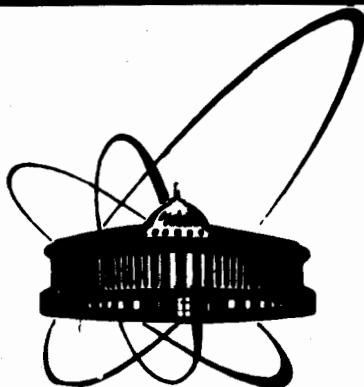


88-300



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

В 624

P1-88-300

**МЕДЛЕННЫЙ ВЫВОД УСКОРЕННОГО ПУЧКА
С ЭНЕРГИЕЙ 20 ТэВ
ИЗ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО СУПЕРКОЛЛАЙДЕРА
С ПОМОЩЬЮ ИЗОГНУТОГО КРИСТАЛЛА**

Направлено в Оргкомитет XVIII Сессии
по физике взаимодействий заряженных частиц
с кристаллами, Москва, 1988 г.

1988

А.С.Водопьянов, В.Врба, Н.И.Зимин, А.И.Зинченко, Р.Б.Кадыров,
В.Н.Поздняков, В.Н.Рыжов, А.Б.Садовский, Ц.Спасов, В.Г.Тимофеев,
И.А.Тяпкин, Н.А.Филатова, Э.Н.Цыганов

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

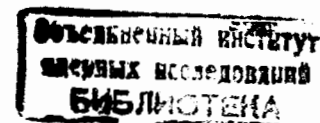
Д.Г.Кошкарёв, И.В.Рудской, А.Н.Талызин, Ю.Н.Чеблуков
Институт теоретической и экспериментальной физики, Москва

Как известно, в США принято решение о создании сверхпроводящего суперколлайдера (ССК) с энергией пучков 20×20 ТэВ. Проектирование было начато в 1982 году. В 1986 году закончено создание предварительного проекта^{1/}, в котором уточнены все технические детали и показана принципиальная возможность постройки такой машины. В 1989 году, после того, как правительство США примет решение о месте строительства, начнется техническая реализация проекта. По предварительным оценкам, ускоритель начнет работать на физический эксперимент в 1996 году.

Участие физиков ОИЯИ и СССР в исследованиях на этом ускорителе было бы весьма полезным. Физики ОИЯИ и СССР могли бы войти в совместные работы на ССК с заметным интеллектуальным вкладом, предложив организовать на ССК медленный вывод ускоренного пучка с помощью кристаллического септума и дальнейшую разводку выведенного пучка также с помощью изогнутых кристаллов. Предварительный проект коллайдера не предусматривает организацию медленного вывода пучков с энергией до 20 ТэВ вследствие его технической сложности. Однако на последних совещаниях по ССК неоднократно высказывалась настоятельная необходимость организации таких пучков для проведения тестовых и методических исследований^{2,3/}.

После предсказания эффекта отклонения пучков заряженных частиц с помощью изогнутых кристаллов^{4/} на синхрофазотроне ОИЯИ была выполнена пионерская работа^{5/}, в которой впервые продемонстрирована возможность управления пучками заряженных частиц с помощью изогнутых кристаллов. Чуть позже этой же группой авторов осуществлен медленный вывод ускоренного пучка из синхрофазотрона^{6/}, чем была доказана возможность технического применения открытого явления. Нужно отметить, что первоначальная идея использования изогнутого кристалла в качестве септума для вывода частиц из ускорителя высказана в работе^{7/}. Позднее существование этого явления было подтверждено на ускорителях ЦЕРН^{8/}, ЛИЯФ^{9/} и ФНАЛ^{10/}. Во ФНАЛ^{10/} и, несколько позже, в ЛВЭ ОИЯИ^{11/} и ИФВЭ^{12/} осуществлена разводка пучков с помощью изогнутого кристалла.

В данной работе предлагается осуществление медленного вывода 20-Тэвного пучка из ССК. В общих чертах эти идеи высказывались в работе^{3/}.



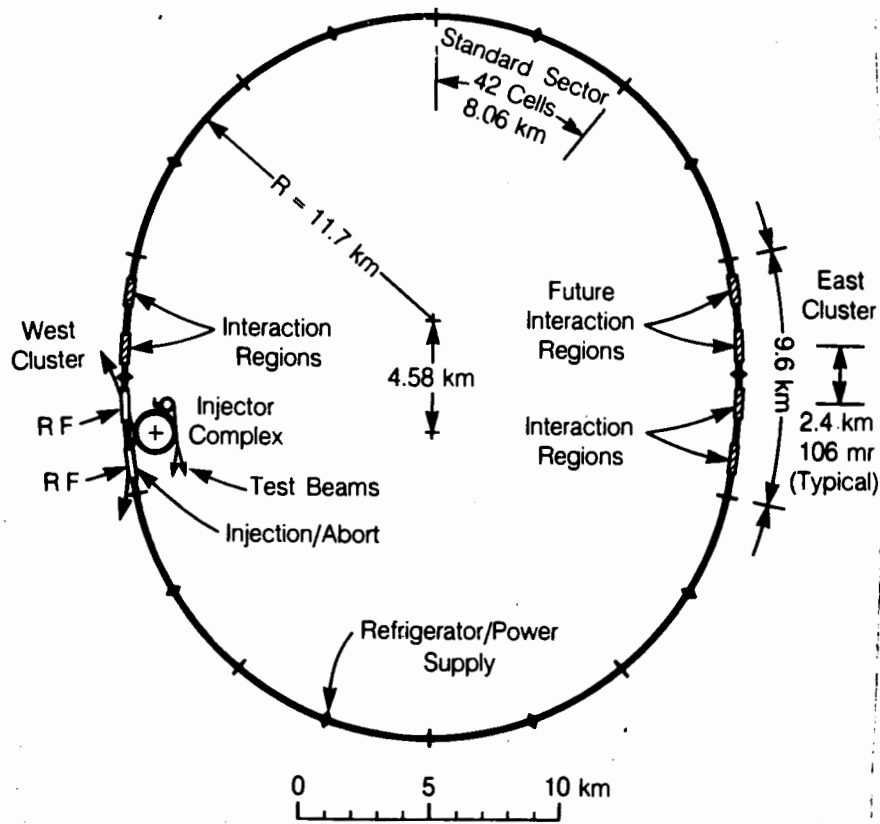


Рис. 1. Общая схема коллайдера ССК^{1/1}.

На рис. 1 приведена общая схема коллайдера ССК. Коллайдер состоит из двух накопительных колец, расположенных один над другим. Расстояние между медианными плоскостями двух колец (по вертикали) составляет 70 см. Комплекс включает в себя два полукольца с радиусом 11,7 км и два кластера — восточный и западный. Восточный кластер будет иметь четыре места пересечения пучков и полностью отводится под физические установки. Половина западного кластера, имеющая две точки пересечения, также отводится под экспериментальные установки. Другая половина западного кластера используется под инжекционный комплекс.

Здесь же располагаются ускоряющие станции обоих ускорителей, а также системы аварийного сброса пучков. Эта часть западного кластера называется зоной собственного обеспечения коллайдера. Схема зоны собственного обеспечения представлена на рис. 2. Зона имеет два участка

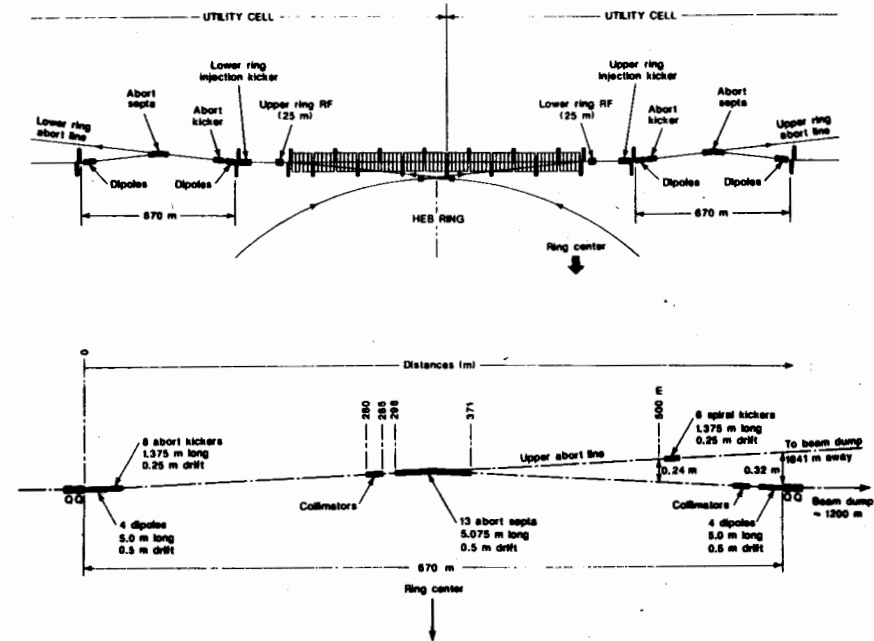


Рис. 2. Схема зоны собственного обеспечения ССК^{1/1}.

длиной по 670 м, на которых циркулирующие пучки претерпевают тройной излом в горизонтальной плоскости и отклоняются при этом на 0,16 м от прямолинейной траектории. Это позволяет при необходимости произвести быстрый аварийный сброс пучков и исключает попадание сброшенного пучка на холодные части магнитов. Верхний пучок, циркулирующий по часовой стрелке, сбрасывается на правом участке, нижний, циркулирующий против часовой стрелки, сбрасывается на левом участке. Излом пучков на угол около 0,5 мрад и обратно обеспечивают дипольные магниты, стоящие в начале и конце 670-метровых участков (по 4 шт. на каждом конце), а также двухапертурные септум-магниты Ламбертсона, расположенные в центре указанных участков (по 13 шт. на каждом). В нормальном режиме циркуляции пучки проходят через активные апертуры магнитов Ламбертсона, отклоняясь на необходимый угол, как в обычных диполях. Аварийный сброс пучка осуществляется при помощи кикер-магнита, который отклоняет пучок в вертикальной плоскости на угол около 95 мкрад и направляет его в пассивную апертуру магнита Ламбертсона, свободную от магнитного поля.

Медленный вывод 20-ТэВного пучка из ССК с помощью изогнутого кристалла можно осуществить на одном из участков аварийного сброса.

На рис. 3 показан участок аварийного сброса для нижнего пучка. По проекту верхний пучок проходит на этом участке без отклонений. Если на этом же участке установить дополнительные дипольные магниты и магниты Ламбертсона (на рис. 3 показаны тонкими линиями) и преломить верхний пучок аналогично нижнему, то в этом месте можно организовать медленный вывод, отбирая кристаллическим септумом часть частиц из гало основного пучка. Угол изгиба кристалла должен быть равен 95 мкрад. Кристалл должен отклонять частицы в вертикальной плоскости, направляя их в пассивную апертуру дополнительных магнитов Ламбертсона. Место расположения кристалла относительно магнитных элементов должно быть аналогичным месту расположения кикера магнита аварийного сброса. Предполагается использовать кристалл кремния, ориентированный плоскостью (111) параллельно пучку.

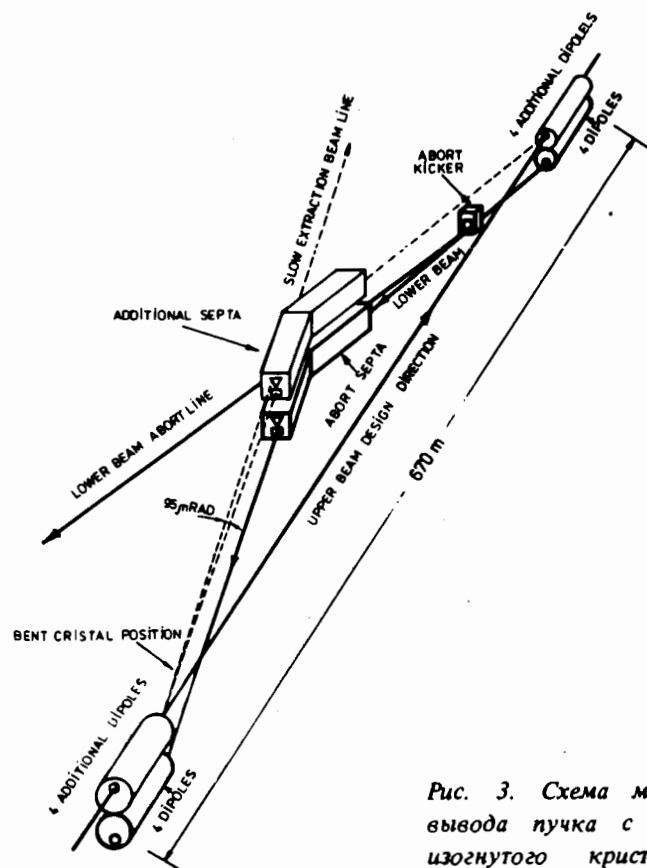


Рис. 3. Схема медленного вывода пучка с помощью изогнутого кристалла на участке аварийного сброса.

Наобходимо отметить, что использование традиционной схемы медленного вывода из ССК представляет собой чрезвычайно трудную и дорогостоящую техническую проблему.

Оценим эффективность вывода пучка кристаллическим септумом, которая зависит от величины критического угла каналирования, угловой расходимости пучка и эффекта деканалирования. Величина критического угла плоскостного каналирования для плоскости (111) кристалла кремния при энергии протонов 20 ТэВ составляет около 1,6 мкрад.

Угловая расходимость пучка в предполагаемом месте вывода составляет около 0,14 мкрад, что удовлетворяет условиям практически полного захвата частиц в режим каналирования. При этом мы предполагаем, что эффективность захвата параллельного пучка в режим плоскостного каналирования при этих энергиях близка к единице. Размеры гало пучка (~1 мм) существенно меньше размеров кристаллического септума и не ухудшают эффективности вывода.

Длина деканалирования в кристалле кремния при энергии 20 ТэВ составляет около 14 м, т.е. эффектом обычного деканалирования можно пренебречь. Таким образом, эффективность вывода будет ограничиваться в основном величиной так называемого центробежного деканалирования^{/13/}. Оценки показывают, что при радиусе изгиба кристалла 500 м центробежное деканалирование составит около 6%^{/14/}. При этом для отклонения пучка на угол 95 мкрад необходимо использовать кристалл длиной около 5 см. Нужно отметить, что мозаичность кристалла должна быть существенно меньше критического угла каналирования. Необходимо использовать кристаллы с малым количеством дислокаций.

Проектное значение времени жизни пучка в ССК составляет около 24 ч (~10⁵ с). Если выводить из ССК 10⁷ протонов в секунду, что вполне достаточно для проведения многих методических и физических исследований, то общее число частиц, выведенных из машины, будет равно $N = 10^7 \times 10^5 = 10^{12}$, что составит около 1% по отношению к общей интенсивности частиц в ускорителе.

Заброс пучка на кристалл (генерация гало), по-видимому, будет в основном определяться упругим и квазиупругим рр-рассеянием в местах встречи пучков, и по оценкам, приведенным в работе^{/3/}, составит за сутки несколько десятых долей процента от полной интенсивности пучка, что соответствует потребностям физиков. Координатный заброс в кристалл при этом составит доли миллиметра, что является вполне приемлемой величиной.

Гониометрическое устройство, обеспечивающее угловую юстировку кристалла с точностью около 10⁻⁷, вполне технически осуществимо^{/15/}.

В заключение авторы хотели бы выразить благодарность Т.Туингу за полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Conceptual Design of the SSC, Washington, 1986.*
2. Sun C.R., Carrigan R.A. (Jr), Toohig T.E., Neuffer D. *Proceedings of the 1984 Summer Study on the Design and Utilization of the SSC, Snowmass, Colorado, 1984, p.483.*
3. Harrison M., Toohig T. *Proceedings of the 1986 Summer Study on the Physics of the SSC, Snowmass, Colorado, 1986, p.534.*
4. Tsyganov E.N. *Fermilab TM-682, TM-684, 1976.*
5. Elishev A.F. et al. – *Phys. Lett., 1979, 88B, p.387.*
6. Авдейчиков В.В. и др. *Краткие сообщения ОИЯИ №1, 1984, с.3.*
7. Кошкарев Д.Г. *Препринт ИТЭФ-30, 1977, Москва.*
8. Bak J. et al. – *Phys. Lett., 1980, 93B, p.505.*
9. Андреев В.А. и др. *Препринт ЛИЯФ №792, 1982.*
10. Baker S.I. et al. – *Phys. Lett., 1984, 173B, p.129.*
Baker S.I. et al. Fermilab 84/45-E, 1984.
11. Бельзер Л.И. и др. *Препринт ОИЯИ Р1-87-653, Дубна, 1987.*
Бельзер Л.И. и др. Препринт ОИЯИ Р1-87-654, Дубна, 1987.
12. Афонин А.Г. и др. *Препринт ИФВЭ 87-121, Серпухов, 1987.*
Бавижев М.Д. и др. Препринт ИФВЭ 87-148, Серпухов, 1987.
13. Булгаков Н.К. и др. *Сообщение ОИЯИ 1-83-725, Дубна, 1983.*
Carrigan R.A. (Jr) et al. – NIM, 1982, v.194, p.205.
14. Ellison J.E. – *Nucl. Phys., 1982, B206, p.205.*
15. Наумов И.В. и др. *ИТЭ, 1984, №4, с.245.*

Рукопись поступила в издательский отдел
4 мая 1988 года.

ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

Д13-84-63	Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.	4 р. 50 к.
Д2-84-366	Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.	4 р. 30 к.
Д1,2-84-599	Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.	5 р. 50 к.
Д17-84-850	Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. (2 тома)	7 р. 75 к.
Д11-85-791	Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.	4 р. 00 к.
Д13-85-793	Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.	4 р. 80 к.
Д4-85-851	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.	3 р. 75 к.
Д3,4,17-86-747	Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.	4 р. 50 к.
—	Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. (2 тома)	13 р. 50 к.
Д1,2-86-668	Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. (2 тома)	7 р. 35 к.
Д9-87-105	Труды X Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1986. (2 тома)	13 р. 45 к.
Д7-87-68	Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Дубна, 1986.	7 р. 10 к.
Д2-87-123	Труды Совещания "Ренормгруппа - 86". Дубна, 1986.	4 р. 45 к.
Д4-87-692	Труды Международного совещания по теории малочастичных и кварк-адронных систем. Дубна, 1987.	4 р. 30 к.
Д2-87-798	Труды VIII Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1987.	3 р. 55 к.
Д14-87-799	Труды II Международного симпозиума по проблемам взаимодействия мюонов и пионов с веществом. Дубна, 1987.	4 р. 20 к.
Д17-88-95	Труды IV Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1987.	5 р. 20 к.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований.

Водопьянов А.С. и др. P1-88-300
 Медленный вывод ускоренного пучка с энергией 20 ТэВ из сверхпроводящего суперколлайдера с помощью изогнутого кристалла

Предлагается организовать на сверхпроводящем суперколлайдере с энергией пучков 20x20 ТэВ медленный вывод ускоренного пучка с помощью кристаллического септума и дальнейшую разводку пучка также с помощью изогнутых кристаллов. Приведены параметры требуемого кристаллического септума.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С.Виноградовой

Vodopyanov A.S. et al P1-88-300
 Slow Extraction of 20 TeV Accelerated beam out of Superconducting Supercollider Using a Bent Crystal

The organization of slow extraction of 20x20 TeV beams by means of crystallic septum and subsequent distribution of the beams also by bent crystals is proposed. Parameters of the required crystallic septum are given.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988