

## ОТЗЫВ

### **научного консультанта на диссертацию Шильцева Владимира Дмитриевича «Электронные линзы для суперколлайдеров», представленную на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника**

Диссертация Владимира Дмитриевича Шильцева на соискание учёной степени доктора физико-математических наук посвящена разработке нового направления в фокусировке и очистке пучков в суперколлайдерах с помощью электронных линз. Новое направление наиболее эффективно может быть применено при создании адронных и ионных коллайдеров со сверхвысокой светимостью.

В.Д. Шильцев воспитанник лаборатории, разработавшей метод электронного охлаждения, поэтому он использовал весь арсенал знаний по разработке систем электронного охлаждения в создании электронных линз. При этом основной целью использования электронных линз была компенсация эффектов пространственного заряда встречного пучка. Результат применения такой компенсации в Тэватроне позволил увеличить светимость коллайдера в 10 раз. Это безусловно является выдающимся результатом работы диссертанта и его команды. Следует отметить, что избежать ряда когерентных неустойчивостей позволила технология использования однопролётного электронного пучка с рекуперацией энергии, разработанная в ИЯФ СО РАН. Попытка четырёхпучковой компенсации пространственного заряда в ORSAY в 1969 году была неудачной именно из-за многочисленных когерентных неустойчивостей. Однопролётный электронный пучок не «запоминает» когерентные флуктуации, а его спектр собственных колебаний начинается на очень высоких частотах (ларморовских, ленгмюровских), поэтому резонансное взаимодействие протонов или ионов невозможно.

Поскольку электронный пучок формируется вне зоны взаимодействия с циркулирующим пучком коллайдера, можно создать электронный пучок необходимого размера и плотности распределения заряда.

Замечательной особенностью такого электронного пучка является возможность синхронизовать появление электронного тока в нужное время либо для компенсации пространственного заряда встречного сгустка, либо уничтожения паразитных сгустков и очистка от частиц гало, которые загружают детекторы.

Особенную роль могут сыграть электронные линзы при организации встречи ионных пучков, так как функция распределения частиц в пучках коллайдера далеко не всегда гауссова, а с помощью электронного пучка можно формировать нужное распределение частиц по частотам.

В диссертации В.Д. Шильцева пять глав:

1. Первая глава посвящена постановке задачи.
2. Вторая глава описывает технологию создания электронных линз. В этой главе также описана техническая реализация идеи для коллайдера Теватрон, приведшая к замечательному результату.
3. Третья глава посвящена линзам для компенсации «эффектов встречи». Очень интересен раздел по использованию нелинейных гауссовых электронных линз в RHIC, а также планы по использованию электронных линз для увеличения светимости LHC.
4. Четвёртая глава посвящена электронным линзам для коллимации пучков.
5. Пятая глава посвящена применению электронных линз для компенсации эффектов пространственного заряда и другим приложениям. К сожалению, разделы 5-3, 5-4 и 5-5 представлены более схематично, что сильно контрастирует с предыдущими главами.

В целом, диссертация представляет большой объём исследований, как теоретических так и технологических, а также инженерных работ. Представленные в диссертации результаты прошли апробацию на семинарах и международных конференциях. По теме диссертации В.Д. Шильцевым опубликовано значительное количество работ, в том числе несколько монографий.

Вклад соискателя в работы по теме диссертации является определяющим, Владимир Дмитриевич Шильцев продемонстрировал способность ставить и решать научные задачи. Считаю, что представленная диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, а В.Д. Шильцев заслуживает присуждения ему учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Научный консультант  
доктор физико-математических наук,  
профессор, академик РАН



Н.С. Диканский

Учёный секретарь ИЯФ СО РАН  
Кандидат физико-математических наук



Я.В. Ракшун

18.08.2017