускорителя-инжектора большое внимание было обращено на параметры, определяющие разброс частиц по энергиям.

В работе <sup>/1/</sup> сформулированы основные требования, предъявляемые к ускоряющей системе, а также даны некоторые оценки влияния неравномерности поля по длине ускорителя на параметры пучка. Там, в частности, показано, что для того, чтобы отклонение синхронной фазы частиц в ускорителе не выходило за пределы, даваемые точностью расчета, трубки дрейфа должны отклоняться от оси не более чем на  $\pm 0,1$  мм. На эту цифру мы и ориентировались при разработке системы установки трубок.

Геометрической основой системы служил световой луч, проходящий по оси резонатора. На одном конце резонатора располагался источник света; по центру резонатора на входе и выходе его находились диафрагмы диаметром 0,2 мм. Свет, прошедший через диафрагмы, улавливался электронным фотоумножителем, который давал сигнал, пропорциональный освещенности катода. Сигнал наблюдался на осциллографе внутри резонатора. Таким образом задавалась ось резонатора. В качестве источника света использовалась импульсная лампа ИФК-120. (Схема установки дана на рис.1).

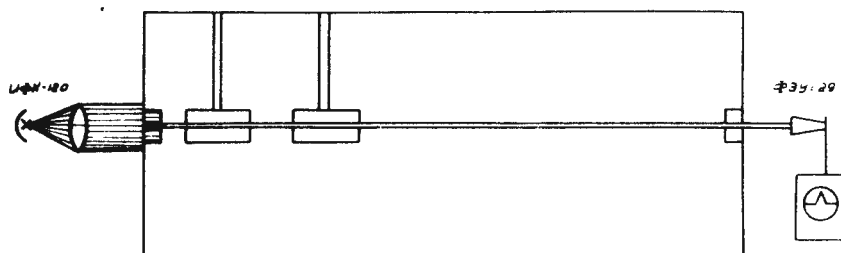


Рис. 1.

Для установки трубки дрейфа по оси резонатора на входе и выходе трубки помещались диафрагмы с отверстием по ее оси. Диаметр каждой диафрагмы составлял 0,2 мм. Трубка устанавливалась таким образом, чтобы величина сигнала с фотоумножителя была максимальной; при этом ось трубки с точностью лучшей, чем 0,2 мм, совпадала с осью резонатора. Зазор между трубками устанавливался по специальным шаблонам (рис.2), изготовленным из нержавеющей стали с точностью до 0,1 мм. Для того, чтобы избежать нарастающую ошибку в установке трубок, контролировалось положение каждой трубки от торцевой стенки резонатора. Такой способ дал возможность установить трубки дрейфа с нужной точностью.

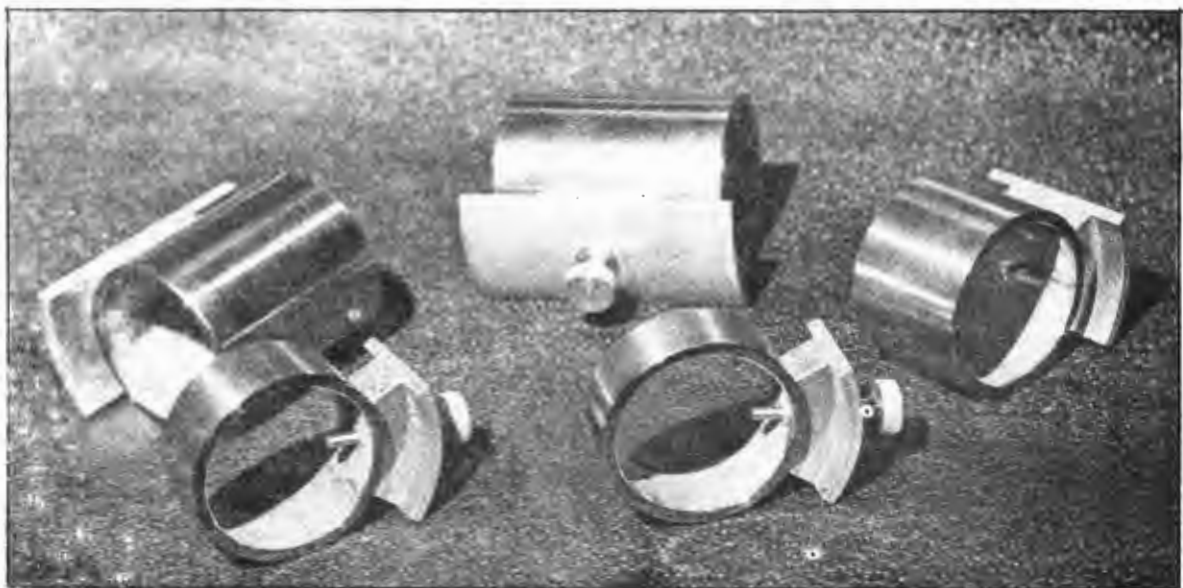


Рис. 2.

После установки трубок дрейфа была произведена регулировка поля по длине ускорителя. Расчет показывал, что поле по длине необходимо иметь равномерным с точностью  $\pm 0,2\%$ .

Регулировка поля по длине ускорителя осуществлялась с помощью дисков, накрученных на трубки дрейфа. Изменяя расстояние между дисками, можно менять собственную частоту отсека с одной трубкой. Получение однородности поля по длине резонатора линейного ускорителя сводится к подбору равенства собственных частот всех трубок дрейфа. Такой способ регулировки поля впервые был предложен сотрудниками Харьковского физико-технического института<sup>12/</sup>. Для того, чтобы вести регулировку поля дисками, необходимо было знать, как влияет положение дисков на собственную частоту отсека, т.е. знать частотные характеристики всех трубок дрейфа.

Для измерения этих частотных характеристик мы воспользовались стендом, который применялся для измерения "фактора времени пролета". Он представлял собою резонатор, в котором возбуждались колебания нужной моды. Собственная частота резонатора контролировалась с высокой точностью. В резонатор помещался один период ускоряющей системы и снималась зависимость собственной частоты резонатора от положения дисков на трубках дрейфа. Измерения частоты производились волномером типа ВВТ-Д. Полученные частотные характеристики для шести различных длин трубок приведены на рис. 3. На основании этих характеристик

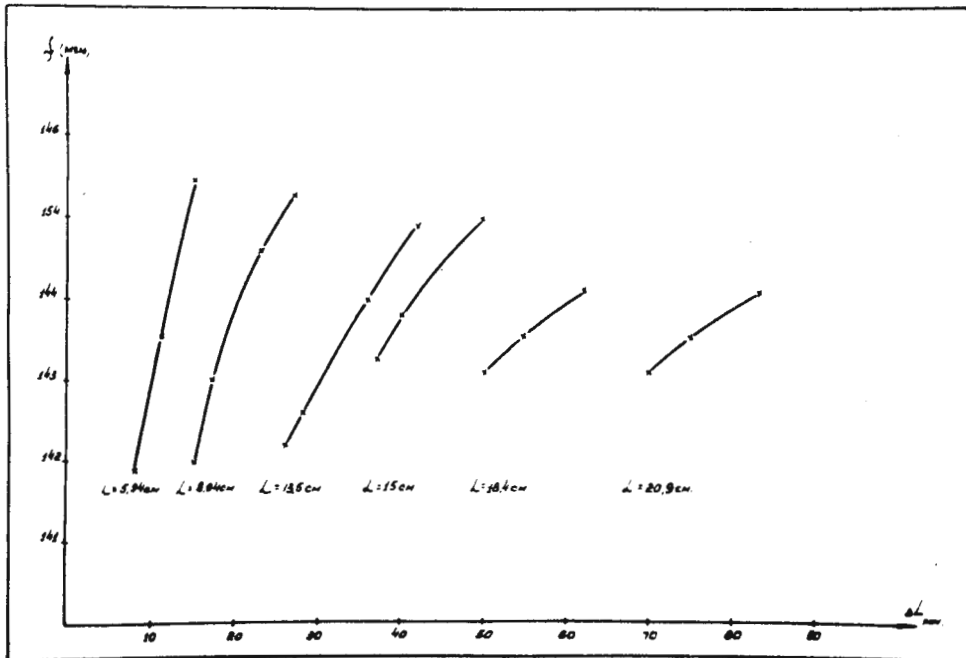


Рис. 3.

для расчетной частоты была построена зависимость положения диска на трубке от размеров трубки (рис. 4). Эта зависимость дала возможность провести предварительную установку дисков.

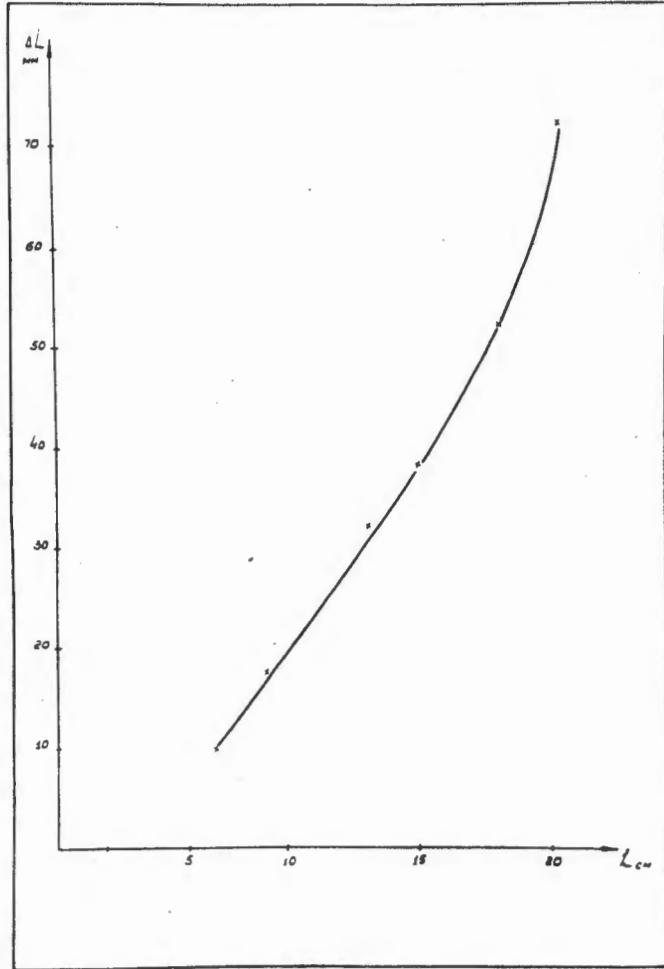


Рис. 4.

Окончательно установка дисков производилась в зависимости от распределения поля по длине ускорителя, для чего в резонаторе возбуждались колебания с помощью генератора, собранного на металло-керамических лампах ГИ-7Б. Для контроля за полем вдоль образующей резонатора располагалось 18 контрольных витков, одинаковых по площади. Сигнал с витков пропорционален электрическому полю на оси резонатора. Наблюдение за величиной сигнала с витка осуществлялось с помощью микроамперметра.

Положение витков в резонаторе строго фиксировалось. Витки использовались для предварительной настройки поля. При возбуждении генератора оказалось, что возбуждение нужной моды колебаний ( $E_{010}$ ) легко отделить от "паразитных". При собственной частоте резонатора, равной 143,5 Мгц, первая "паразитная" частота отличается от нужной на 1 Мгц, то есть равна 144,5 Мгц. На рис. 5 приведено первоначальное распределение поля по длине для частоты 143,5 Мгц и 144,5 Мгц. Из рисунка видно, что возбуждение на частоте 144,5 Мгц соответствует моде колебаний  $E_{011}$ .

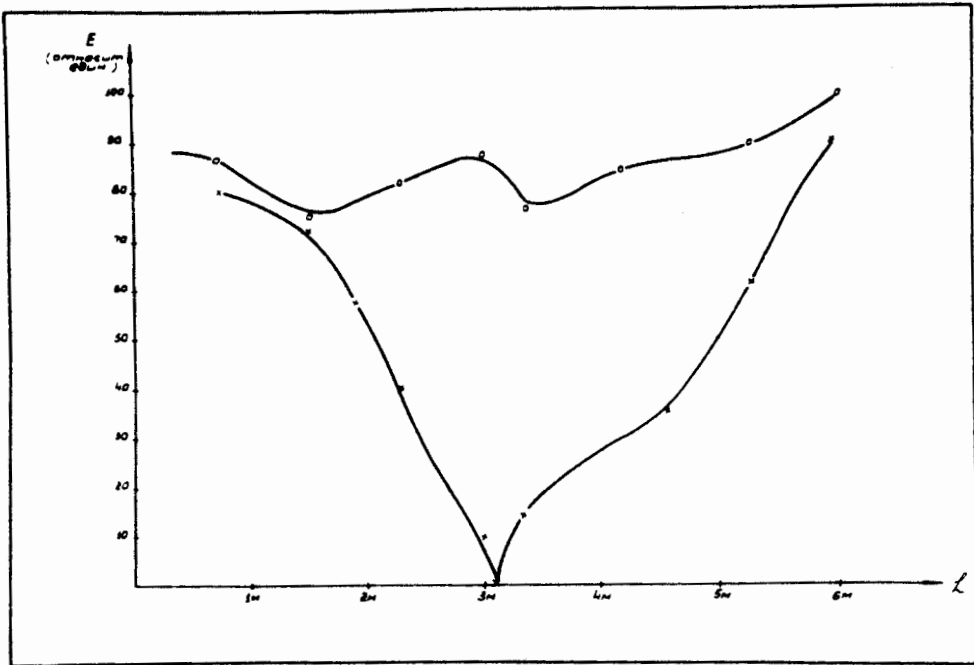


Рис. 5.

Для определения ошибки в распределении поля по длине, вызываемой неравноценностью площади витков, была проведена их проверка на известном поле. При проверке оказалось, что витки одинаковы по площади с точностью до 2%. После этого началась регулировка поля дисками. Из приведенного распределения видно, что кроме неравномерности по длине, имеет место постепенное нарастание поля к концу ускорителя. Это нарастание было устранено передвижением настроечного диска на последнем патрубке. При этой операции характер неравномерности получился таким, как показано на рис.6.

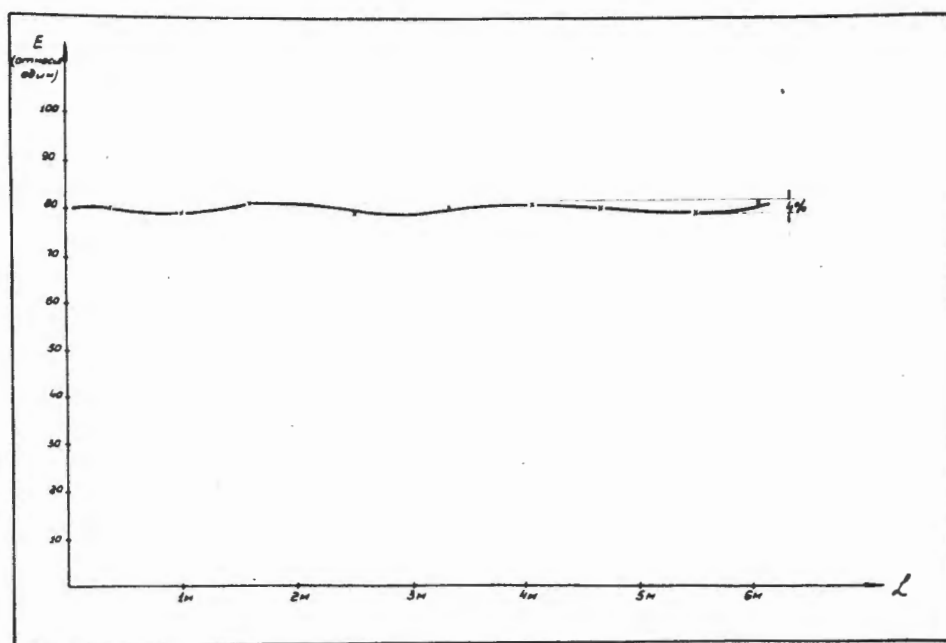


Рис. 6.

При дальнейшей настройке поля различие в измерительных витках в 2% сказывалось уже существенно, и поэтому в дальнейшем настройка велась с помощью одного витка, перемещаемого по длине.

Для увеличения точности измерения перед прибором была установлена схема ограничения и последующего усиления, что позволило существенно увеличить точность. Чувствительность к неравномерности поля возросла в 12 раз - появилась



возможность фиксировать отклонения в 0,03%. Такая точность была вполне удовлетворительной. На первых этапах настройка велась локальным изменением параметров резонатора в местах наибольшего отклонения поля. Однако таким образом получить неравномерность поля меньше  $\pm 0,7\%$  не удавалось. Неравномерность поля соответствовала определенной расстройке частоты в резонаторе, которая менялась по длине ускорителя так же, как неравномерность поля. Это обстоятельство было использовано для дальнейшей настройки поля. Была введена максимальная расстройка частоты и на основании частотных характеристик диски всех трубок были перемещены в соответствии с расстройкой частоты и координатой трубки по длине ускорителя. Проведя эту операцию несколько раз, мы получили распределение поля, показанное на рис.7. Масштаб рисунка резко увеличен для того, чтобы был виден характер распределения неравно-

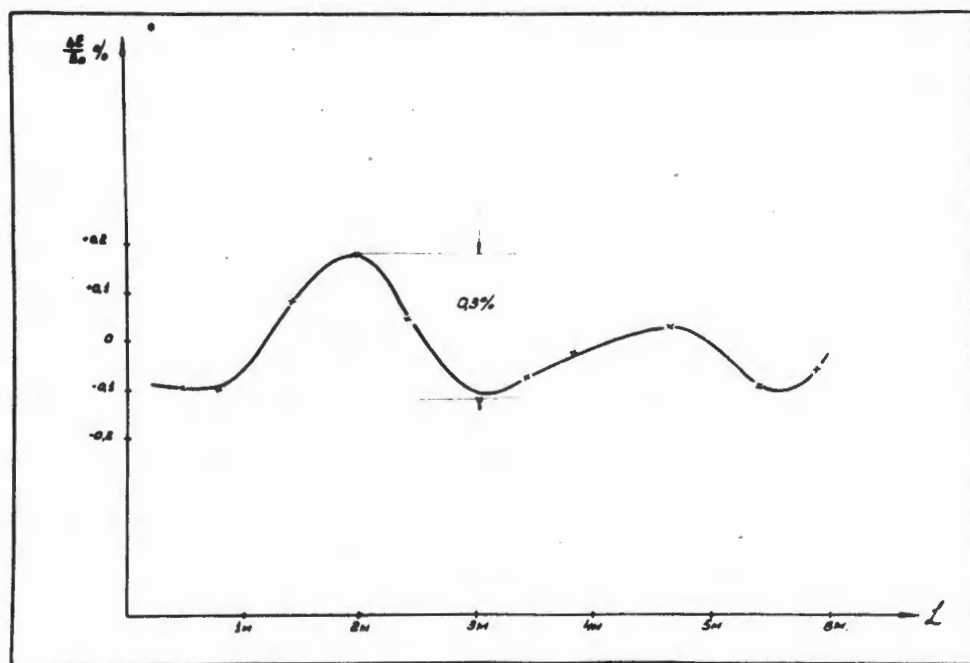


Рис. 7.

мерности. Максимальное отклонение не превышает 0,22-0,3%. Такая неравномерность поля по длине является допустимой.

В заключение автор считает своим долгом поблагодарить И.В. Кожухова и П.Ф. Черняева, принявших участие в измерениях.

#### Л и т е р а т у р а

1. Л.П. Зиновьев, А.Б. Кузнецов, Н.Б. Рубин, В.П. Саранцев. Физические обоснования линейного ускорителя-инжектора синхрофазотрона на 10 Бэв. Препринт ОИЯИ 719, 1961 г.
2. К.Д. Синельников и др. Линейный протонный ускоритель с энергией 20,5 Мэв. Сб. "Труды сессии АН СССР по мирному использованию атомной энергии", 1959г

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 февраля 1962 года.