

## ОТЗЫВ

научного руководителя, кандидата физико-математических наук Рогачевского Олега

Васильевича на диссертационную работу ВОРОНЮКА Вадима Владимировича “Анализ коллективных эффектов, возникающих при столкновениях тяжелых ионов, в модели PHSD и возможность их исследования на проектируемой установке MPD/NICA”, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.16 “Физика атомного ядра и элементарных частиц”.

В диссертационной работе В.В.Воронюка изложены результаты исследований, выполненных автором в период с 2010 по 2014 годы. Работа посвящена изучению электромагнитных полей возникающих в столкновениях тяжелых ионов и поведению коллективных наблюдаемых в этих полях в связи с возможным проявлением локального нарушения четности в сильных взаимодействиях из-за топологической структуры вакуума квантовой хромодинамики (“Киральный Магнитный Эффект”).

Вадим перешел в группу разработки программного обеспечения для физического анализа данных детектора MPD в 2009 г. Он сразу активно включился в разработку программного пакета MPDRoot. В то время появились первые результаты коллаборации STAR по азимутальным угловым зарядовым корреляциям при энергии в системе центра масс  $\sqrt{s_{NN}} = 62$  и 200 ГэВ, которые связывают с возможным локальным нарушением четности в сильных взаимодействиях. Перед Вадимом была поставлена задача исследования возможности наблюдения этого эффекта на установке MPD. В качестве базового генератора событий для исследований была выбрана транспортная партонная модель PHSD. Вадим присоединился к группе разработчиков этой модели и в данный момент он является экспертом по использованию этой модели для физического анализа в эксперименте MPD. Транспортная модель PHSD была расширена Вадимом для учета электромагнитных полей образующихся в столкновениях тяжелых ионов и оптимизирована по скорости выполнения. Изначально идея состояла в том, чтобы задать некоторый ток заряженных частиц пропорционально величине образующегося магнитного поля для описания имеющихся тогда экспериментальных данных. В результате Вадимом был выполнен детальный анализ характеристик этих полей.

В ходе работы задача существенно расширилась. Как оказалось, азимутальные угловые корреляции тесно связаны с коллективными потоками. Последние образуются на ранних стадиях столкновения и чувствительны к состоянию рожденной среды. Вадим принял активное участие в анализе влияния фазового перехода на потоки. Далее был проанализирован вклад эллиптического потока в угловые корреляции и выполнено исследование влияния партонной фазы на них.

Сравнение смоделированных результатов с экспериментальными результатами программы сканирования по энергии на RHIC показало, что модель вполне успешно описывает азимутальные корреляции при умеренных энергиях  $\sqrt{s_{NN}} = 7.7$  и 11.5 ГэВ без каких-либо эффектов нарушения четности. При более высоких энергиях  $\sqrt{s_{NN}} = 40 - 200$  ГэВ существенное влияние оказывает партонная фаза. Здесь модель не в состоянии описать корреляции, хотя она и хорошо описывает коллективные потоки во всей области энергий. При этом, для корректной интерпретации экспериментальных результатов, существенно рассмотрение проекций.

Вадимом был грамотно выполнен физический анализ коллективных потоковых эффектов для детектора MPD. Эти методы анализа коллективных потоков были добавлены в программного оболочку MPDRoot и на основе этого моделирования показана возможность исследования коллективных эффектов на установке MPD.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для выяснения приро-

ды эффекта нарушения пространственной четности в сильных взаимодействиях, поиску проявления интенсивных электромагнитных полей в столкновениях тяжелых ионов и могут быть использованы далее при изучении свойств кварк-адронной среды. Последние разработки соискателя по моделированию детектора MPD очень важны для дальнейшего развития проекта.

В целом диссертация выполнена на высоком уровне. Личный вклад соискателя в рассматриваемую работу является определяющим. В.В.Воронюка можно охарактеризовать как сформировавшегося научного работника, способного ставить новые задачи и решать их на высоком уровне. Поддерживаю представление диссертации Воронюка В.В. к защите и считаю, что он заслуживает получения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Научный руководитель,  
кандидат физ.-мат. наук

подпись Рогачевского О.В. подтверждаю  
Ученый секретарь ЛФВЭ ОИЯИ,



О.В. Рогачевский

Д.В. Пешехонов