

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д201.004.01,  
созданного на базе Федерального государственного бюджетного учреждения  
«Институт физики высоких энергий имени А.А.Логонова  
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук  
аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 12.05.2021 № 2021-7

О присуждении **Яновичу Андрею Антоновичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Экспериментальные исследования по управлению пучками заряженных частиц и генерации направленных потоков излучения с помощью новых кристаллических устройств на ускорителях» по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника принята к защите 09.03.2021 (протокол заседания № 2021\_2) диссертационным советом Д201.004.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логонова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», 142281, пл. Науки, д. 1, г. Протвино, Московской области, приказ Минобрнауки РФ №105/нк от 11.04.2012.

Соискатель, Янович Андрей Антонович, 1963 года рождения, окончил физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова в 1992 году, работает научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логонова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Диссертация выполнена в Отделении экспериментальной физики НИЦ «Курчатовский институт» – ИФВЭ.

**Научный руководитель** – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела пучков НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ, Маишеев Владимир Александрович.

**Официальные оппоненты:**

- Кубанкин Александр Сергеевич, гражданин РФ, доктор физико-математических наук, профессор, Белгородского государственного национального исследовательского университета, НИУ «БелГУ», г. Белгород;
- Тищенко Алексей Александрович, гражданин РФ, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник Международной научно-исследовательской лаборатории «Излучение заряженных частиц» Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г. Москва;

дали положительный отзыв на диссертацию.

**Ведущая организация** – «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном Федяниным Андреем Анатольевичем, доктором физико-математических наук, профессором, проректором МГУ им. М.В. Ломоносова, Боосом Эдуардом Эрнстовичем, доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН, исполняющим обязанности директора НИИЯФ МГУ, Шведуновым Василием Ивановичем, доктором физико-математических наук, профессором, исполняющим обязанности заведующего ОЭПВАЯ НИИЯФ МГУ, Юровым Дмитрием Сергеевичем, старшим научным сотрудником НИИЯФ МГУ, указала, что диссертация А.А. Яновича отвечает всем требованиям, установленным в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Соискатель имеет 11 научных работ по теме диссертации в журналах, индексируемых в базах WoS, Scopus и РИНЦ, в том числе 6 работ в Письма в ЖЭТФ, 2 работы в Phys. Rev. Accel. Beams и 3 работы в Nucl. Instrum. Methods B:

1. Афонин А.Г., ..., Янович А.А. [и др.] Исследование фокусировки пучка протонов с энергией 50 ГэВ с помощью нового кристаллического устройства // Письма в ЖЭТФ. – 2012. – Т. 96. – № 7. – С. 470-473.
2. Scandale W., ..., Yanovich A.A. [et al.] // Comprehensive study of beam focusing by crystal devices // Phys. Rev. Accel. Beams. – 2018 – Vol. 21. – No 1. – P. 014702.
3. Афонин А.Г., ..., Янович А.А. [и др.] Фокусировка пучка частиц высокой энергии на предельно коротком расстоянии // Письма в ЖЭТФ. – 2017. - Т. 105. - № 12. - С. 727-729.
4. Scandale W., ..., Yanovich A.A. [et al.] Focusing of a particle beam by a crystal device with a short focal length // Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. B. – 2018. – Vol. 414. - Pp. 104-106.
5. Афонин А.Г., ..., Янович А.А. [и др.] Отклонение расходящегося пучка протонов с энергией 50 ГэВ с помощью фокусирующего кристаллического устройства // Письма в ЖЭТФ. – 2016. – Т. 104. - № 1. - С. 9-12.
6. Scandale W., ..., Yanovich A.A. [et al.] Focusing of 180 GeV/c pions from a point-like source into a parallel beam by a bent silicon crystal // Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B. – 2019. – Vol. 446. – Pp. 15-18.
7. Scandale W., ..., Yanovich A.A. [et al.] Comparative results on the deflection of positively and negatively charged particles by multiple volume reflections in a multi-strip silicon deflector // Письма в ЖЭТФ. – 2015. – Т. 101. – № 10. – С. 755-760.
8. Scandale W., ..., Yanovich A.A. [et al.] Deflection of high energy protons by multiple volume reflections in a modified multi-strip silicon deflector // Nucl. Instr. And Meth. in Phys. Res. B. – 2014. - Vol. 338. – P.108-111.

9. Маишеев В.А., ..., Янович А.А. [и др.] Использование отражения частиц в изогнутых кристаллах для коллимации пучка в больших адронных коллайдерах // Письма в ЖЭТФ. – 2020. – Т. 112. – № 1. – С. 3-8.
10. Афонин А.Г., ..., Янович А.А. [и др.] Излучение фотонов при взаимодействии электронного пучка высокой энергии с последовательностью изогнутых монокристаллов // Письма в ЖЭТФ. – 2018. – Т. 107. - № 8. – С. 477-480.
11. Afonin A.G., ..., Yanovich A.A. [et al.] Implementation of multistrip crystals to protect the septum magnets and to generate gamma radiation // Phys. Rev. ST Accel. Beams. – 2019 - Vol. 22. – No 3. - P. 033001.

Все работы, вошедшие в диссертацию, выполнены при определяющем вкладе соискателя, что подтверждается официальным письмом от коллаборации UA-9.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

- а) оппонента Кубанкина Александра Сергеевича, который сделал следующие замечания к диссертационной работе:
  - отсутствие более подробного описание уникальных приборов и устройств, использованных в экспериментах, например, гониометра высокого разрешения.
- б) оппонента Тищенко Алексея Александровича, который сделал следующие основные замечания к диссертационной работе:
  - текст в диссертации местами оформлен небрежно, с нарушением последовательности в аргументации и огрехами в стилистике, а иногда и грамматике, затрудняющими понимание. Имеются отсылки к несуществующим рисункам (например, 1.28b), очень часто подписи к рисункам заканчиваются неожиданно – нет точки в конце предложения и интервала после подписи;

- на странице 54 идет речь об отражении от плоскостей, но используется критический угол осевого каналирования. Такое использование непонятно, и возникает вопрос: это опечатка, или сознательная замена? Если да, чем это обусловлено, и почему не рассматривать обычный линдхардский угол?
- с) ведущей организации (НИИЯФ МГУ), сформулировавшей следующие замечания к диссертационной работе:
  - в диссертационной работе уделено недостаточное внимание вопросу радиационной стойкости исследуемых кристаллических устройств и температурным нагрузкам на них во время эксплуатации. Не указаны предельные интенсивности падающего на кристаллы пучка и примерные сроки жизни данных устройств для большей части возможных применений;
  - результаты выполненных автором исследований фокусирующих устройств на основе изогнутых кристаллов следовало бы обобщить в виде правил или критериев выбора параметров кристалла (толщина, радиус изгиба, угол скоса) с тем, чтобы можно было проектировать системы с определенными фокусирующими свойствами для заданной энергии пучка;
  - в тексте диссертации встречаются синтаксические ошибки.

Более подробное описание замечаний к диссертационной работе можно найти в отзывах оппонентов и ведущей организации.

Во всех поступивших отзывах дана общая положительная оценка на диссертацию, а также указано, что соискатель заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.20 – физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высочайшим уровнем экспертизы в вопросах, на которых сосредоточена диссертация, подтверждаемым соответствующими публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Впервые был детально изучен фокусирующий эффект новой оптики, основанный на двух типах изогнутых кристаллов. Экспериментально подтверждено, что используя обращенное направление движения частиц в фокусирующих кристаллах (фокусировка из точки в параллель), можно формировать направленные потоки вторичных частиц, генерируемых на нитевидных мишенях, без применения магнитной оптики.
- Впервые экспериментально проверена фокусировка пучка частиц высокой энергии кристаллическим устройством на расстоянии порядка 10 см.
- Впервые на вторичном пучке электронов с энергией 7 ГэВ на канале 4а У-70 проведено детальное исследование потерь энергии электронов на излучение высокоэнергетических фотонов в мульткристаллической структуре в режиме отражения.
- Продемонстрирована возможность использования объемного отражения протонного пучка, взаимодействующего с мульткристаллической структурой для защиты септум-магнитов в ускорителях.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

- Экспериментальные данные по потерям энергии электронов на излучение высокоэнергетических фотонов в области объемного отражения получены для достаточно протяженной мишени по пучку (15 мм), состоящей из 6 отдельных кристаллов и достаточно низкой энергии электронов 7 ГэВ по сравнению с другими экспериментами, выполненными в CERN. В результате был модернизирован метод расчета потерь энергии легких лептонов на излучение высокоэнергетических фотонов в кристаллических структурах в области объемного отражения, основанный на локальной справедливости теории когерентного тормозного излучения.
- Результаты экспериментов по фокусировке и по отражению протонных и пионных пучков, а также по излучению электронов в кристаллической

структуре сравнивались с теорией и показали справедливость соответствующих теоретических моделей для описания взаимодействия частиц высокой энергии с монокристаллами.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается тем, что:

- Фокусирующие кристаллические устройства первого типа (со скошенным торцом) в режиме прямой фокусировки (из параллельного пучка в линейный фокус) могут использоваться в реальных системах формирования пучков выведенных частиц. В режиме обратной фокусировки (из точки в параллельный источник) при энергиях пучков выше 100 ГэВ подходят для кристаллической системы транспортировки пучков и формировании направленных потоков вторичных частиц, генерируемых на нитевидных мишенях, без применения магнитной оптики.
- Фокусирующие кристаллические устройства второго типа могут применяться для измерения короткоживущих магнитных моментов короткоживущих частиц и для уменьшения размеров пучка в линейных электрон-позитронных коллайдерах.
- Результаты по отклонению положительных и отрицательных частиц многополосными кристаллическими устройствами в режиме кратного объемного отражения показали, что многополосные кристаллы первого типа можно использовать для коллимации пучка в ускорителях высоких энергий, а многополосные кристаллы второго типа - для коллимации пучка сверхвысоких энергий.
- Результаты по испытанию на пучке протонов 50 ГэВ кристаллического устройства в режиме отражения для защиты септум-магнита SM24 от радиации показали, что мультикристаллическая структура должна хорошо «затенять» септум. Эта задача очень важна для ускорителей в CERN, Fermilab, BNL, и J-PARC.

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила:

Представленные результаты диссертационной работы основаны на анализе экспериментальных данных, которые получены с применением различных методик на экспериментальных установках в Протвино и CERN. Результаты экспериментов находятся в согласии с приведенными расчетами и подтверждены независимыми авторами.

**Личный вклад** соискателя:

При активном участии автора были поставлены и сформулированы цели и задачи диссертационной работы. Автор принимал активное участие в подготовке и проведению исследований на канале 4а ускорителя У-70 ИФВЭ. Программное обеспечение системы сбора данных и первичного анализа данных для этих исследований были созданы автором. В экспериментах на канале 4а ускорителя У-70 ИФВЭ и в рамках программы UA-9 ускорителя SPS CERN автор принимал участия в наборе и обработке экспериментальных данных, а также проводил физический анализ данных. Личный вклад автора в научные работы, опубликованные по теме диссертации, отражен в содержании диссертации и в основных положениях, представленных к защите.

На заседании 12.05.2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Яновичу А.А. учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 17, против 0, ~~недействительных бюллетеней~~ 1.

Председатель диссертационного совета

Тюрин Н.Е.

Временно исполняющий обязанности

ученого секретаря диссертационного совета

Мочалов В.В.

12 мая 2021 г.