

## Отзыв на предложение о продлении в 2019-2020 г.г. проекта “R&D for the ALICE Photon Spectrometer Upgrade (JINR Participation) “

Основной целью проекта является модификация фотоприемника ячейки и регистрирующей электроники электромагнитного калориметра установки ALICE PHOS таким образом, чтобы, не нарушая высокую линейность измерения энергии фотонов в диапазоне 5 МэВ - 200 ГэВ, дополнительно измерять время пролета частиц с разрешением не хуже  $\sigma_t=300$  псек при регистрации фотонов с энергией более 1 ГэВ. Для PHOS основная задача заключается в измерении сечения рождения прямых фотонов. Ожидаемый сигнал слабый (несколько процентов) по сравнению с физическим фоном фотонов от распада адронов. Кроме того, нейтральные адроны дополнительно загрязняют спектр фотонов. Для идентификации фотонных кластеров требуется дискриминация от нейтронов и, в основном, от аннигиляции антинейтронов. Дискриминация основана на топологическом анализе ливня и измерении времени пролета.

В результате проведенных исследований в ЦЕРНе на пучке электронов в диапазоне энергий  $(1\div 10)$  ГэВ в течение 2016-2018 г.г. было получено энергетическое разрешение 2% для сборки из 9-ти кристаллов  $(3\times 3)$ . В качестве фотоприемника света от кристаллов  $PbWO_4$  был выбран кремниевый лавинный фотодиод (ЛФД) с большой площадью  $10\times 10$  мм<sup>2</sup> фирмы HAMAMATSU (HPK) типа S8664-1010. Экспериментально показано, что за счет большей  $(10\times 10$  мм<sup>2</sup>) площади ЛФД и нового варианта электроники регистрации получено лучшее энергетическое разрешение с кристаллами PWO при температуре  $+18^\circ$  по сравнению с предыдущим «холодным» вариантом фотоприемника и электроники. В предыдущем варианте кристаллы PWO и фотоприемник HPK S8664-55 площадью  $5\times 5$  мм<sup>2</sup> работали при температуре  $-25^\circ$ , при этой температуре уменьшаются тепловые шумы ЛФД и увеличивается световой выход сигнала для кристаллов PWO в 3 раза, но даже эти преимущества не дают выигрыша в энергетическом разрешении по сравнению с вариантом регистрации сигналов ЛФД большей площади. Временное разрешение для девяти кристаллов при регистрации сигналов с помощью ЛФД (S8664-1010) площадью  $(10\times 10)$  мм<sup>2</sup> было получено равным  $(420\div 850)$  пс, которое зависит от величины усиления ЛФД (диапазон усиления  $50\div 200$ ) и от величины порога амплитудного дискриминатора. Авторы данного проекта для дальнейших исследований выбрали рабочую температуру  $+18^\circ$  (при такой же температуре работает ЭМ-калориметр CMS) и для измерения энергии ливня выбран вариант фотоприемника на основе кремниевого лавинного фотодиода фирмы HAMAMATSU типа S8664-1010 площадью  $10\times 10$  мм<sup>2</sup>. Для измерений в большом динамическом диапазоне сигналов ЛФД является линейным приемником с неплохим временным разрешением 0.5 нсек, а большая площадь  $(1\text{см}^2)$  позволяет эффективно собирать свет с кристаллов PWO. В то же время в данном спектрометре фотонов необходимо иметь высокое временное разрешение  $\sim 0.2$  нсек (1 ГэВ). Для того, чтобы с каждого отдельного кристалла можно было измерять энергию с высоким E-разрешением и время с высоким t-разрешением



предлагается разработать и создать комбинированный фотоприемник, включающий и ЛФД (E-разрешение), и SiPM (t-разрешение). Высокое временное разрешение регистрации ЭМ-ливня позволит понизить величину физического фона и повысить эффективность регистрации прямых фотонов. Кристаллы PWO являются сцинтилляторами с коротким (~10 нсек) временем высвечивания и, снабдив их быстрыми фотоприемниками типа SiPM, должно быть получено высокое временное разрешение данного оптического детектора. Разработка и создание такого комбинированного фотоприемника требует разработки специальной компактной электроники, размещаемой на торце каждого кристалла с площадью 20x20 мм<sup>2</sup>. Сложность такой разработки заключается в сочетании в непосредственной близости двух фотоприемников (ЛФД и SiPM) с разными коэффициентами усиления и соответствующих предусилителей. В дальнейших отчетах будет полезным привести информацию об ожидаемом радиационном фоне в области расположения кристаллов с фотоприемниками спектрометра фотонов PHOS, так как реальные параметры (разрешение энергетическое и временное) будут зависеть от радиационных повреждений и кристаллов, и фотоприемников. Для проведения такой разработки требуются финансовые затраты, квалифицированные эксперты и время для исследований. Необходимость разработки новой регистрирующей электроники для спектрометра PHOS продиктована новым вариантом комбинированного фотоприемника и более высокими требованиями для временного разрешения в связи с повышением светимости LHC. В результате будет разработана техническая документация на предсерийный образец FEE и проведены его испытания. После испытаний этот образец планируется представить для рассмотрения коллаборации ALICE. Разработка электроники такого уровня, соответствующего последним тенденциям в измерительной технике, несомненно, будет полезна и при реализации мегапроекта NICA.

С этой целью авторы проекта обоснованно запрашивают величину финансирования в размере 30 тысяч долларов из бюджета ОИЯИ на период 2018-2020 г.г.

Прошу физическую секцию НТС ЛФВЭ одобрить проект с утверждением запрашиваемого финансирования на два года 2018-2020 г.г.

Отзыв на этап проекта составил:

Н.И.Замятин, 06 ноября 2018 г.

