

Отзыв научного руководителя доктора физико-математических наук, профессора Сеничева Юрия Валерьевича на диссертацию **Александра Евгеньевича Аксентьева «Метод замороженного спина для поиска электрического дипольного момента дейтрона в накопительном кольце»**, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук 01.04.20 – «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника»

Александр Аксентьев закончил в 2015 году с красным дипломом кафедру ускорителей факультета автоматики и электроники Национального Исследовательского Ядерного Университета «МИФИ».

Осенью этого же года Александр успешно сдал экзамены в аспирантуру к доценту С.М. Полозову. Дипломную практику Александр Аксентьев проходил в институте ядерной физики (IKP) Юлихского научного центра в Германии (FZJ). Под руководством Юрия Вальдау (FZJ) Александр участвовал в эксперименте TRIC по поиску CP нарушения на ускорителе COSY. Темой дипломной работы Александра было «Исследование влияния возможных систематических ошибок на результаты эксперимента по изучению временной инвариантности на ускорителе COSY». После поступления в аспирантуру МИФИ Александр Аксентьев в рамках немецкой научной программы работы с аспирантами, выполняющими современные исследования в своих институтах, начал работать в институте ядерной физики Юлиховского Научного Центра непосредственно под моим руководством над темой «Поиск электрического дипольного момента дейтрона на ускорителе COSY». В течение всего обучения в аспирантуре Александр постоянно поддерживал тесную научную связь со своей кафедрой, проводя семинары в лаборатории С.М. Полозова. Начиная с первого года аспирантуры, Александр был приглашен в международную научную коллаборацию JEDI (Jülich Electric Dipole moment Investigations) по поиску электрического дипольного момента протона и дейтрона, включающую в себя более ста участников со многих стран мира.

В течение первого года работы в IKP Александр изучал предложенный Брукхэвинской Национальной Лабораторией (BNL) метод «замороженного спина» (frozen spin method) поиска электрического дипольного момента с использованием ускорителя в накопительном режиме. Свои исследования Александр проводил, используя математическое моделирование процедуры измерения спина. На этой модели Александр изучил процесс декогеренции спина частиц в сгустке, приводящей к потере поляризации без принятия специальных мер. Эти же исследования сопровождались сравнением с экспериментальными результатами по измерению декогеренции на ускорителе COSY. Совпадение результатов позволяло судить о правильности математического подхода.

Наиболее серьезным достижением исследований Александра Аксентьева можно считать обнаружение неустойчивости оси прецессии спина в окрестности 3D «замороженного» состояния из-за неидеальности элементов ускорителя, которое является частным случаем целого нулевого спинового резонанса. Эти неидеальности элементов порождают 3D проекции полей, примешивающие к измеряемой частоте прецессии спина в вертикальной плоскости компоненты частоты в других плоскостях и делают неопределенным величину измеряемого

отклонения спина. Это приводит к наведенным сигналам из-за магнитного дипольного момента, которые могут быть приняты за ЭДМ сигнал, и по сути являются систематическими ошибками. Этот факт практически закрывал этот метод поиска электрического дипольного момента.

Разработанный Александром Аксентьевым совместно со мной новый метод поиска электрического дипольного момента, основан на измерении частоты прецессии спина, теперь уже «замороженного» в 2D-пространстве. Данный метод получил название "Frequency Domain Method" и является единственно возможным для дальнейшего исследования ЭДМ. В отличие от БНЛ метода этот метод предполагает измерение в вертикальной плоскости совокупной ЭДМ и МДМ частоты прецессии спина. При этом прецессия спина в вертикальной плоскости такая по величине, что вклад от других компонент много меньше ЭДМ. Экспериментальные оценки точности измерения частоты прецессии спина на уровне $10^{(-9)}$ с набором статистики за 6000 часов измерений позволяют получить чувствительность измерения ЭДМ на уровне $10^{(-29)}$ е·см. В случае обнаружения ЭДМ это может быть фундаментальным результатом за пределами стандартной модели.

В диссертации Александр Аксентьев делает значительный акцент на численную реализацию описанного подхода и использование его для математического моделирования и разработки будущей физической установки по поиску ЭДМ. В частности, Александр разработал структуру накопительного кольца, что позволило нам доказать реализуемость требований к поляризованному пучку, как инструменту диагностирования наличия электрического дипольного момента.

Практическая ценность результатов исследований Александра заключается в непосредственном использовании их в разработке эксперимента по поиску ЭДМ на строящейся установке NICA.

По теме исследований Александром опубликовано 12 печатных изданий: 5 изданы в журналах, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и Web of Science, а 7—в трудах докладов международных конференций. Из последних семи 4 работы входят в базу Scopus, 3 в РИНЦ.

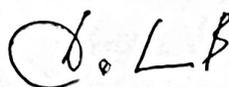
По результатам всех этих исследований Александр сделал доклады на наиболее престижных конференциях по физике ускорителей International Particle Accelerator Conference. По ходу выполнения диссертационной работы Александр ежегодно делал доклады в институте ядерной физики Юлиховского центра.

К его личным научным качествам прежде всего относится хорошее владение аналитическим и численным математическим аппаратом, великолепное знание компьютера и практически совершенное владение английским языком.

В данном отзыве мне также хочется выразить надежду, что Александр Аксентьев после защиты продолжит участие в международной коллаборации JEDI, и в будущих экспериментах на создаваемом кольце NICA.

В результате хочу сказать, что Александр Евгеньевич Аксентьев безусловно заслуживает присвоения ему звания кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.20 – «Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника».

Доктор физико-математических наук,
профессор



Сеничев Ю.В.

11.02.2020