Рецензент 1

Статья посвящена нахождения равновесного импульсного разброса сгруппированного ионного пучка с помощью уравнения Хайсинского применительно к бустерному синхротрону ускорительного комплекса NICA. Исследование, определённо, представляет научный и практический интерес поскольку одной из задач Бустера NICA является накопление до 10^9 тяжёлых ионов с использованием системы электронного охлаждения. Данный режим приводит к увеличению сил пространственного заряда за счёт увеличения фазовой плотности пучка, что, в свою очередь, приводит к искажению фазовых траекторий частиц такого пучка полем пространственного заряда. Восстановление фазовой плотности распределения пучка и импульсного разброса частиц особенно важно для оптимизации параметров режима накопления. Работа является законченным исследованием по результатам прошедшего сеанса работы с пучком частиц, материал статьи представлен последовательно и цельно, актуальность задачи не вызывает сомнения.

Логическая структура статьи соответствует требованиям журнала «Письма в ЭЧАЯ». Статья состоит из введения и двух глав. Во введении описана постановка задачи исследования. Далее следуют главы посвящённые описанию Гамильтониана продольного движения сгруппированного пучка с учётом влияния эффекта пространственного заряда и аппроксимации фазового профиля пучка с помощью уравнения Хайсинского.

Одним из основных достоинств статьи являются: описание используемого гамильтонова формализма и анализ экспериментальных результатов. К достоинствам статьи можно, дополнительно, отнести понимание авторами проблемы и комплексность исследования физики пучков заряженных частиц. Однако, материал статьи местами изложен недостаточно аккуратно, встречаются грамматические ошибки, несогласованность и

использование жаргонизмов, не обособленных пунктуацией. Неполный перечень замечаний состоит в следующем:

1. во Введении отсутствует ссылка на источник с характеристиками Бустера NICA, а также необходимо уточнить для каких частиц приведена энергия пучка и в каких единицах (MeV/n или MeV/u);

2. в описании исходного Гамильтониана продольного движения при наличии группирующего напряжения отсутствует ссылка на источник;

3. использование разного цвета линий на левом графике рисунка 1 малоинформативно, использование разных стилей (сплошная и пунктирная) более предпочтительно;

4. в подписях к осям графиков на рисунке 1 предпочтительнее использовать обозначения «a.u.» и «rad» вместо «arb. units» и «radians», соответственно;

5. изменение положение легенды на правом графике рисунка 1 позволит добавить наглядности;

6. нет пояснений к параметрам δ и FCT data на правом графике рисунка 1;

7. отсутствует описание измерений параметров пучка в Бустере (используемые средства диагностики, оценка точность измерений и т. д.);

8. не указано является ли достигнутая точность абсолютной или относительной;

9. термин «глубоко охлаждённого» (deeply cooled) пучка использован без определения.

Несмотря на указанные недостатки, статья «MEASUREMENT OF MOMENTUM SPREAD IN SPACE CHARGE-DOMINATED ION BEAMS» представляет большой научный и практический интерес, который

соответствует тематике журнала «Письма в ЭЧАЯ» и может быть опубликована, в случае учёта приведённых рекомендаций.

Ответ авторов

Авторы благодарят рецензента за развернутую оценку достоинств и недостатков работы, а также за подробные замечания, которые позволят значительно улучшить статью. Мы учли замечания и предоставляем ответные комментарии:

1. во Введении отсутствует ссылка на источник с характеристиками Бустера NICA, а также необходимо уточнить для каких частиц приведена энергия пучка и в каких единицах (MeV/n или MeV/u);

1. во Введение добавлена ссылка на источник с характеристиками Бустера NICA, указан сорт ионов, накапливаемых в недавних сеансах пусконаладочных работ ($^{124}Xe^{26+}$) и внесены исправления в единицы измерения энергии пучка (MeV/u).

2. в описании исходного Гамильтониана продольного движения при наличии группирующего напряжения отсутствует ссылка на источник;

2. добавлена ссылка на источник, описывающий гамильтониан продольного движения при наличии группирующего напряжения.

3. использование разного цвета линий на левом графике рисунка 1 малоинформативно, использование разных стилей (сплошная и пунктирная) более предпочтительно;

3. стиль линий на левом графике рисунка 1 изменен.

4. в подписях к осям графиков на рисунке 1 предпочтительнее использовать обозначения «a.u.» и «rad» вместо «arb. units» и «radians», соответственно;

4. исправлены подписи к осям графиков на рисунке 1 в соответствии с замечанием.

5. изменение положение легенды на правом графике рисунка 1 позволит добавить наглядности;

5. легенда на правом графике рисунка 1 исправлена и перемещена правее

6. нет пояснений к параметрам δ и FCT data на правом графике рисунка 1;

6. параметр δ изменен на соответствующий тексту параметр σ_δ, подпись FCT data в легенде изменена на “Measured data” на правом графике рисунка 1.

7. отсутствует описание измерений параметров пучка в Бустере (используемые средства диагностики, оценка точность измерений и т. д.);

7. добавлено упоминание быстрого трансформатора тока, используемого для измерения продольного профиля пучка, ссылки на источники. В текст добавлено замечание об уменьшения шума измерений путем усреднения 20 последовательных продольных профилей пучка.

8. не указано является ли достигнутая точность абсолютной или относительной;

8. в текст добавлено пояснение о том, что достигнутая точность – относительная.

9. термин «глубоко охлаждённого» (deeply cooled) пучка использован без определения.

9. термин «глубоко охлажденный» применим к пучкам со сверхмалыми значениями разброса скоростей. Так, этот термин упоминается в источниках с исследованием формирования упорядоченных «кристаллических» ионных пучков малой интенсивности (например, https://doi.org/10.1016/j.nima.2018.11.051), хотя в литературе встречаются упоминания термина без дополнительного пояснения (к примеру, для интенсивных пучков см. https://doi.org/10.1063/1.2190122) . Во избежание разночтений заменен на «охлажденный пучок в равновесном состоянии».