

ВЫДЕЛЕНИЕ МЮОННОЙ КОМПОНЕНТЫ ШИРОКИХ АТМОСФЕРНЫХ ЛИВНЕЙ МНОГОЦЕЛЕВЫМ ДЕТЕКТОРОМ МЮОНОВ

© 2026 г. И. Ю. Трошин^a, *, **, У. А. Абру^a, В. С. Воробьев^a,
Д. В. Газизова^a, Е. А. Задеба^a, Р. В. Николаенко^a

^aНациональный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, Москва, 115409 Россия

*E-mail: IYTroshin@mephi.ru

*E-mail: i.y.troshin@gmail.com

Поступила в редакцию 18.07.2025 г.

После доработки 18.07.2025 г.

Принята к публикации 29.07.2025 г.

Многоцелевой детектор мюонов (МДМ) представляет собой массив многопроволочных дрейфовых камер, экранированных слоями стального поглотителя. Детектор предназначен для изучения мюонной компоненты ШАЛ в диапазоне зенитных углов от 0° до 60° . Для интерпретации данных с детектора необходимо определить пороговую энергию мюонов и количество вторичных частиц, которые могут имитировать треки мюона. Для этого в Geant4 разработана модель детектора, проведено моделирование отклика детектора на многочастичные события из CORSIKA 7. В работе представлены результаты анализа полученных смоделированных данных.

Ключевые слова: мюоны, дрейфовые камеры, моделирование, широкие атмосферные ливни, космические лучи

DOI: 10.56304/S2079562926010458

1. ВВЕДЕНИЕ

Первичные космические частицы при вхождении в атмосферу Земли рожают каскады вторичных частиц, называемые широкими атмосферными ливнями (ШАЛ). Мюоны ШАЛ являются важной компонентой при изучении первичных космических лучей [1]. Благодаря небольшим радиационным потерям и высокой энергии, мюоны глубоко проникают в атмосферу, достигая поверхности Земли. За счет этого сохраняется информация о процессах первичного взаимодействия, что позволяет исследовать, как ускоряются и распространяются космические лучи, как они взаимодействуют с атмосферой и какие адронные процессы при этом происходят.

Для изучения околоразрывных мюонов ШАЛ на территории НИЯУ МИФИ создается Многоцелевой детектор мюонов (МДМ). Трехмерная модель МДМ представлена на рис. 1. Детектор представляет собой массив многопроволочных дрейфовых камер, экранированных слоями стального поглотителя [2] и предназначен для исследования мюонов в диапазоне зенитных углов от 0° до 60° и анализа околоразрывных ШАЛ методом спектров локальной плотности мюонов (СЛПМ) [3].

МДМ будет располагаться на расстоянии 100 м от черенковского водного детектора ЧВД НЕВОД

[4], который является основой экспериментального комплекса (ЭК) НЕВОД [5]. В комплексе (рис. 2) помимо ЧВД, который выступает в роли мюонного калориметра, функционируют следующие детекторы: НЕВОД-ШАЛ [6] для регистрации электрон-фотонной компоненты ШАЛ; УРАН [7] и ПРИЗМА-36 [8] для анализа нейтронной компоненты ШАЛ; трековые детекторы ДЕКОР [9] и ТРЕК [10] для исследования мюонной компоненты ШАЛ под большими зенитными углами. Трековый детектор МДМ позволит регистрировать мюонную компоненту под малыми зенитными

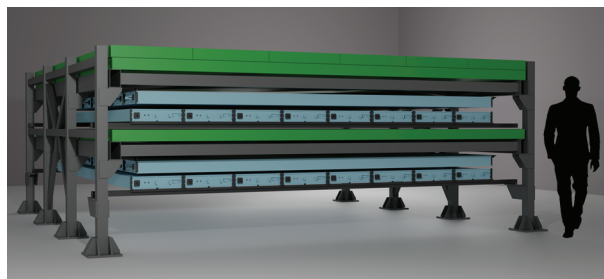


Рис. 1. Визуализация детектора МДМ: дрейфовые камеры (светло-голубой), стальной поглотитель (зеленый) и рамная конструкция (серый).

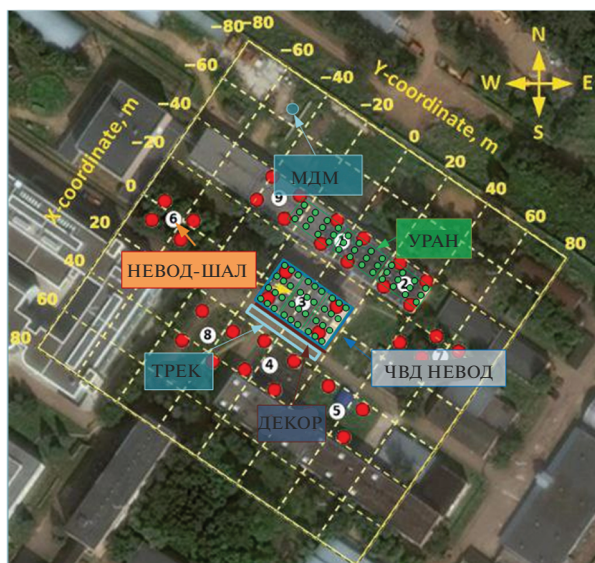


Рис. 2. Схема расположения основных детекторов ЭК НЕВОД.

углами, что расширит возможности ЭК в проведении комплексных исследований ШАЛ.

Для корректной интерпретации и физического анализа экспериментальных данных, полученных с МДМ, необходимо: определить пороговые энергии основных компонент ШАЛ, количественно оценить влияние конструкции детектора на генерацию и поглощение частиц, оценить количество частиц сопровождения, способных имитировать мюонные треки, а также определить доступный для детектора диапазон энергий регистрируемых частиц. В данной работе представлены результаты моделирования МДМ с использованием программного пакета Geant4, а

также проведен анализ точности идентификации мюонов в многочастичных событиях ШАЛ.

2. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТОРА МДМ

Детектор состоит из слоев стального поглотителя и дрейфовых камер (ДК), чередующихся друг с другом. Схема детектора представлена на рис. 3. Для регистрации заряженных частиц используются ДК, разработанные в ИФВЭ [11].

Габаритные размеры одной камеры составляют $4000 \times 508 \times 112 \text{ мм}^3$. При этом ее чувствительная площадь равна $3700 \times 500 \text{ мм}^2$, что соответствует 93% от геометрической площади. Камеры работают на газовой смеси Ar и CO_2 в соотношении 94 : 6. Объем газовой смеси в камере составляет 210 л. Координатная точность ДК составляет 1 мм, а угловая — 1.5° , что подтверждено результатами измерений на калибровочном стенде [12]. Камеры, которые будут использоваться в детекторе МДМ применяются в детекторе ТРЕК и ранее на их основе были построены детекторы КТУДК [13] и ПротоТРЕК [14]. ДК продемонстрировали хорошую эффективность для регистрации заряженных частиц.

Стальной поглотитель детектора состоит из слябов размером $4500 \times 750 \times 105 \text{ мм}^3$ и массой 2.8 тонны каждый. Суммарный вес всего поглотителя составляет 50 т. Пластины расположены таким образом, чтобы полностью перекрывать эффективную поверхность камер. Верхний уровень поглотителя состоит из двух слоев стальных пластин, суммарной толщиной 210 мм. Нижний уровень состоит из одного слоя поглотителя толщиной 105 мм. Дрейфовые камеры расположены в двух плоскостях. В каждой координатной плоскости содержится 16 ДК, по восемь камер в каждой про-

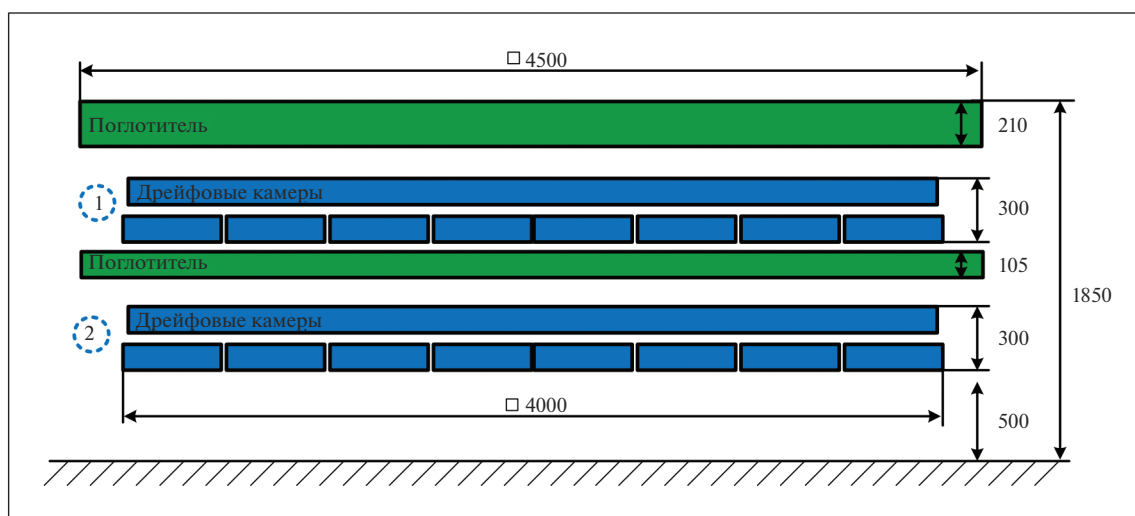


Рис. 3. Схема детектора МДМ. Дрейфовые камеры показаны синим цветом, стальной поглотитель — зеленым.

екции. Суммарно в детекторе МДМ используется 32 ДК.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДИНОЧНЫХ СОБЫТИЙ

Для определения порогов и отработки методов реконструкции создана модель в программном пакете Geant4 [15]. В работе использовалась версия 11.1.2 и стандартный физический список взаимодействий FTFP_BERT.

Модель детектора МДМ состоит из двух координатных плоскостей ДК и двух слоев стального поглотителя. В модель заложен следующий молекулярный состав стального поглотителя: Fe – 98.81%, C – 0.17%, Mn – 0.65%, Si – 0.30%, P – 0.04%, S – 0.03. В программе дрейфовая камера состоит из внешнего алюминиевого корпуса толщиной 1.5 мм и заполнена газовой смесью Ar (94%) и CO₂ (6%).

Первый ключевой параметр – это пороговая энергия мюонов определяемая, как минимальная энергия, при которой частица может пройти через детектор. Для определения пороговых энергий смоделированы отклики детектора на прохождение одиночных мюонов и электронов с энергиями от 1 МэВ до 600 ТэВ с логарифмическим шагом $E_{i+1}/E_i = 1.5$, где i – номер шага по энергии. Для каждой энергии моделировалось 25000 событий с нулевым зенитным углом. Результат моделирования представлен на рис. 4, на котором показано число заряженных частиц, прошедших через дрейфовые камеры, в зависимости от начальной энергии мюона и электрона.

По результатам моделирования значение пороговой энергии составляет 0.38 ± 0.06 ГэВ. Для мюона эта величина может быть рассчитана аналитически, как произведение средних ионизационных потерь в железе (11.43 МэВ/см [16]) и суммарной толщины поглотителя (315 мм). При расчете получаем 0.36 ГэВ. Получается, что результаты аналитического расчета и моделирования согласуются в пределах погрешности. Согласно распределению для мюонов (см. рис. 4а), количество зарегистрированных мюонов с энергией выше пороговой находится в районе единицы. Это значит, что практически каждый мюон, прошедший через объем детектора, был успешно зарегистрирован. Но при взаимодействии мюона с поглотителем рождаются другие заряженные частицы, в особенности электроны и позитроны.

При реконструкции данных моделирования дополнительно накладываются ограничения, обусловленные особенностями ДК. В частности, двухтрековое разрешение составляет 3 мм, и максимальное число реконструируемых треков в одной камере не превышает 15 частиц. События, не удовлетворяющие этим критериям, отсеиваются. В основном отбрасываются события с большими

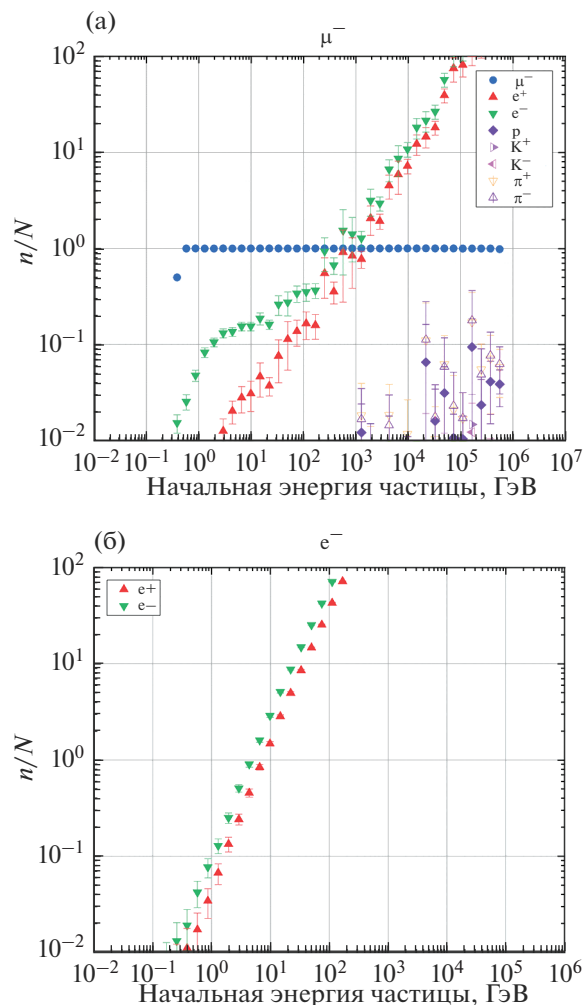


Рис. 4. Зависимость числа заряженных частиц (n), прошедших через дрейфовые камеры, нормированного на начальное число частиц (N), от энергии начального мюона (а) и электрона (б).

энергиями начальных частиц, когда за счет взаимодействия с материалами детектора рождается большое количество вторичных частиц. Согласно результатам моделирования, по этому критерию отсеиваются события, в которых мюоны имеют энергию выше 10 ТэВ, а электроны – выше 10 ГэВ.

4. РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРЕКОВ МЮОНОВ

Метод реконструкции мюонной компоненты основан на экстраполяции траекторий частиц, зарегистрированных в верхней координатной плоскости дрейфовых камер, на область нижней плоскости ДК. В предполагаемом направлении проводится поиск трека, соответствующего продолжению экстраполированной траектории в пределах 3 мм по координате и 5° по углу наклона. Если треки удовлетворяют критериям, то предполагается, что это мюонный трек. При отсутствии со-

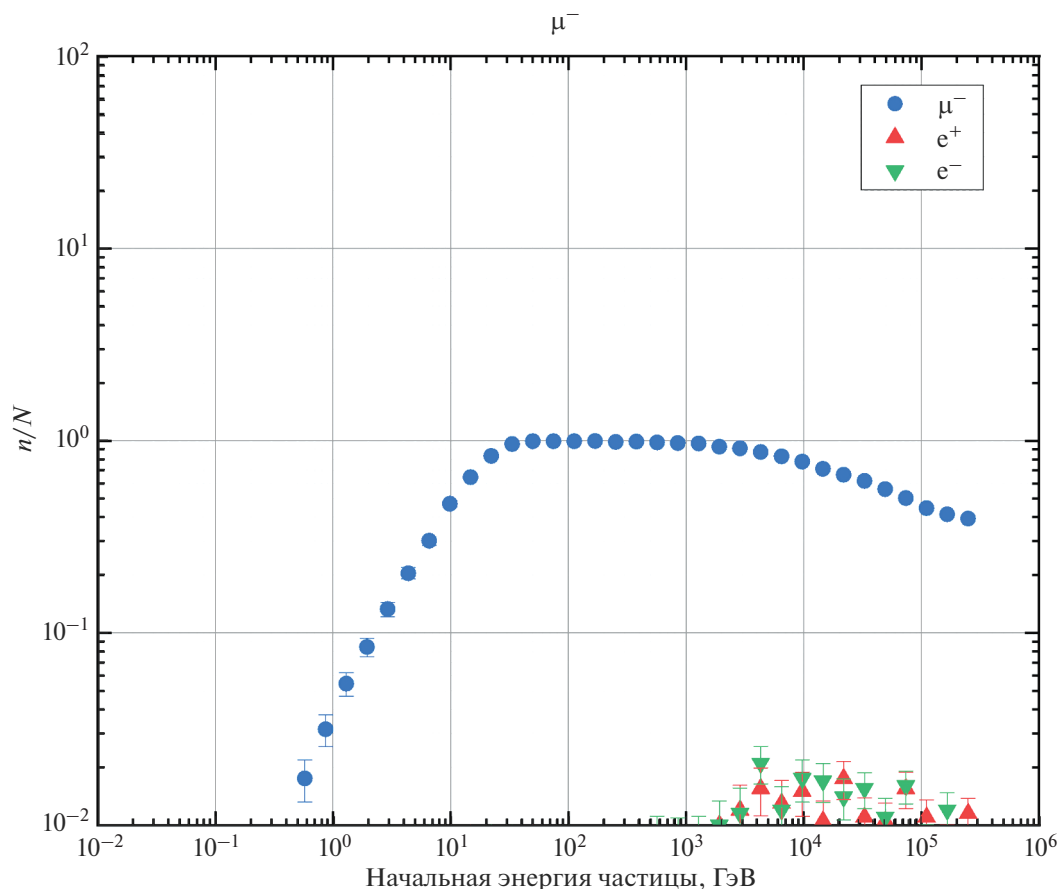


Рис. 5. Зависимость числа заряженных частиц, выделенных как мюон (n), нормированного на начальное число частиц (N), от энергии начального мюона.

ответствующего трека в нижней плоскости предполагается, что это частица сопровождения или рассеянный мюон низкой энергии.

По полученным результатам (рис. 5) мюоны с энергией от 0.44 до 24 ГэВ, проходя через детектор, могут отклониться от прямолинейной траектории больше, чем на 5° , и не реконструироваться. При энергии от 24 ГэВ до 1 ТэВ мюоны выделяются без вторичных частиц. При энергиях выше 1 ТэВ присутствуют треки частиц, имитирующие мюонные, и часть событий отсекается, если в ДК больше пятнадцати частиц. Доля отсеиваемых событий от начальных электронов составляет менее 1% для всех рассматриваемых энергий.

Дополнительно к одиночным мюонным и электронным событиям моделировались события от часто встречающихся частиц ШАЛ: гамма-квантов, протонов, пионов и нейтронов с энергиями от 1 МэВ до 600 ТэВ с логарифмическим шагом $E_{i+1}/E_i = 1.5$. Следует отметить, что детектор не способен напрямую регистрировать нейтральные частицы, такие как гамма-кванты и нейтроны, поскольку он чувствителен только к заряженным частицам. Однако гамма-кванты и нейтроны

при взаимодействии с материалами конструкции детектора могут родить вторичные заряженные частицы, которые, в свою очередь, могут быть зарегистрированы детектором.

По результатам моделирования одиночных событий для каждой частицы определяются две важные величины: пороговая энергия регистрации и пороговая энергия реконструкции. Пороговая энергия регистрации — это энергия, при которой 90% частиц данного типа дают отклик в детекторе. Пороговая энергия реконструкции — это энергия, при которой 90% частиц данного типа могут быть реконструированы методом экстраполяции треков.

В табл. 1 представлены пороговые энергии для событий с налетающими частицами разного типа, которые характеризуют способность детектора регистрировать и реконструировать события от разных частиц. По результатам моделирования и реконструкции одиночных событий получено, что детектор регистрирует сигналы от частиц разного типа, но при реконструкции выделяются в основном мюонные события.

5. ВЫДЕЛЕНИЕ ГРУПП МЮОНОВ

Для исследования групп мюонов ШАЛ необходимо моделировать распространение частиц в атмосфере. Моделирование ШАЛ проведено в программе CORSIKA версии 7.7410 [17, 18]. Для описания адронных взаимодействий использовались модели QGSJET-II, GHEISHA и EGS4, которые охватывают большой диапазон энергий:

- QGSJET-II предназначена для описания высокоэнергетических адронных взаимодействий, учитывает нелинейные эффекты взаимодействий и обеспечивает описание сечений взаимодействий и распределений частиц в ШАЛ при энергиях до 10^{20} эВ.

- GHEISHA используется для моделирования низкоэнергетических адронных взаимодействий, обычно в диапазоне от 0.1 до 100 ГэВ. Она подходит для описания взаимодействия ШАЛ средних энергий.

- EGS4 применяется для моделирования электромагнитных процессов, таких как рассеяние и поглощение частиц в атмосфере, в диапазоне от 0.1 МэВ до нескольких гигаэлектронвольт. Включение опции EGSoп позволяет учесть дополнительные эффекты, такие как эффект Ландау–Померанчука–Мигдала, важный при высоких энергиях.

Пороги кинетической энергии учитываемых частиц составляют: 10 МэВ для мюонов, 1 МэВ для электронов и позитронов, 50 МэВ для фотонов и адронов. Моделирование проводилось с учетом кривизны поверхности Земли (опция CURVED: ON).

Были промоделированы ШАЛ от первичного протона с энергией от 10^{12} до 10^{18} эВ. Показатель спектра первичных частиц принят равным -2.7 до энергии 10^{16} эВ и равным -3.1 для более высоких значений энергии. Полученные в CORSIKA события ШАЛ импортировались в среду Geant4 для дальнейшего моделирования прохождения частиц через детектор МДМ. По откликам детектора восстанавливались треки мюонов в группах.

Пример моделированного события, в котором частицы ШАЛ от протона с энергией $4 \cdot 10^{15}$ эВ и зенитным углом 22° проходят через детектор МДМ на расстоянии 24 м от оси ливня, продемонстрирован на рис. 6а. Состав частиц в событии: 168 гамма-квантов, 85 позитронов, 176 электронов, 4 положительно заряженных мюона, 2 отрицательно заряженных мюона, 2 положительно заряженных пиона, 4 отрицательно заряженных пиона и 1 нейтрон. При реконструкции в этом событии с большим количеством частиц выделились шесть параллельных мюонов (рис. 6б), что соответствует указанному выше составу.

Согласно результатам моделирования, от первичных частиц к детектору прилетает большое количество частиц. При этом большая часть низко-

Таблица 1. Пороговые энергии регистрации и реконструкции частиц

Частица	Пороговая энергия регистрации, ГэВ	Пороговая энергия реконструкции, ГэВ
Мюон	0.44 ± 0.06	24 ± 2
Электрон	4.7 ± 0.5	—
Гамма-квант	4.0 ± 0.4	—
Протон	6.9 ± 0.6	—
Пион	9.9 ± 0.8	—
Нейтрон	12 ± 1	—

Таблица 2. Процентное соотношение треков частиц ШАЛ, реконструированных методом экстраполяции треков

Тип частицы	Процент выделенных треков, %
Мюон	98.50
Электрон	1.31
Протон	0.09
Пион	0.09
Другие	0.01

энергичных частиц поглощается в верхнем стальном слое поглотителя, а вторичные частицы, родившиеся в верхнем слое поглотителя, отклоняются или поглощаются во втором слое поглотителя.

При обработке событий ШАЛ от протона с энергией от 10^{12} до 10^{18} эВ разработанный алгоритм восстановления треков продемонстрировал высокую эффективность: 98.5% частиц реконструировано корректно и идентифицированы как мюоны, оставшиеся 1.5% составляют электроны, протоны, пионы и другие частицы. Полученные результаты представлены в табл. 2. Высокий процент реконструкции подтверждает хорошую степень выделения мюонов даже при большом числе частиц сопровождения.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках работы разработана и протестирована модель МДМ в программном пакете Geant4. Выполнено моделирование прохождения одиночных мюонов, электронов и других частиц в широком диапазоне энергий, а также многочисленных событий ШАЛ, полученных с помощью программы CORSIKA. К основным результатам относятся следующие:

- По результатам моделирования минимальная энергия регистрации мюонов составляет 0.38 ГэВ. При превышении пороговой энергии мюоны эффективно детектируются, но при взаимодействии

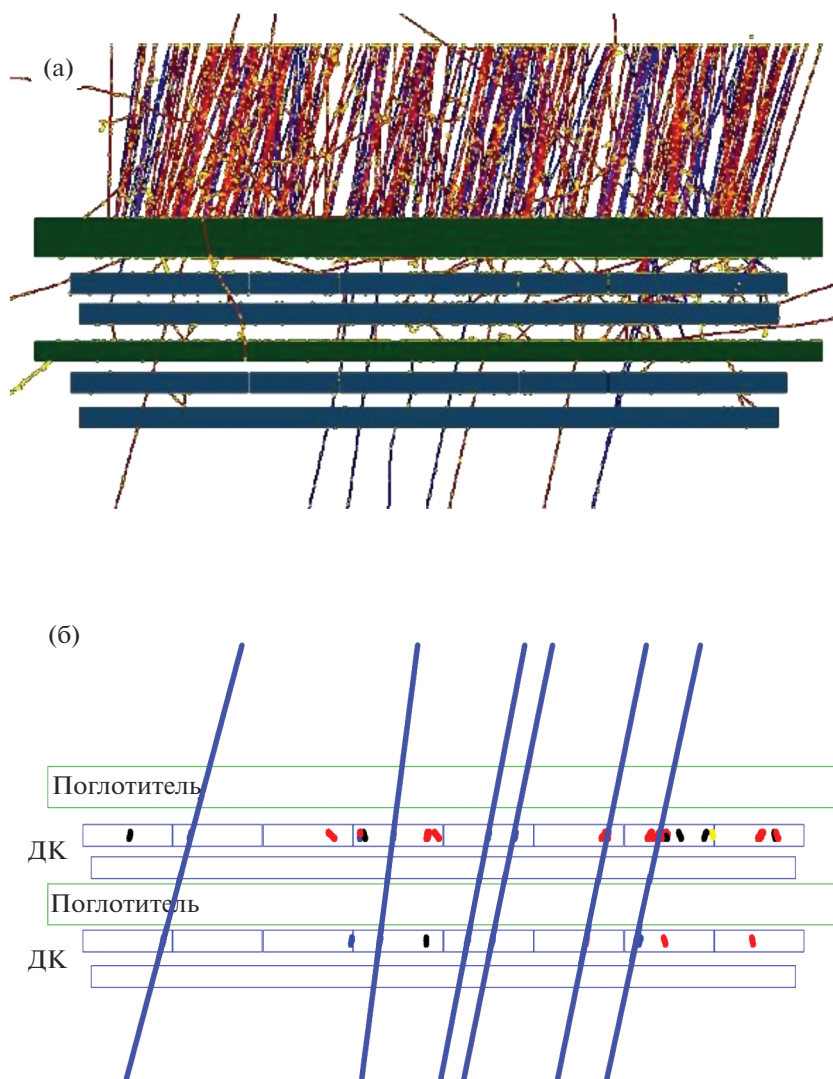


Рис. 6. (а) Визуализация моделированного события, в котором частицы ШАЛ проходят через детектор МДМ ($\gamma - 168$, $e - 261$, $\mu - 6$, $\pi - 6$, $n - 1$). (б) Визуализация результата реконструкции этого события, при которой выделено шесть треков мюонов.

мюонов с материалом поглотителя образуются вторичные заряженные частицы.

- Максимальное число треков, реконструируемых в ДК, составляет пятнадцать. Данное ограничение отсекает события с высокими энергиями начальных частиц: мюон при энергии выше 10 ТэВ, электрон при энергии выше 10 ГэВ. Это позволяет отсеивать электроны высоких энергий.

- Разработанный алгоритм реконструкции на основе экстраполяции треков продемонстрировал, что 90% мюонных треков в диапазоне от 24 ГэВ до 1 ТэВ реконструируются при критерии отбора: отклонение трека по координате до 3 мм и по углу до 5° . Это показывает возможность эффективно-

го выделения одиночные мюоны из множества одиночных событий по данным МДМ.

- По итогам обработки для ШАЛ от первичных частиц с энергиями от 10^{12} до 10^{18} эВ доля правильно идентифицированных мюонов составляет 98.5%, а оставшиеся 1.5% треков приходится на электроны, протоны и пионы. Это свидетельствует о хорошем выделении мюонной компоненты даже при наличии значительного количества других частиц.

Таким образом, проведенное моделирование показало, что МДМ обеспечивает эффективную регистрацию и реконструкцию мюонной компоненты околоразрывных ШАЛ в заданном диапазоне энергий. Полученные результаты под-

тверждают работоспособность метода экстраполяции треков для выделения мюонов и позволяют ожидать, что метод СЛПМ будет эффективно работать на данных детектора. Совместная работа МДМ с другими детекторами ЭК НЕВОД позволит получить функцию пространственного распределения мюонов ШАЛ.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена на Уникальной научной установке “Экспериментальный комплекс НЕВОД” при поддержке Российского научного фонда, грант № 23-72-10067, <https://rscf.ru/project/23-72-10067/>.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. *Petrukhin A.A.* // *Mosc. Univ. Phys. Bull.* 2022. V. 77 (2), 77–84 (2022). <https://doi.org/10.3103/S0027134922020795>
2. *Troshin I.Yu., Zadeba E.A., Vorobev V.S., Nikolaenko R.V.* // *Phys. Part. Nucl.* 2025. V. 56 (2). P. 219–222. <https://doi.org/10.1134/S1063779624701430>
3. *Bogdanov A.G., Gromushkin D.M., Kokoulin R.P., Mannocchi G., Petrukhin A.A., Saavedra O., Trinchero G., Chernov D.V., Shutenko V.V., Yashin I.I.* // *Phys. At. Nucl.* 2010. V. 73. P. 1852–1869. <https://doi.org/10.1134/S1063778810110074>
4. *Петрухин А.А.* Черенковский водный детектор НЕВОД // *Усп. физ. наук.* 2015. Т. 185. С. 521–530. <https://doi.org/10.3367/UFNr.0185.201505i.0521>
5. *Yashin I.I. et al.* // *J. Instrum.* 2021. V. 16. P. 112–119. <https://doi.org/10.1088/1748-0221/16/08/T08014>
6. *Amelchakov M.B., Ampilogov N.V., Astapov I.I., Barbashina N.S., Bogdanov A.G., Chiavassa A., Gromushkin D.M., Khokhlov S.S., Kokoulin R.P., Kompaniets K.G., Likiy O.I., Ovchinnikov V.V., Petrukhin A.A., Saavedra O., Shulzhenko I.A., Yashin I.I.* // *J. Instrum.* 2017. V. 12 (6). P. C06033. <https://doi.org/10.1088/1748-0221/12/06/C06033>
7. *Gromushkin D., Alekseenko V., Petrukhin A., Shchegolev O., Stenkin Y., Stepanov V., Yashin I., Zadeba E.* // *J. Instrum.* 2014. V. 9. P. C08028. <https://doi.org/10.1088/1748-0221/9/08/C08028>
8. *Gromushkin D.M., Bogdanov F.A., Khokhlov S.S., Kokoulin R.P., Kompaniets K.G., Petrukhin A.A., Shulzhenko I.A., Stenkin Yu.V., Yashin I.I., Yurin K.O.* // *J. Instrum.* 2017. V. 12. P. C07029 (2017). <https://doi.org/10.1088/1748-0221/12/07/C07029>
9. *Yurina E.A., Barbashina N.S., Bogdanov A.G., Khokhlov S.S., Kindin V.V., Kokoulin R.P., Kompaniets K.G., Mannocchi G., Petrukhin A.A., Shutenko V.V., Trinchero G., Yashin I.I.* // *PoS(ICRC2021)*. 2022. V. 395. P. 383. <https://doi.org/10.22323/1.395.0383>
10. *Воробьев В.С., Задеба Е.А., Николаенко Р.В., Петрухин А.А., Трошин И.Ю.* // *Ядерн. физ. инженер.* 2021. Т. 12 (5). С. 289–297. [*Vorob'ev V.S., Zadeba E.A., Nikolaenko R.V., Petrukhin A.A., Troshin I.Yu.* // *Phys. At. Nucl.* 2021. V. 84. P. 1780–1788. <https://doi.org/10.1134/S1063778821090362>. <https://doi.org/10.56304/S2079562920060615>
11. *Barabash L.S., et al.* // *Instrum. Exp. Tech.* 2002. V. 52. P. 20–48.
12. *Задеба Е.А., Воробьев В.С., Газизова Д.В., Компаниец К.Г., Мирошниченко Е.А., Николаенко Р.В., Трошин И.Ю., Хомчук Е.П., Шульженко И.А., Шутенко В.В.* // *Ядерн. физ. инженер.* 2025. Т. 16 (1). С. 70–79. [*Zadeba E.A., Vorobev V.S., Gazizova D.V., Kompaniets K.G., Miroshnichenko E.A., Nikolaenko R.V., Troshin I.Yu., Khomchuk E.P., Shulzhenko I.A., Shutenko V.V.* // *Phys. At. Nucl.* 2024. V. 87. P. 1339–1347. <https://doi.org/10.1134/S1063778824090473>. <https://doi.org/10.56304/S2079562924060484>
13. *Vorobev V.S., Zadeba E.A., Nikolaenko R.V., Troshin I.Yu.* // *Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys.* 2023. V. 87. P. 918–921. <https://doi.org/10.3103/S1062873823702702>
14. *Воробьев В.С., Задеба Е.А., Николаенко Р.В., Петрухин А.А., Трошин И.Ю.* // *Ядерн. физ. инженер.* 2021. Т. 12 (1). С. 26–31. [*Vorob'ev V.S., Zadeba E.A., Nikolaenko R.V., Petrukhin A.A., Troshin I.Yu.* // *Phys. At. Nucl.* 2021. V. 84. P. 1561–1571. <https://doi.org/10.1134/S1063778821090350>. <https://doi.org/10.56304/S2079562920060603>
15. *Agostinelli S. et al.* Geant4—a simulation toolkit // *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. A.* 2003. V. 506 (3). P. 250–303. [https://doi.org/10.1016/S0168-9002\(03\)01368-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9002(03)01368-8)
16. *Audi G., Bersillon O., Blachot J., Wapstra A.H.* // *Nucl. Phys. A.* 2003. V. 729 (1). P. 3–128. <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2003.11.001>
17. *Heck D., Schatz G., Thouw T., Knapp J., Capdevielle J.* CORSIKA: A Monte Carlo code to simulate extensive air showers. 1998. Karlsruhe, Germany.
18. *Engel R., Heck D., Huege T., Pierog T., Reininghaus M., Riehn F., Ulrich R., Unger M., Veberic D.* // *Comput. Soft. Big Sci.* 2019. V. 3 (2). P. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s41781-018-0013-0>

Separation of Muon Component of Extensive Air Showers by the Multipurpose Detector of Muons

I. Yu. Troshin^{1, *, **}, U. A. Abroo¹, V. S. Vorobev¹, D. V. Gazizova¹, E. A. Zadeba¹, and R. V. Nikolaenko¹

¹National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, 115409 Russia

*e-mail: IYTroshin@mephi.ru

**e-mail: I.Y.Troshin@gmail.com

Received July 18, 2025; revised July 18, 2025; accepted July 29, 2025

Abstract—Multipurpose Detector of Muons (MDM) is an array of multi-wire drift chambers shielded by layers of steel absorber. The detector is designed to study the EAS muon component in the zenith angle range

from 0° to 60° . To interpret the data from the detector, it is necessary to determine the threshold energy of muons and the number of secondary particles that can simulate the muon tracks. For this purpose, a detector model was developed in Geant4, and the detector response to multiparticle events from CORSIKA 7 was simulated. The paper presents the results of the analysis of the obtained simulated data.

Keywords: muons, drift chambers, modeling, extensive air shower, cosmic rays