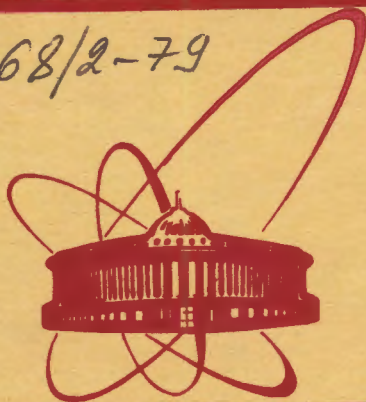


3/ix-79

3468/2-79



сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

С3450

Д-466

9 - 12351

Д. Динев

МАГНИТООПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА  
ПЕРЕВОДА ПУЧКА ИЗ ТИС  
В СИНХРОФАЗОТРОН В ПРОЕКТЕ УКТИ

1979

9 - 12351

Д. Динев

МАГНИТООПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА  
ПЕРЕВОДА ПУЧКА ИЗ ТИС  
В СИНХРОФАЗОТРОН В ПРОЕКТЕ УКТИ

Динев Д.

9 - 12351

Магнитооптическая система перевода пучка из ТИС  
в синхрофазотрон в проекте УКТИ

Предлагается вариант магнитооптической системы для перевода пучка из тяжелоионного синхротрона /ТИС/ в синхрофазотрон в проекте Ускорительного комплекса тяжелых ионов /УКТИ/.

Особенностью проекта УКТИ является одновременное ускорение в ТИСе спектра ионов зарядностей +69, +70, +71, что накладывает жесткие требования на ахроматичность системы перевода. Система перевода включает в себя участок перезарядки ионов с последующей сепарацией только полностью ионизированных ионов урана, а также участок согласования поперечных фазовых объемов для однооборотной инжекции в синхрофазотрон.

Расчет системы перевода сделан при помощи программы для ЭВМ TRANSPORT.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Dinev D.

9 - 12351

Magneto-Optic Beam Transference System from  
the Heavy Ion Synchrotron to JINR Proton Synchrotron  
in Heavy Ion Accelerating Complex Project

A variant of the magneto-optic beam transference system from the heavy ion synchrotron to JINR proton synchrotron in Heavy Ion Accelerating Complex Project (HIAC) is proposed. The main requirements to the transference system are presented. Its characteristics is simultaneous acceleration of +69, +70, +71 ion charge spectrum which put on high requirements on the achromatism of the transference system. The latter also includes the ion recharge section with the following separation of completely ionized uranium ions, and the section of accordance of transverse phase volumes for singlethread injection into the synchrophasotron. The transference system calculation was made using a TRANSPORT computer program.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Для исследований в области релятивистской ядерной физики, изучения аномальных состояний атомных ядер /сверхплотные ядра, нейтронные ядра и др./ в ЛВЭ ОИЯИ проектируется ускорительный комплекс тяжелых ионов /УКТИ/ <sup>1/</sup>. Предполагается ускорять в УКТИ ионы всех ядер вплоть до урана. Структура УКТИ двухступенчатая. Первая ступень представляет собой тяжелоионный синхротрон /ТИС/. Для повышения интенсивности пучка в ТИСе предполагается ускорять одновременно спектр ионов зарядностей +69, +70 и +71. Предусмотрены системы медленного и быстрого выводов ускоренного пучка. Система медленного вывода рассчитана на вывод пучков ионов урана с энергией 250 МэВ/нуклон, а быстрого - 342 МэВ/нуклон.

Пучок из системы быстрого вывода направляется в экспериментальный зал, а также инжектируется во вторую ступень УКТИ - существующий ныне синхрофазотрон. Условия вакуума в синхрофазотроне позволяют ускорять только полностью ионизированные ядра. В синхрофазотроне ионы будут ускоряться до энергий 3,4 ГэВ/нуклон.

В настоящей работе предлагается вариант магнитооптической системы для перевода пучка из ТИСа в синхрофазотрон.

## 2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ПЕРЕВОДА

1. Как уже отмечалось, для увеличения интенсивности пучка предусматривается ускорять в ТИСе одновременно ионы с тремя зарядностями  $q = +69, +70$  и  $+71$ . Относительный разброс по зарядностям, таким образом, составляет  $\Delta q/q = 1,4\%$ , т.е. он слишком большой. Поэтому во избежание больших апертур в линзах и магнитах все подсистемы должны быть ахроматическими.

2. Для того чтобы система инжекции в ТИС и система, транспортирующая пучок от системы медленного вывода из ТИСа в экспериментальный корпус, могли свободно проходить под коробкой вакуумной камеры синхрофазотрона в зоне его прямолинейных промежутков, уровень медианной плоскости ТИСа располагается на 70 см ниже медианной плоскости синхрофазотрона. Это, в свою очередь, немного усложняет систему

перевода, требуя, чтобы в ней был участок, где пучок поднимается с уровня медианной плоскости ТИСа на 70 см, до уровня медианной плоскости синхрофазотрона.

3. Как было отмечено, из-за плохого вакуума в синхрофазотроне будут ускоряться только полностью ионизированные ядра, т.е.  $q=+92$ . Для этого ионы с зарядностями  $q=69$ , 70 и 71 направляются на перезарядную мишень, где происходит их обдирка. Практически можно считать, что на выходе из перезарядной мишени пучок будет состоять из ионов с зарядностями  $q=90$ , 91 и 92. Ионы с зарядностями 90 и 91 должны быть отброшены из пучка и потом погашены в ловушке, а с зарядностью 92 должны проинжектироваться в синхрофазотрон. Следовательно, система перевода должна включать в себя участок сепарации, где происходит полное разделение ионов с зарядностями 90, 91 и 92.

4. Предполагается производить однооборотную инжекцию в синхрофазотрон. Следовательно, система перевода должна включать участок согласования поперечных фазовых объемов инжектируемого и циркулирующего пучков.

5. Предусматривается возможность того, чтобы пучок с зарядностями  $q=69$ , 70 и 71, идущий из ТИСа, мог быть протранспортирован, минуя перезарядную мишень и синхрофазотрон, в экспериментальный корпус 1Б. Для этого необходимо разветвление системы перевода на две части: одну, осуществляющую перезарядку, сепарацию, согласование и инжекцию в синхрофазотрон, и другую, осуществляющую транспортировку ионов с зарядностями  $q=69$ , 70 и 71 в сторону экспериментального корпуса 1Б.

### 3. ОБЩАЯ СХЕМА СИСТЕМЫ ПЕРЕВОДА

Общая схема системы перевода показана на рис. 1. Она построена на модульном принципе, т.е. состоит из подсистем, каждая из которых выполняет самостоятельные функции. Первая подсистема - АХРОМ-1. Она компенсирует дисперсию пучка, идущего из ТИСа.

Далее следует подсистема АХРОМ-2 - поднятия пучка до уровня медианной плоскости синхрофазотрона. При помощи магнита БМ2 пучок заворачивается вверх, а затем второй магнит БМ3 снова выводит его на горизонталь, но уже в медианной плоскости синхрофазотрона. Система симметрична и ахроматична. На выходе АХРОМ-2 располагается перезарядная мишень ПМ. Здесь пучок ионов с зарядностями  $q=69$ , 70 и 71 обдирается, после чего он будет состоять практически из ионов с зарядностями  $q=90$ , 91, 92.

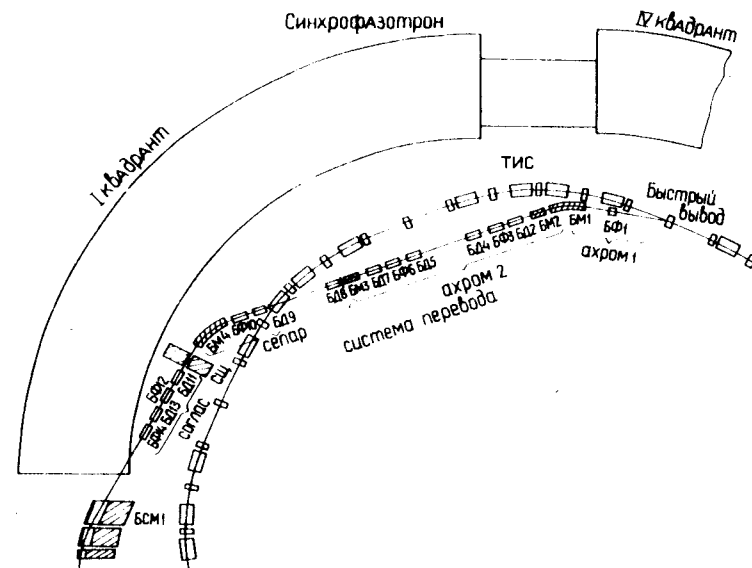


Рис.1. Общая схема системы перевода.

Третья подсистема - это подсистема сепарации СЕПАР. При помощи сепарирующего магнита БМ4 она осуществляет полное разделение зарядностей  $q=90$ , 91 и 92 в плоскости сепарирующей щели СЦЦ.

Последняя подсистема - это СОГЛАС, осуществляющая согласование поперечного фазового объема инжектируемого пучка с акцептансом синхрофазотрона.

После магнита БМ3 пучок разветвляется по вертикали /рис. 2/. В одной части циклов пучок идет на обдирку и инжекцию в синхрофазотрон. Во второй части - пучок, минуя выключенный магнит БМ3, идет выше, потом при помощи магнита БМ1 выводится на горизонталь и направляется в сторону корпуса 1Б.

### 4. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ПЕРЕВОДА

Система перевода рассчитывалась при помощи программы для ЭВМ TRANSPORT<sup>12/</sup>.

При расчете подсистемы АХРОМ-1 учитывалась необходимость скомпенсировать дисперсию на выходе из ТИСа. Для компенсации дисперсии используется квадрупольная линза БФ1, градиент и положение которой выбирались так, чтобы на выходе компен-

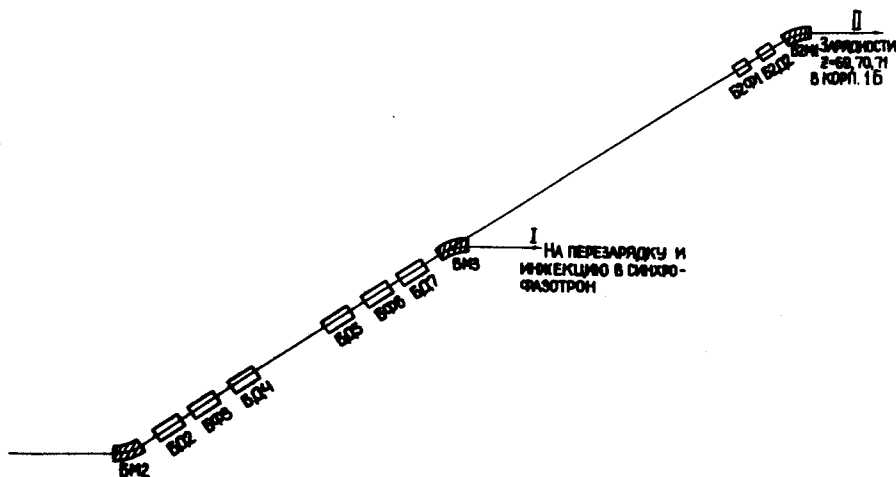


Рис.2. Разветвление системы по вертикали.

сирующего магнита БМ1  $T_{x13} = T_{x23} = 0$ . Расходящийся в обеих плоскостях пучок поступает в подсистему поднятия по высоте АХРОМ-2. Для АХРОМ-2 были опробованы разные варианты - трехлинзовая система с полевой линзой, система Свенсона и т.д., но все они приводили к большим апертурам в линзах и магнитах. Окончательно для этой подсистемы была выбрана ахроматическая симметричная, триплетная структура. Градиенты в линзах БД2, БФ3, БД4 выбирались так, что в плоскости симметрии системы был расположен двойной кроссовер,  $\alpha_x = \alpha_y = 0$ , и, кроме того, удовлетворялись условия ахроматизма  $T_{y13} = 0$ . На выходе АХРОМ-2 пучок сходится в обеих плоскостях, что очень важно для дальнейшего транспортирования пучка к экспериментальному корпусу 1Б, а также для размещения на выходе АХРОМ-2 перезарядной мишени.

Подсистема разделения зарядностей  $q = 90, 91, 92$  после перезарядки содержит сепарирующий магнит БМ4 и квадрупольные линзы БД8, БД9, БФ10. Градиент в линзе БД8 выбирался так, чтобы входной пучок имел кроссовер по X, расположенный как можно дальше от входа в БМ4. Потом триплетом, образованным из линз БД9 и БФ10 и наклонного входа в магнит

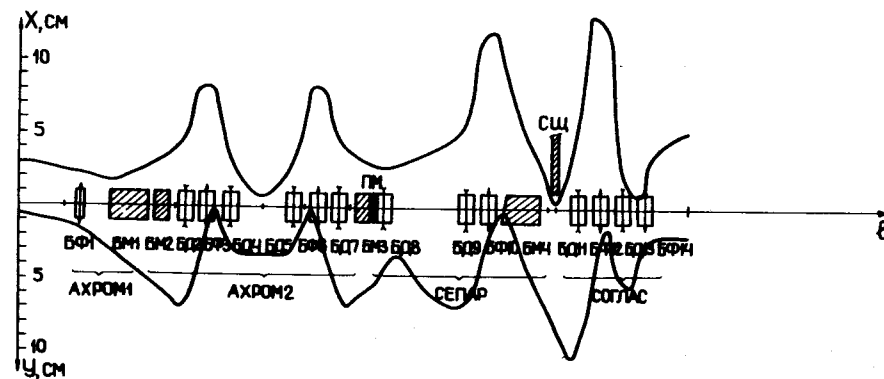


Рис.3. Огибающие в системе перевода.

БМ4, формировался кроссовер пучка по X с очень маленьким линейным размером в плоскости сепарирующей щели, в то же время обеспечивался приемлемый размер пучка по Y. Разделение по зарядностям в плоскости сепарирующей щели показано на рис. 4.

Последняя подсистема служит для согласования фазового объема инжектируемого пучка с акцептансом синхрофазотрона. Согласование фазовых объемов производится четырьмя линзами БД11, БФ12, БД13, БФ14. Их градиент подбирался из условий, чтобы на выходе СОГЛАС параметры  $\alpha_x, \beta_x, \gamma_x, \alpha_y, \beta_y, \gamma_y$  имели нужные значения.

Предполагается производить однооборотную инжекцию в синхрофазотрон. Из-за очень большого значения  $\psi_x$  невозможно осуществить согласованную по импульсам инжекцию. Это требовало бы очень больших апертур в магнитах, осуществляющих инжекцию.

Элементы тракта инжекции и огибающая пучка в этом тракте показаны на рис. 5. Это септум-магнит СМ, расположенный в промежутке между 1 и 2 квадрантами ускорителя, и ударный магнит УМ, расположенный в промежутке между 2 и 3 квадрантами ускорителя.

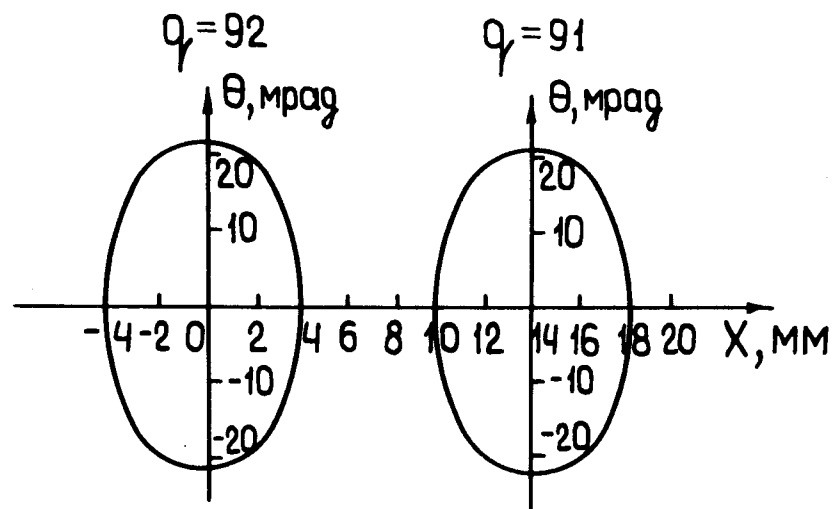


Рис. 4. Разделение по зарядностям в плоскости сепарирующей щели.

Параметры всех элементов системы перевода из ТИС в синхрофазотрон даны в таблицах 1 и 2.

В заключение хочу выразить благодарность И.Б.Иссинскому, В.А.Михайлову, Б.В.Василишину и В.И.Черникову за плодотворное сотрудничество.

Таблица 1

№	$L_M$	$B$ Кгс	$\beta_1^\circ$	$\alpha^\circ$	$\beta_2^\circ$
БМ1	2,9	18,0	0,0	30,0	0,0
БМ2	1,0	5,0	0,0	2,9	0,0
БМ3	1,0	5,0	0,0	2,9	0,0
БМ4	2,9	18,0	45,0	40,0	0,0
УМ	1,27	0,5	0,0	0,485	0,0
СМ	3,75	10,0	0,0	28,6	0,0
Б2М1	1,0	5,0	0,0	2,9	0,0

$L$  - длина магнита,  $B$  - поле,  $\beta_1$  - угол входа в магнит,  $\alpha$  - угол поворота,  $\beta_2$  - угол выхода из магнита.

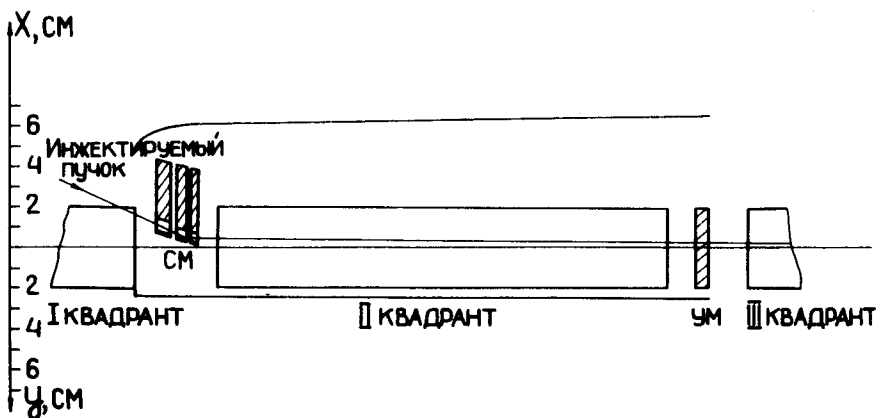


Рис. 5. Элементы тракта инжекции в синхрофазотрон и огибающие пучка.

Таблица 2

№	$L$ см	$B$ Кгс	$a$ см
БФ1	0,5	6,57	10,0
БД2	1,0	-7,76	10,0
БФ3	1,0	10,1	10,0
БД4	1,0	-10,0	10,0
БД5	1,0	-10,0	10,0
БФ6	1,0	10,1	10,0

Продолжение таблицы 2

БД7	1,0	-7,76	10,0
БД8	1,0	-2,5	10,0
БД9	1,0	-7,0	10,0
БФ10	1,0	6,43	10,0
БД11	1,0	-7,11	10,0
БФ12	1,0	9,73	10,0
БД13	1,0	-12,0	10,0
БФ14	1,0	10,0	10,0
Б2Ф1	0,5	0,5	10,0
Б2Д2	0,5	-1,67	10,0

L - длина линзы, В - поле на полюсе, а - радиус апертуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ускорительный комплекс тяжелых ионов. ОИЯИ, 9-11796, Дубна, 1978.
2. Brown K.L. et al. CERN, 73-16, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 марта 1979 года.