

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ КРИСТАЛЛОВ GAGG В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ КАЛОРИМЕТРИИ

© 2023 г. Д. А. Аверьянов^{1),2)*}, Д. С. Блау^{1),2)}, Е. А. Цывкунова³⁾

Поступила в редакцию 21.09.2022 г.; после доработки 21.09.2022 г.; принята к публикации 30.09.2022 г.

Сцинтилляционные кристаллы $Gd_3Al_2Ga_3O_{12}$ (GAGG) рассматриваются в качестве материала для применения в детекторах ионизирующих излучений в связи с их высокой радиационной стойкостью, плотностью и световыходом. Эти кристаллы могут быть использованы в дополнение к кристаллам вольфрамата свинца ($PbWO_4$ или PWO) для создания электромагнитного калориметра нового поколения с хорошим пространственным и энергетическим разрешением в широком диапазоне энергий. Кристаллы PWO позволяют точно измерять энергию фотонов высокой энергии, а добавление перед ними кристаллов GAGG позволяет расширить диапазон измеряемой энергии фотонов вплоть до нескольких МэВ. Нами рассмотрены различные варианты составного электромагнитного калориметра на основе кристаллов PWO и GAGG для оптимизации его пространственного и энергетического разрешения в широком диапазоне энергии (от 1 МэВ до 100 ГэВ). Оптимизация основана на моделировании в Geant4 с учетом светосбора, а также с использованием различных фотодетекторов и шума электроники. Результаты моделирования проверялись с использованием измерений световыхода образцов GAGG, проведенных с помощью радиоактивных источников, и измерений на тестовом пучке состоящего из кристаллов PWO фотонного спектрометра PHOS эксперимента ALICE в ЦЕРН.

DOI: 10.31857/S0044002723010051, EDN: QZGKZI

1. ВВЕДЕНИЕ

Гомогенные калориметры на основе сцинтилляционных монокристаллов широко используются в физике высоких энергий и смежных областях благодаря их хорошему энергетическому, пространственному и временному разрешениям. Примером использования таких кристаллов, а именно кристаллов вольфрамата свинца, $PbWO_4$ (PWO), является высокогранулярный фотонный спектрометр PHOS [1], который используется в эксперименте ALICE [2] на Большом адронном коллайдере. Кроме того, эти кристаллы применяются в эксперименте CMS [3], а также в ряде других экспериментов в области физики высоких энергий и смежных областях, например, на МКС (эксперимент CALET [4]). Как было показано в [5], такой калориметр позволяет получить разрешение пика π^0 -мезона $\sigma_m^{\pi^0} = 4.56 \pm 0.03$ МэВ/с для $p_T > 1.7$ ГэВ/с. При этом из-за относительно низкого световыхода PWO-кристаллов в таких калориметрах невозможно детально исследовать в области низких p_T такие

наблюдаемые величины, как, например, спектры [6], потоки [7] и Бозе–Эйнштейновские корреляции [8, 9] прямых фотонов, а также отношение спектров фотонов и адронов для проверки теоремы Лоу [10–12].

Для точного измерения энергии мягких фотонов можно использовать кристаллы с высоким сцинтилляционным световыходом, например, новый многообещающий материал $Gd_3Al_2Ga_3O_{12} : Ce$ (GAGG). Исследуемые кристаллы GAGG разной длины — 0.5, 1.5 и 3 см (рис. 1) — произвела фирма Fomos Materials [13].

По сравнению с другими сцинтилляционными монокристаллами кристаллы GAGG обладают достаточно высокой радиационной стойкостью, плотностью и световыходом ([14–16], см. табл. 1).

2. ИЗМЕРЕНИЯ НА РАДИОАКТИВНЫХ ИСТОЧНИКАХ

Энергетические спектры, измеренные в кристаллах GAGG разной длины, были получены с помощью радиоактивных источников: ^{22}Na имеет полосы 511, 1275 кэВ (а также 1786 кэВ при одновременном поглощении обоих γ -квантов), ^{137}Cs — 662 кэВ. Измерения проводились с использованием фотоэлектронного умножителя ФЭУ-143

¹⁾НИЦ “Курчатовский институт”, Москва, Россия.

²⁾Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Долгопрудный, Россия.

³⁾НИЯУ “МИФИ”, Москва, Россия.

*E-mail: daver99@yandex.ru

Таблица 1. Свойства неорганических сцинтилляционных кристаллов

Свойство	Gd ₃ Al ₂ Ga ₃ O ₁₂ : Ce (GAGG)	PbWO ₄ (PWO)	Lu ₃ Al ₅ O ₁₂ : Ce (LuAG)	Lu ₂ SiO ₅ : Ce (LSO)	NaI : Tl	CsI : Tl
Плотность, г/см ³	6.68	8.28	6.73	7.40	3.67	4.53
Длина волны излучения, нм	530	520	535	420	415	550
X ₀ , см	1.59	0.89	1.30	1.10	2.60	1.86
Световыход, фотонов/МэВ	50 000	100–300	25 000	30 000	40 000	54 000
Время высвечивания, нс	95	20	70	70	230	680
Гигроскопичность	Нет	Нет	Нет	Нет	Сильная	Слабая

Таблица 2. Результаты аппроксимации пиков функцией (1)

Положение пика	Величина	GAGG 0.5 см	GAGG 1.5 см	GAGG 3.0 см
511 кэВ	Положение, кэВ	511.9 ± 0.2	509.2 ± 0.3	511.2 ± 0.2
	Ширина, кэВ	34.6 ± 0.3	40.3 ± 0.6	37.0 ± 0.3
662 кэВ	Положение, кэВ	660.7 ± 1.5	661.8 ± 0.6	665.5 ± 1.9
	Ширина, кэВ	40.4 ± 3.1	45.3 ± 1.5	49.5 ± 3.9
1275 кэВ	Положение, кэВ	1293.2 ± 0.4	1292.6 ± 1.6	1299.2 ± 0.7
	Ширина, кэВ	93.0 ± 1.4	61.9 ± 3.7	70.8 ± 1.5
1786 кэВ	Положение, кэВ	1801.2 ± 5.7	1786.0 ± 3.3	1808.0 ± 3.1
	Ширина, кэВ	67.8 ± 8.5	88.2 ± 6.1	63.2 ± 4.2

Таблица 3. Параметры энергетического разрешения при аппроксимации функцией (2)

Длина кристалла GAGG	a, кэВ	b, √кэВ	c, 10 ⁻²	Световыход, ф.э./МэВ
5 мм	3.52 ± 0.02	1.22 ± 0.06	4.1 ± 0.3	670 ± 60
15 мм	4.45 ± 0.02	1.64 ± 0.08	2.4 ± 0.8	370 ± 30
30 мм	4.73 ± 0.01	1.55 ± 0.04	1.8 ± 0.5	415 ± 20

с квантовой эффективностью 17.6% [17]. Блок-схема эксперимента изображена на рис. 2.

Спектральные пики аппроксимировались следующей функцией:

$$f = Ne^{-\frac{(E-E_{mean})^2}{2\sigma^2}} + p_1x^2 + p_2x + p_3, \quad (1)$$

которая является суммой функции Гаусса и полинома второй степени. Выбор такой функции обусловлен наличием спадающего фона. Результаты измерений и аппроксимации изображены на рис. 3 на примере кристалла длиной 3 см.

Из гауссовой части аппроксимирующей функции можно получить информацию о положении пика и его ширине (см. табл. 2). Положение первого

пика при пересчете от каналов к кэВ выставляется на 511 кэВ, сдвиг в положении других пиков может указывать на наличие поглощения света в кристаллах GAGG.

Путем деления ширины пика на его положение можно получить энергетическое разрешение, которое чаще всего аппроксимируется трехпараметрической функцией

$$\frac{\sigma_E}{E} = \sqrt{\left(\frac{a}{E}\right)^2 + \left(\frac{b}{\sqrt{E}}\right)^2 + c^2}, \quad (2)$$

в которой шумовой член *a* фиксируется в соответствии с шириной пьедестала (шумом электроники). При этом стохастический член *b* и постоянный член

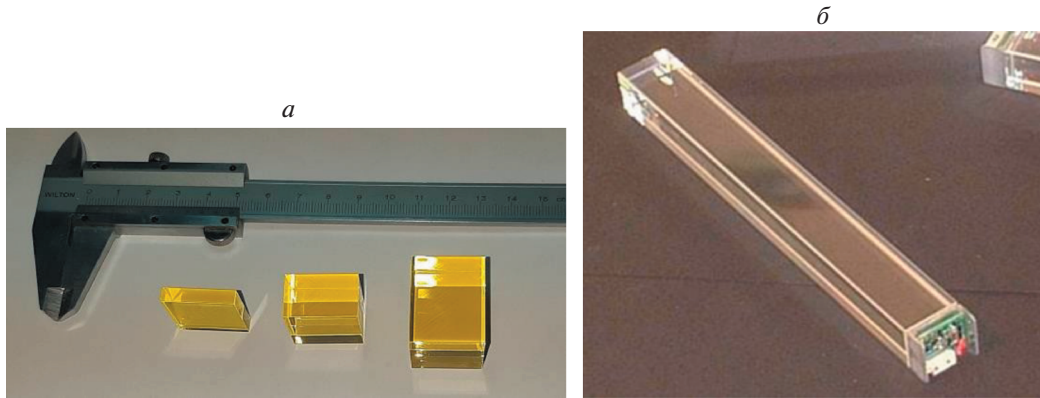


Рис. 1. *a* — Кристаллы GAGG разной длины, *б* — кристалл PWO с прикрепленным к нему фотодетектором и предусилителем.

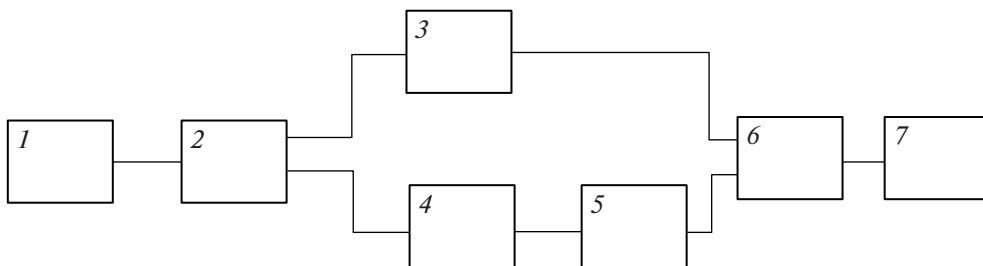


Рис. 2. Схема эксперимента по измерению спектров на радиоактивных источниках. 1 — ФЭУ-143 с источником ОСГИ ^{22}Na или ^{137}Cs , 2 — Линейный разветвитель, 3 — Формирователь — генератор ворот с изменяемым порогом (дискриминатор), 4 — Линия задержки ($\times 2$), 5 — Атенуатор, 6 — ЗЦП, LeCroy 2249 ADC, 7 — Компьютер.

с можно получить из результатов аппроксимации. Энергетическое разрешение и аппроксимирующая его функция изображены для кристаллов GAGG различных длин на рис. 4.

Величина шумового члена a (погрешность указана при определении данного параметра из пьедестала), полученные значения стохастического члена b и постоянного члена c приведены в табл. 3.

Из параметра b можно оценить световыход N в предположении, что:

$$\frac{b}{\sqrt{E}} \sim \frac{1}{\sqrt{N}}. \quad (3)$$

Полученные значения световыхода для кристаллов GAGG различной длины также приведены в табл. 3. Снижение световыхода для более длинных кристаллов можно объяснить наличием поглощения света. Вычисленное средневзвешенное значение световыхода составляет 420 ± 16 ф.э./МэВ. Это значение применялось далее в моделированиях для описания световыхода кристалла GAGG произвольной длины.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ В Geant4

Для определения энергетического разрешения и других характеристик моделей электромагнитных

калориметров была разработана программа для ЭВМ на основе пакета Geant4 [18]. Программа позволяет производить расчет как в случае калориметра с одним типом кристаллов, так и в случае составного калориметра из последовательно расположенных кристаллов GAGG и PWO. В моделировании используется сборка калориметра из 11×11 кристаллов в стальной сотовой структуре с толщиной стенки 0.01 см. В случае комбинированного калориметра рассматривались кристаллы GAGG следующей длины: 0.5, 1.5, 3, 5 и 10 см (см. рис. 5); длина PWO-секции — 18 см (такие кристаллы используются в калориметре PHOS). Поперечное сечение кристаллов в обоих случаях — 22×22 мм². Вычислялась выделенная энергия в каждой секции, затем она пересчитывалась в сигнал фотодетектора в соответствии со световыходом. Предполагалось наличие отдельных фотодетекторов для каждой секции. Точка вхождения первичной частицы была равномерно распределена по поверхности центрального кристалла калориметра. Рассматривались фотоны с энергиями от 100 кэВ до 100 ГэВ.

В некоторых случаях значение выделенной энергии в каждом из кристаллов изменялось из-за:

- 1) моделирования световыхода — использо-

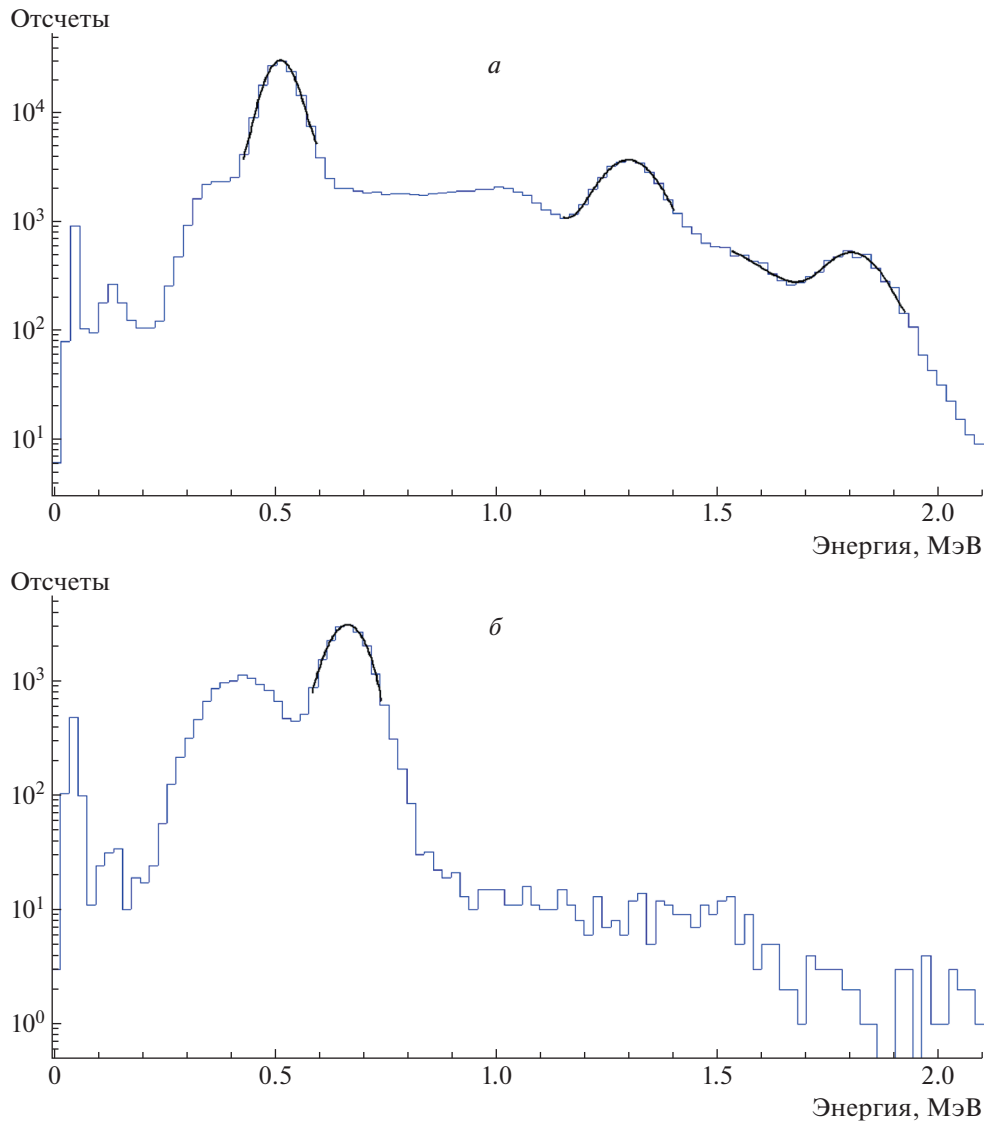


Рис. 3. Результаты измерений кристаллов GAGG на источниках ^{22}Na (а) и ^{137}Cs (б). Длина кристалла 3 см.

вались значения 420 ф.э./МэВ для кристаллов GAGG и 6 ф.э./МэВ для кристаллов PWO в случае APD 5×5 мм² при $T = -25^\circ\text{C}$ (для удобства сравнения с измерениями на пучке с помощью PHOS [19]). При этом число фотонов на фотодетекторе изменялось в соответствии с распределением Пуассона, после чего обратно пересчитывалось в энергию;

2) поправки на шум электроники, который моделировался в виде случайного гауссового распределения с параметрами $\mu = 0$ и $\sigma = 5$ МэВ (высокий шум) или $\sigma = 1$ МэВ (низкий шум) и затем добавлялся к энерговыделению в ячейке;

3) ограничения на минимальную энергию в ячейке: учитывались только те ячейки, энерговыделение в которых выше некоторого установленного

порога (10 МэВ в случае высокого шума, 2 МэВ в случае низкого шума);

4) кластеризации: как и в пакете анализа и моделирования эксперимента ALICE, AliROOT [20], ячейка отбрасывалась, если у нее не было хотя бы одной общей вершины со всем остальным кластером.

Было показано, что моделирование отклика одного кристалла воспроизводит экспериментальные энергетические спектры кристаллов GAGG, полученные с помощью радиоактивных источников (см. рис. 6, длина кристалла 3 см). Небольшое отклонение в положении второго и третьего пика может быть объяснено поглощением света в кристаллах.

Для более точной проверки модели проводилось сравнение получаемого с ее помощью пространственного и энергетического разрешения сборки,

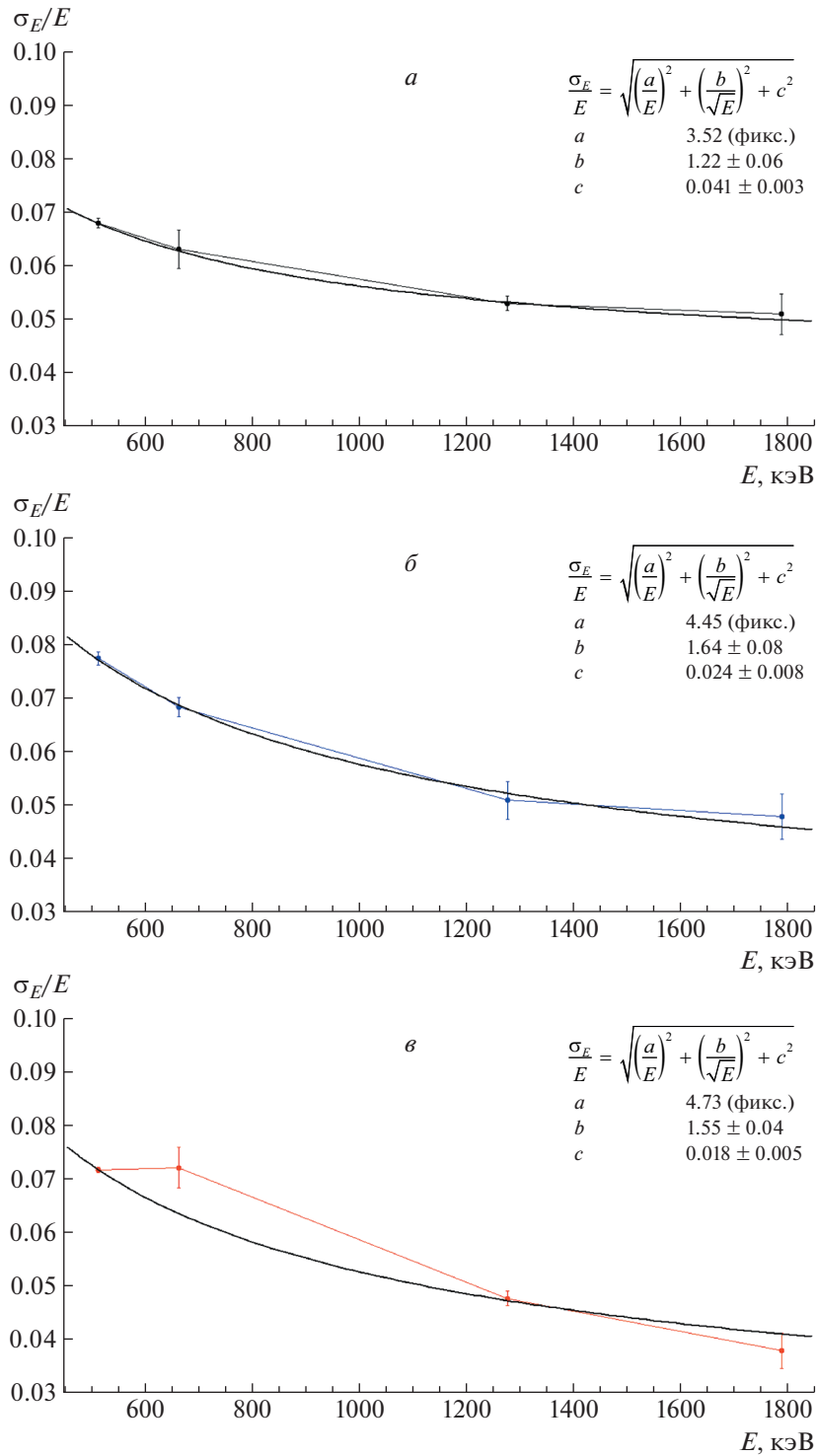


Рис. 4. Энергетическое разрешение кристаллов GAGG разной длины. *а* — 0.5 см, *б* — 1.5 см, *в* — 3 см.

состоящей только из кристаллов PWO, с экспериментальными данными, полученными с помощью детектора PHOS эксперимента ALICE.

Для получения пространственного разрешения было построено двумерное распределение расстояния от точки входа фотона в сборку до центра

тяжести кластера, вычисленного с логарифмическим весом [1] (рис. 7а). Затем строилась проекция такого распределения на ось *x* (рис. 7б), после чего определялось среднееквадратичное отклонение, которое и является пространственным разрешением.

Зависимость пространственного разрешения

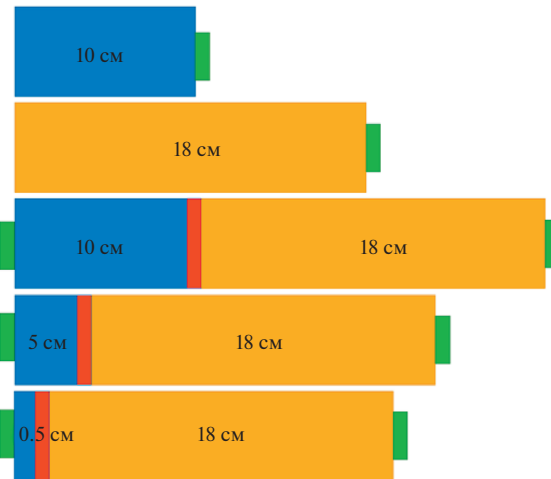


Рис. 5. Схематичные варианты расположения кристаллов GAGG и PWO с фотодетекторами.

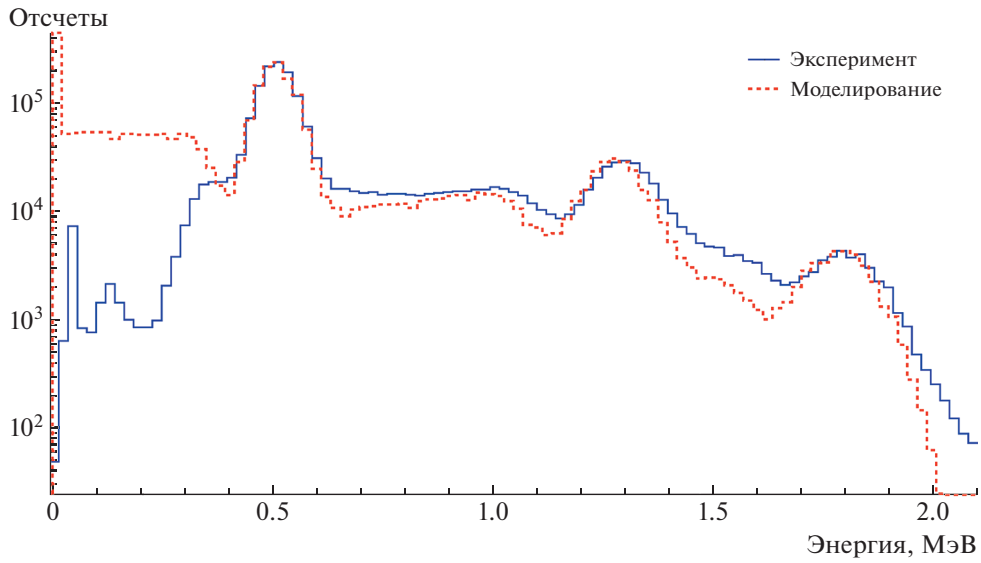


Рис. 6. Воспроизведение экспериментальных пиков при моделировании.

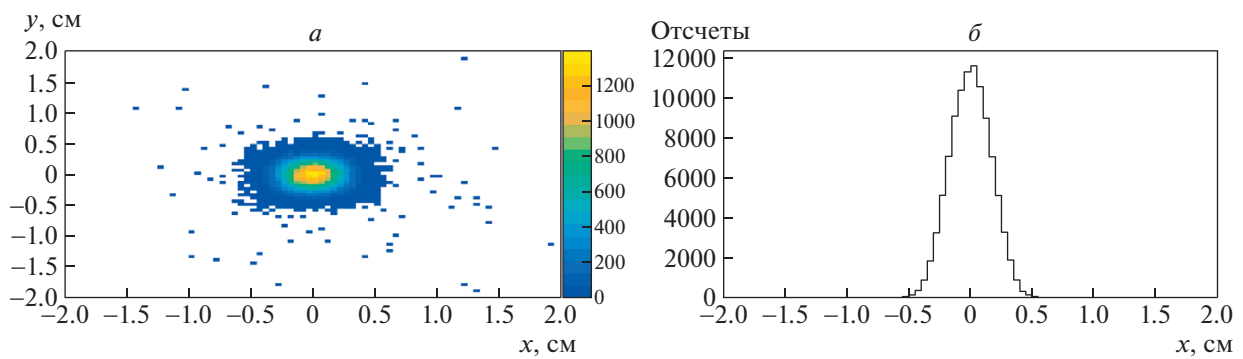


Рис. 7. а — пример двумерного распределения координат центра тяжести кластеров для 10^5 фотонов с энергией 5 ГэВ; б — проекция двумерного распределения.

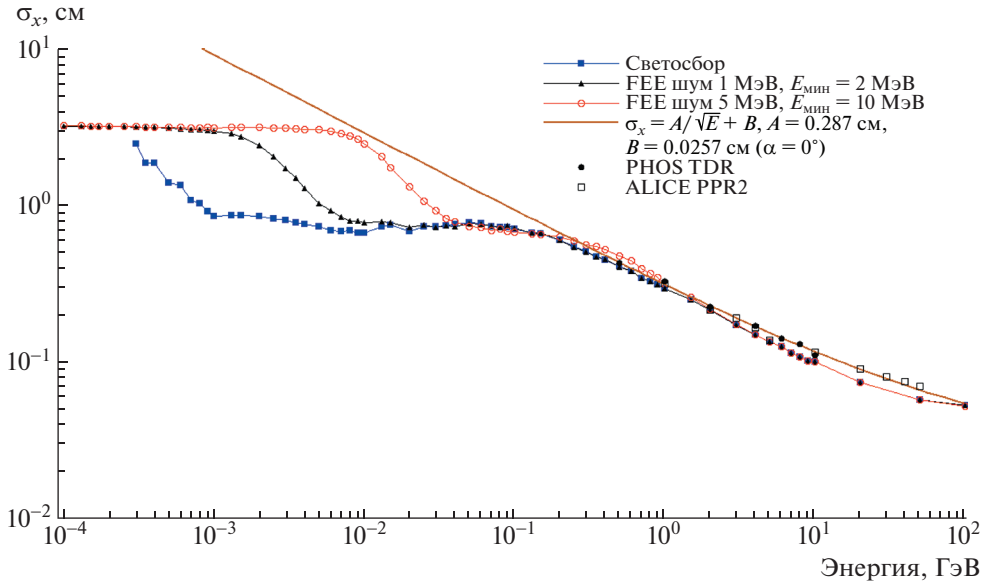


Рис. 8. Зависимость пространственного разрешения кристаллов PWO от энергии в модели в сравнении с результатами экспериментов.

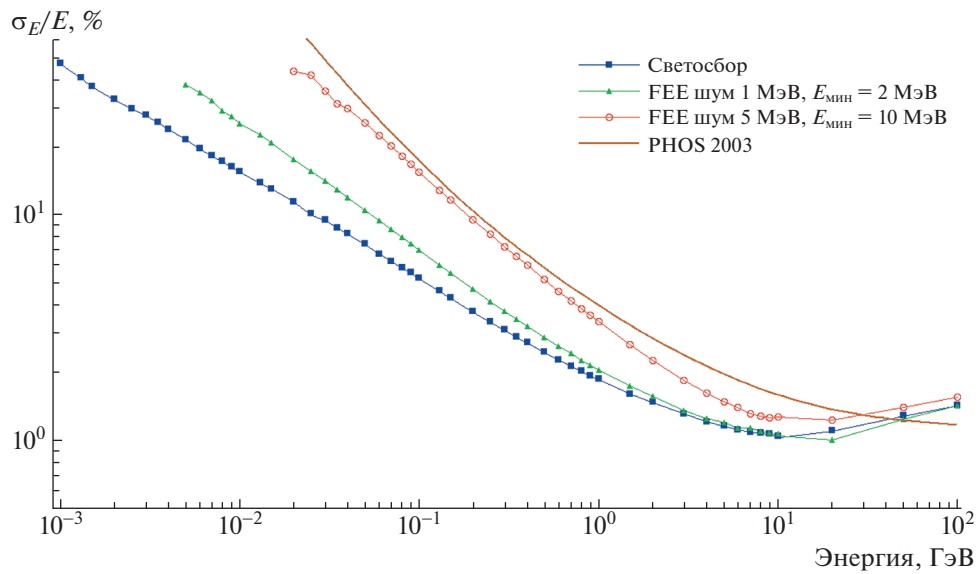


Рис. 9. Энергетическое разрешение кристаллов PWO без и с учетом добавления шума.

сборки, состоящей из кристаллов PWO, от энергии с учетом шума и без его учета показана на рис. 8. В качестве референса использовались результаты детектора PHOS эксперимента ALICE [1, 2].

Видно, что пространственное разрешение, полученное при моделировании, воспроизводит результаты измерений достаточно хорошо, особенно при добавлении шума 5 МэВ и ограничения на минимальную энергию ячейки в 10 МэВ.

Для получения энергетического разрешения PWO-калориметра полученные распределения

выделенной энергии аппроксимировались функцией Гаусса и определялись ее параметры σ и E_{mean} :

$$f = Ne^{-\frac{(E-E_{\text{mean}})^2}{2\sigma^2}}. \quad (4)$$

Полученная зависимость энергетического разрешения от энергии первичных фотонов изображена на рис. 9. Экспериментальная кривая, полученная в пучковых испытаниях прототипа PHOS, приведена в качестве референса [19]. Видно, что в случае высокого шума разрешение, полученное в моделировании, и экспериментальное разрешение близки, однако моделирование в целом дает более

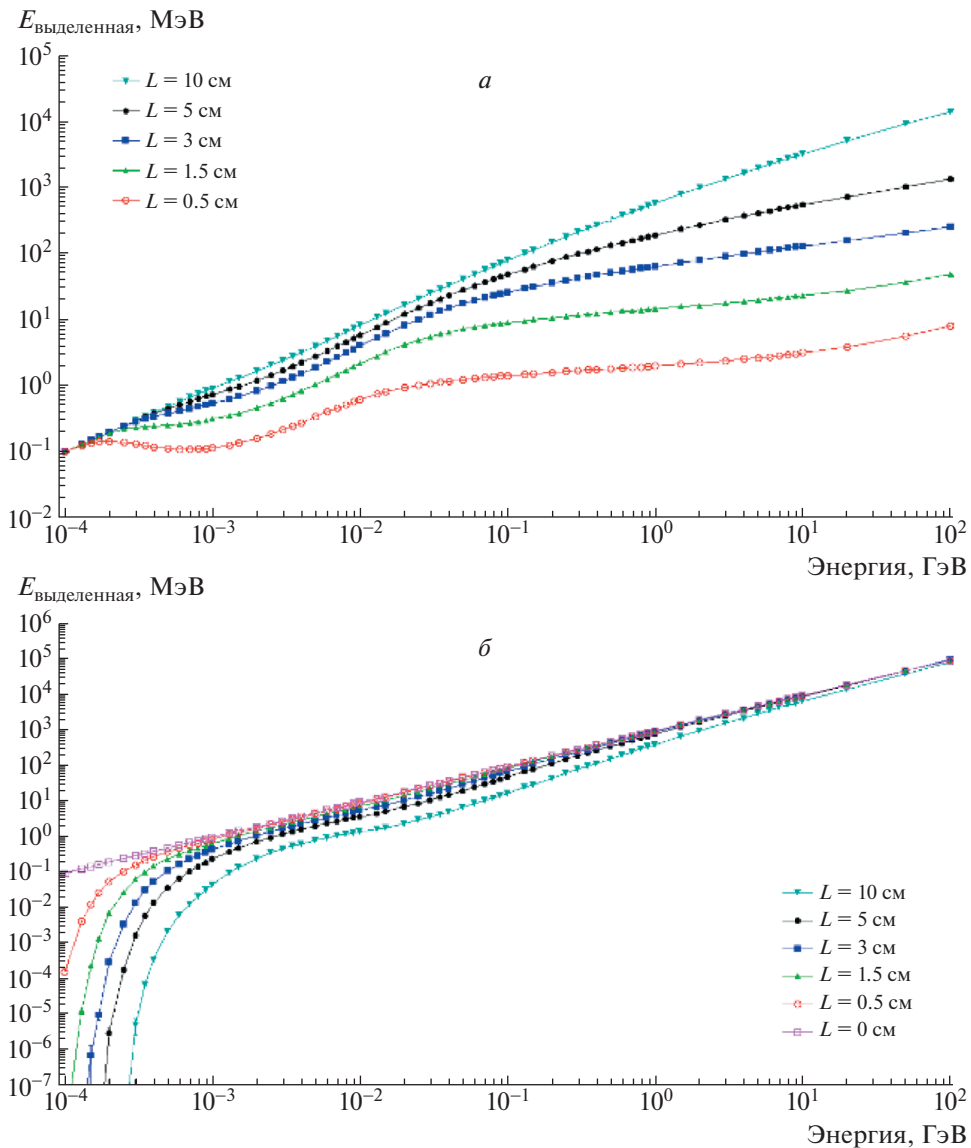


Рис. 10. Выделенная в сборке энергия: *a* — в GAGG-секции, *б* — в PWO-секции.

хорошее разрешение. Это может быть объяснено более высоким шумом электроники в эксперименте. При уменьшении шума разрешение улучшается во всем диапазоне энергий.

Таким образом, моделирование достаточно хорошо воспроизводит пространственное и энергетическое разрешения кристаллов PWO. Поэтому можно рассматривать модель комбинированного калориметра из последовательно расположенных кристаллов GAGG и PWO и предсказывать энергетическое и пространственное разрешение калориметра, исходя из модели, с достаточной степенью достоверности.

Для определения линейности предлагаемого калориметра была построена зависимость выделенной в сборке калориметра энергии от энергии налетающего фотона в GAGG- и PWO-секциях

комбинированного калориметра (рис. 10). Случай $L = 0$ см — калориметр, состоящий только из кристаллов PWO. Видно, что в обеих секциях характер зависимости существенно нелинейный, особенно при небольшой длине GAGG-секции, что связано с уткой ливня. При увеличении длины GAGG-секции в ней выделяется больше энергии, в то время как количество выделяемой энергии в кристаллах PWO значительно падает при низких энергиях фотонов.

Разделив выделенную во всем калориметре энергию на энергию первичного фотона, можно получить представление о потерях энергии в такой сборке за счет вторичных частиц, покидающих сборку с боковых и заднего торцов (рис. 11а). Из-за геометрических ограничений (не весь ливень от фотона помещается в сборке) потери наиболее

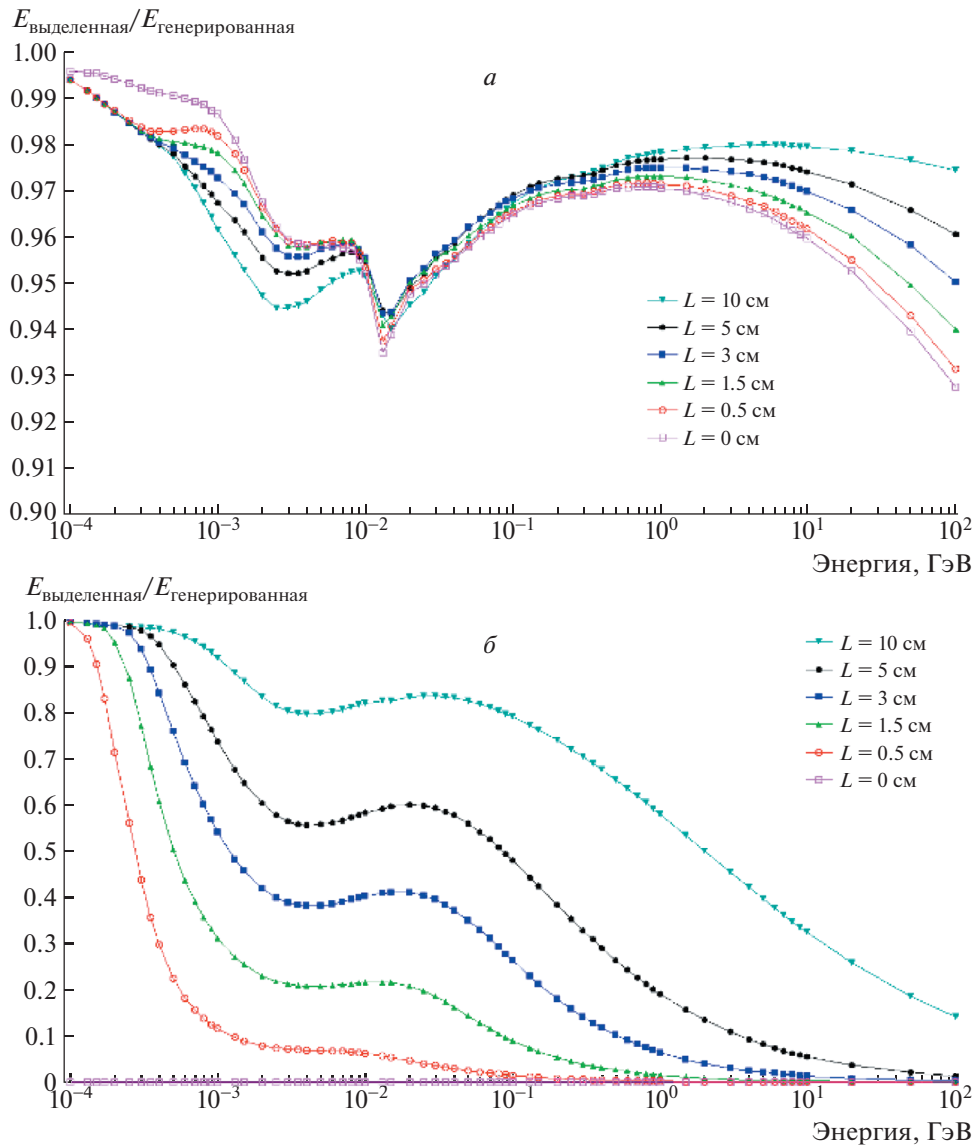


Рис. 11. Потери энергии: *а* — во всей сборке GAGG + PWO, *б* — в GAGG-секции.

существенны в области высоких энергий — от 2.5% для составного калориметра с $L_{\text{GAGG}} = 10$ см до 7.5% в случае PWO-калориметра, т.е. при увеличении длины GAGG-секции потери снижаются. Кроме того, можно определить распределение энергии между секциями — на рис. 11б изображена доля энергии, выделенной в GAGG-секции. С увеличением длины кристаллов GAGG доля энергии в GAGG-секции увеличивается: для калориметра с кристаллами GAGG длиной 5 см в ней выделяется более 50% от всей энергии для энергий фотонов < 70 МэВ, в случае кристаллов GAGG длиной 0.5 см такая же доля энерговыделения достигается при 300 кэВ.

Для определения пространственного разрешения GAGG- и GAGG + PWO-калориметров была

проведена процедура, описанная выше для PWO-калориметра. На рис. 12 показано сравнение пространственного разрешения в PWO-, GAGG- и GAGG + PWO-калориметрах без учета шумов. В качестве референса взяты те же данные, что и выше при рассмотрении разных опций PWO-калориметра.

Видно, что пространственное разрешение комбинированного калориметра несколько хуже, чем для калориметра, состоящего только из кристаллов PWO, но не значительно. Разрешение чистого GAGG-калориметра заметно хуже в области энергий 1–100 МэВ и более 5 ГэВ.

Для определения энергетического разрешения анализировались распределения энергии, в особенности их форма. Примеры распределений выделенной в сборке энергии с учетом светосбора,

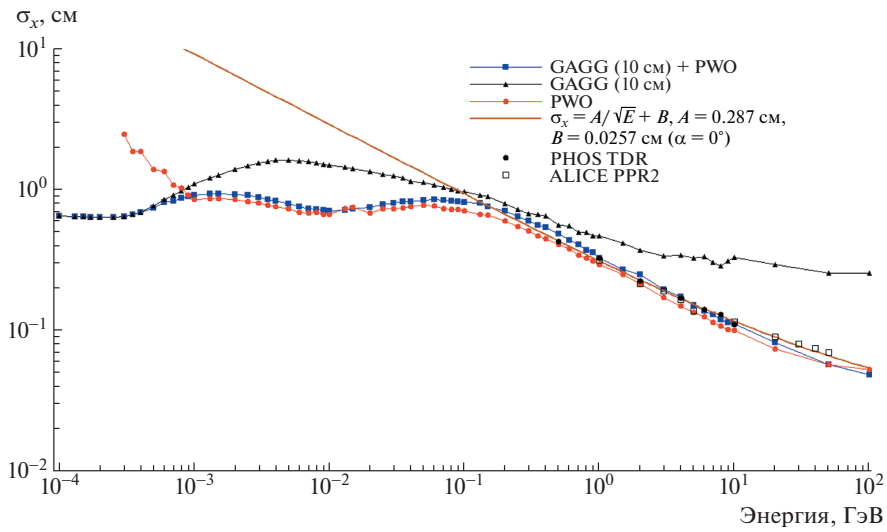


Рис. 12. Сравнение пространственного разрешения в PWO-, GAGG- и GAGG + PWO-калориметрах без учета шумов.

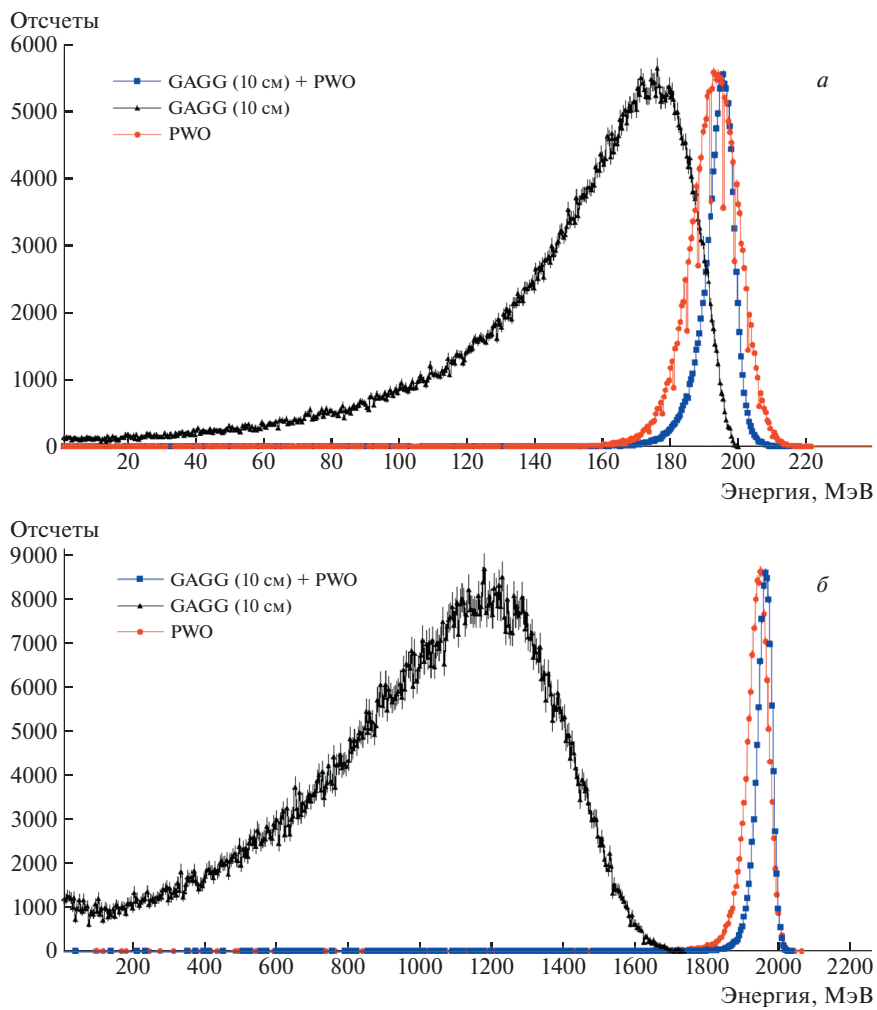


Рис. 13. Примеры энергоспектров: а — $E = 200 \text{ МэВ}$, б — $E = 2 \text{ ГэВ}$.

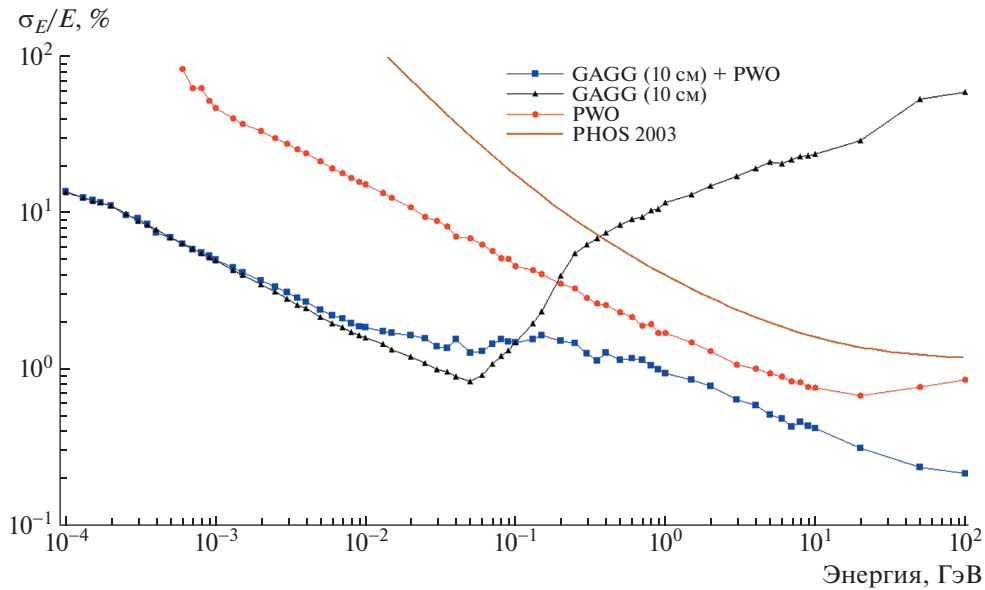


Рис. 14. Сравнение энергетического разрешения в PWO-, GAGG- и GAGG + PWO-калориметрах без учета шумов.

отсутствием шума и ограничения на минимальную энергию ячейки после применения алгоритма кластеризации изображены на рис. 13а — для фотонов с энергией 200 МэВ, 13б — для фотонов с энергиями 2 ГэВ. Видны отличия в распределении энергии в GAGG-, PWO- и GAGG + PWO-калориметрах.

В случае GAGG-калориметра или комбинированного GAGG + PWO-калориметра распределения энергии принимают существенно негауссов характер, из-за чего представляется более правильной их аппроксимация с помощью функции Crystal Ball [21] (лучше описывает спадающие “хвосты” в распределениях):

$$f = N \begin{cases} e^{-\frac{(E-E_{\text{mean}})^2}{2\sigma^2}} + C, & \text{при } \frac{E - E_{\text{mean}}}{\sigma} > -\alpha, \\ A \left(B - \frac{E - E_{\text{mean}}}{\sigma} \right)^{-n} + C, & \text{при } \frac{E - E_{\text{mean}}}{\sigma} \leq -\alpha, \end{cases} \quad (5)$$

где

$$A = \left(\frac{n}{|\alpha|} \right)^n e^{-\frac{|\alpha|^2}{2}},$$

$$B = \frac{n}{|\alpha|} - |\alpha|.$$

Отсюда, получая параметры σ и E_{mean} , можно также построить энергетическое разрешение. На рис. 14 показано такое разрешение для случая с учетом светосбора и отсутствием шума в PWO-калориметре, а также в GAGG- и GAGG + PWO-калориметрах с кристаллами GAGG длиной 10 см.

Видно, что разрешение GAGG-калориметра на порядок лучше разрешения PWO-калориметра при $E < 150$ МэВ: $\sim 2\%$ вместо $\sim 45\%$ при $E = 1$ МэВ. Однако при $E > 150$ МэВ разрешение кристаллов GAGG начинает быстро ухудшаться из-за утечек ливня и становится на порядок хуже, чем для кристаллов PWO: $\sim 25\%$ вместо $\sim 0.7\%$ при $E = 10$ ГэВ.

В случае составного калориметра (GAGG + PWO) энергетическое разрешение лучше, чем в PWO-калориметре, во всем диапазоне энергий (от 100 кэВ до 100 ГэВ).

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нами проведено моделирование электромагнитного калориметра на основе сцинтилляционных кристаллов PWO, GAGG и составного варианта GAGG + PWO. Показано, что составной калориметр имеет приблизительно такое же энергетическое разрешение, как GAGG при малых энергиях, и несколько лучшее, чем PWO в больших энергиях. Пространственное разрешение калориметра GAGG + PWO приблизительно такое же, как для случая PWO-калориметра. Такой комбинированный калориметр позволит измерять энергии фотонов в беспрецедентно широком диапазоне энергий.

Авторы выражают благодарность сотрудникам Лаборатории кварковой материи НИЦ “Курчатовский институт” Д.Ю. Пересунько, М.С. Ипполитову и Ю.В. Харлову, а также сотрудникам НИЦ “Курчатовский институт” — ИРЕА М.В. Коржику, Г.А. Досовицкому и П.В. Карпюку за помощь в получении экспериментальных данных, обсуждение

результатов и замечания к тексту. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-42-04405. Программа моделирования электромагнитного калориметра разработана при поддержке НИЦ “Курчатовский институт”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. Dellacasa *et al.* (ALICE Collab.), CERN-LHCC-99-04.
2. ALICE Collab., J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **32**, 1295 (2006).
3. CMS Collab., J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. **34**, 995 (2007).
4. CALET Collab., Nucl. Phys. B Proc. Suppl. **256–257**, 225 (2014).
5. S. Acharya *et al.* (ALICE Collab.), JINST **14**, P05025 (2019).
6. M. M. Aggarwal *et al.* (ALICE Collab.), Phys. Lett. B **754**, 235 (2016).
7. A. Adare *et al.* (PHENIX Collab.), Phys. Rev. C **94**, 064901 (2016).
8. R. H. Brown and R. Q. Twiss, Nature **177**, 27 (1956).
9. M. M. Aggarwal *et al.* (WA98 Collab.), Phys. Rev. Lett. **93**, 022301 (2004).
10. F. Low, Phys. Rev. **110**, 974 (1958).
11. P. Abreu *et al.* (The DELPHI Collab.), Eur. Phys. J. C **47**, 273 (2006).
12. J. Antos *et al.*, Z. Phys. C **59**, 547 (1993).
13. https://en.newpiezo.com/products/scintillation_elements/
14. T. Furuno *et al.*, JINST **16**, P10012 (2021).
15. K. Kamada, T. Yanagida, *et al.*, IEEE Trans. Nucl. Sci. **59**(5), 2112 (2015).
16. <https://www.crytur.cz/materials/>
17. В. Н. Евдокимов и др., Препринт 86-34, ИФВЭ (Серпухов, 1986).
18. S. Agostinelli *et al.* (Geant4 Collab.), Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **506**, 250 (2003).
19. D. V. Aleksandrov *et al.*, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **550**, 169 (2005).
20. C. W. Fabjan *et al.* (ALICE Collab.), J. Phys. G **32**, 1295 (2006).
21. J. E. Gaiser, SLAC-R-255 (1982).

PERSPECTIVES OF INORGANIC SCINTILLATOR GAGG APPLICATION FOR PRECISION ELECTROMAGNETIC CALORIMETRY

D. A. Averyanov^{1),2)}, D. S. Blau^{1),2)}, E. A. Tsyvkunova³⁾

¹⁾ NRC “Kurchatov Institute”, Moscow, Russia

²⁾ Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Dolgoprudny, Russia

³⁾ National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia

Scintillation crystals made of a new promising material $Gd_3Al_2Ga_3O_{12}$ (GAGG) are considered as material for possible usage in ionizing radiation detectors because of their high radiation resistance, density and light yield. These crystals can be used in addition to lead tungstate ($PbWO_4$) crystals for development of a new generation electromagnetic calorimeter with good spatial and energy resolutions in a wide energy range. $PbWO_4$ crystals enable accurate detection of high energy photons, while the addition of GAGG crystals makes it possible to precisely measure photon energies down to a few MeV. Different options of composite electromagnetic calorimeter based on PWO and GAGG crystals are considered to optimize spatial and energy resolutions in a wide energy range (from 1 MeV to 100 GeV). Optimization is based on Geant4 simulations with accounting of light collection using different photodetectors and electronics noise. The simulations are verified using measurements of GAGG samples obtained with radioactive sources and test beam measurements of $PbWO_4$ based Photon Spectrometer of the ALICE experiment at CERN.