

Отзыв официального оппонента

доктора физико-математических наук, ведущего научного сотрудника отделения
экспериментальной физики Федерального государственного бюджетного учреждения
«Институт физики высоких энергий имени А.А. Логунова НИЦ «Курчатовский институт»
Харлова Юрия Витальевича
на диссертацию Баранова Александра Геннадьевича
«Экспериментальная установка по измерению поляризационных корреляций запутанных
и декогерентных аннигиляционных фотонов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по
специальности 1.3.2 — «Приборы и методы экспериментальной физики»

Диссертационная работа Баранова А.Г. посвящена разработке и созданию детекторных систем для экспериментальной установки по измерению поляризационных корреляций аннигиляционных фотонов в различных квантовых состояниях и проведению этих измерений.

Актуальность работы заключается в подходе к решению фундаментальной квантово-механической задачи — экспериментального подхода к изучению запутанности фотонов — сравнении свойств комптоновского рассеяния пары аннигиляционных фотонов в максимально запутанном и декогерентном квантовых состояниях. Теоретические работы по расчетам комптоновского рассеяния аннигиляционных фотонов дают весьма противоречивые результаты, а прямой экспериментальной проверки и сравнения таких процессов до сих пор не было выполнено. Наряду с фундаментальной физической задачей, в диссертации описано важное прикладное значение - использование свойств квантовой запутанности аннигиляционных фотонов в новом поколении квантовой позитрон-эмиссионной томографии. В работе также решены методические задачи, связанные с регистрацией сверхнизких энерговыделений в сцинтилляционных детекторах.

Научная новизна работы заключается в новых методических и научных результатах:

созданы уникальные детекторные системы для установки по измерению поляризационных корреляций аннигиляционных фотонов в различных квантовых состояниях;

впервые реализована схема из трех комптоновских рассеивателей;

Созданы сцинтилляционные детекторы рассеянных фотонов с большим телесным углом регистрации;

Определены амплитудные и временные параметры сцинтилляционных детекторов для измерения поляризации аннигиляционных фотонов;

В создание установки по измерению поляризационных корреляций аннигиляционных фотонов внесен существенный вклад — уникальная механическая конструкция, обеспечивающая азимутальную симметрию установки, разработана и создана электронная схема установки, включающая аналоговую, цифровую и триггерную части.

Достоверность результатов, представленных в диссертации, подтверждается тем, что полученные докладывались на четырех международных конференциях и опубликованы в шести статьях в ведущих научных журналах. Впервые полученные на обсуждаемой экспериментальной установке результаты по измерению азимутальных угловых корреляций декогерентных фотонов подтверждены другими экспериментальными группами.

Практическая значимость работы заключается в создании нового инструмента . Разработанные методы и аппаратура имеют широкий спектр применения и могут быть адаптированы для решения задач в различных областях, включая энергетику, строительство и геологию.

Личный вклад автора диссертацию в материалы, представленные к защите, не вызывает сомнений. Автором были разработаны и созданы конструкции экспериментальной установки для исследования поляризационных корреляций, созданы детекторы комптоновских поляриметров для этой установки, выполнено измерение и калибровка энергетических и временных параметров детекторов экспериментальной установки, разработка, создана и настроена электроника эксперимента.

Оценивая диссертационную работу и её завершённость, необходимо сделать ряд **замечаний**:

1) В Главе 2 в описании экспериментальной установки по исследованию квантовых состояний аннигиляционных фотонов достаточно подробно описаны все элементы установки. В частности, промежуточный комптоновский рассеиватель выполнен из кристалла GAGG(Ce). Однако, не сказано, как была выбрана толщина этого рассеивателя. Важно понимать, что GAGG является достаточно плотным веществом с малой радиационной длиной, поэтому слишком большая толщина дополнительного рассеивателя может привести к потере позитрона, а слишком малая толщина — к неэффективному комптоновскому рассеивателю. В разделе 4.3 приведена толщина кристалла — 7 мм. Была ли оптимизирована толщина GAGG? Какой сигнал регистрирует SiPM на доп.рассеивателе, какая амплитуда этого сигнала (в количестве фотоэлектронов)?

2) В разделе 3.2 в описании электронной схемы установки говорится о микросхеме AD8099 в первом каскаде усилителя. Желательно дать описание этой микросхемы (операционный усилитель с обратной связью) и привести ссылку на спецификацию на сайте производителя. На чем реализованы второй и третий каскады усилителя?

3) В разделе 4.1 не хватает ссылки на ФЭУ R7525 (на самом деле она приведена ниже в описании конструкции комптоновских рассеивателей, но для удобства читателя необходимо давать ссылки сразу, как появляется описание нового элемента). Чем был обусловлен выбор именно этого ФЭУ для прототипов сцинтилляционных детекторов?

4) На рис. 4.6, правой панели, числа по оси Y не все пропечатаны полностью. По оси X отложено время измерения, по-видимому, относительно начала Unix-эпохи. Было бы удобнее привести время относительно начала измерений. Какой вывод можно сделать из этого рисунка?

5) В спецификации ФЭУ R7525 (стр. 66) и R6231 (стр. 71) материал фотокатода назван по-разному — Bialkali и Бялкали. В обоих случаях следует использовать принятое русское название «бищелочной».

В целом диссертация является согласованным и достаточно подробным описанием как всей экспериментальной установки, так и результатов, полученных автором. Положительным моментом является квалифицированное и подробное описание фундаментальной задачи, на решение которой направлена данная работа. Указанные выше замечания не влияют на общее впечатление от диссертации и не умаляют ее достоинств.

Автореферат полностью соответствует положениям диссертации.

Диссертационная работа «Экспериментальная установка по измерению поляризационных корреляций запутанных и декогерентных аннигиляционных фотонов» представляет собой законченную научно-квалификационную работу и полностью соответствует всем критериям, установленным действующим Положением о присуждении ученых степеней, а также паспорту специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Считаю, что Баранов Александр Геннадьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.2 «Приборы и методы экспериментальной физики» за решение важной научно-технической задачи — создание экспериментальной установки по измерению поляризационных корреляций запутанных и декогерентных аннигиляционных фотонов.

Отзыв составил:

д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник отделения экспериментальной физики,

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логанова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»,

142281, МО, г. Протвино, площадь Науки, д. 1

Тел.: +7(4967)71-33-29

E-mail: yuri.kharlov@ihep.ru

Харлов Юрий Витальевич

27.10.2025

Подпись сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения «Институт физики высоких энергий имени А.А. Логанова Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» Харлова Юрия Витальевича удостоверяю:

Ученый секретарь

НИЦ «Курчатовский институт» - ИФВЭ _____

Н.Н. Прокопенко

Харлов Юрий Витальевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.23- Физика высоких энергий.

Список основных публикаций по теме рецензируемой диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. А. М. Горин, С. В. Евдокимов, А. А. Зайцев, В. И. Изучеев, Б. В. Полищук, К. А. Романишин, В. И. Рыкалин, С. А. Садовский, Ю. В. Харлов, А. А. Шангараев. Поиск резонансов в спектре масс двухфотонных событий, образующихся в π^+A -взаимодействиях, в эксперименте Гиперон-М на ускорительном комплексе У-70. Письма в ЖЭТФ, том 118, вып. 9, с. 629 – 636. DOI: 10.31857/S1234567823210012
2. A. M. Varlamov, Yu. V. Kharlov. “Production and Reconstruction Model of the $\chi_c J$ States at the ALICE Experiment at the Large Hadron Collider”. ISSN 1063-7788, Physics of Atomic Nuclei, 2022, Vol. 85, Suppl. 2, pp. S109–S116. DOI: 10.1134/S1063778822140149
3. Kharlov, Y. Hambardzumyan, A. Varlamov. “Probing the Hot QCD Matter via Quarkonia at the Next-Generation Heavy-Ion Experiment at LHC”. Particles 2023, 6, 546–555. DOI: 10.3390/particles6020030
4. ALICE Collaboration, ... Y.Kharlov et al. “Inclusive photon production at forward rapidities in pp and p–Pb collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ TeV”. ALICE Collaboration. Eur.Phys.J.C 83 (2023) 7, 661 DOI: [10.1140/epjc/s10052-023-11729-y](https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-023-11729-y)
5. ALICE Collaboration, ... Y.Kharlov et al. Performance of the ALICE Electromagnetic Calorimeter. JINST 18 (2023) 08, P08007. DOI: [10.1088/1748-0221/18/08/P08007](https://doi.org/10.1088/1748-0221/18/08/P08007)
6. ALICE Collaboration, ... Y.Kharlov et al. Measurements of the groomed jet radius and momentum splitting fraction with the soft drop and dynamical grooming algorithms in pp collisions at $\sqrt{s} = 5.02$ TeV. JHEP 05 (2023), 244. DOI: [10.1007/JHEP05\(2023\)244](https://doi.org/10.1007/JHEP05(2023)244)
7. ALICE Collaboration, ... Y.Kharlov et al. Nuclear modification factor of light neutral-meson spectra up to high transverse momentum in p–Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}}=8.16$ TeV. Phys.Lett.B 827 (2022), 136943. DOI: [10.1016/j.physletb.2022.136943](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2022.136943)
8. S.V. Evdokimov, V.I. Izucheev, E.S. Kondratyuk, B.V. Polishchuk, S.A. Sadovsky, Y.Kharlov et al. Measurement of Parameters of Neutral Mesons Produced in Meson–Nucleus Interactions in Hyperon-M Experiment. Phys.At.Nucl. 84 (2021) 9, 1647-1652. DOI: [10.1134/S1063778821090155](https://doi.org/10.1134/S1063778821090155)