

Отношения K^+/π^+ (GEM+CSC+TOF400, Ar)
для триггеров $BD>1 \ \&\& \ Si>2$, $BD>3$ и различных мишеней

Содержание

- Набор данных
- Масштабирование импульса
- Выравнивание на протонный пик стрипов TOF400
- Дополнительное выравнивание время-амплитудной зависимости стрипов TOF400
- Кат на импульс
- Условие $i\text{beam}=0$
- Выделение K^+
- Методика выделения фона и расчёта статистических ошибок
- Коррекция на число частиц в хвостах распределения
- Выделение π^+
- Отношение K^+/π^+
- Коррекция на эффективность триггеров
- Ошибка коррекции на эффективность триггеров
- Усреднение K^+/π^+ по двум триггерам
- Ошибка усреднения K^+/π^+ по двум триггерам
- Систематические ошибки
- Коррекция на акцептенс и распады K^+
- $K^+/\pi^+(A)$
- $K^+/\pi^+(p)$
- $K^+/\pi^+(pt)$

Набор данных

Раны 3756-4704 (полный набор Ar данных сеанса 7); мишени C, Al, Cu, Sn, Pb; $V=1252$ A; триггеры $BD>1 \ \&\& \ Si>2$, $BD>3$.

Набор данных для триггера $BD>1 \ \&\& \ Si>2$ дополнен данными для триггеров $Si>3$ и $Si>2$ с дополнительным условием $BD>1$. Набор данных для триггера $BD>3$ дополнен данными для триггера $BD>2$ с дополнительным условием $BD>3$.

Масштабирование импульса

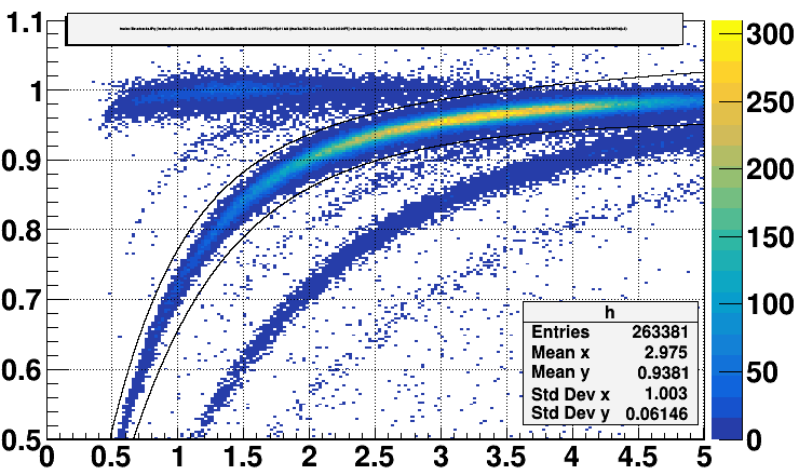


Рис. 1: Верхняя и нижняя границы протонной полосы

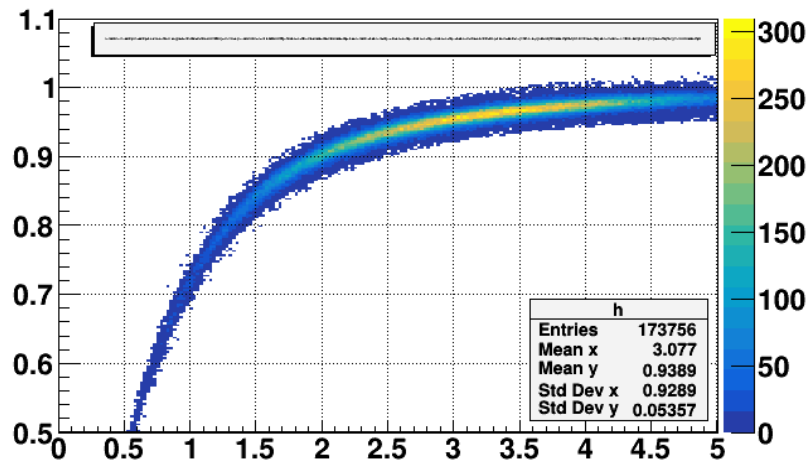


Рис. 2: Выделение протонной полосы

На рис. 1 изображено распределение β vs p/q с предварительным выравниванием стрипов TOF400 по времени. Центральная полоса соответствует протонам. Путём параметризации зависимости $m/q(p/q, L, t)$ получены верхняя и нижняя границы протонной полосы, показанные на рисунке. На рис. 2 изображено то же распределение β vs p/q , что и на рис. 1, с сохранением только области между верхней и нижней границами протонной полосы.

С использованием формулы $dt(p) = t - t(0.94, p/q, L)$, где t – время пролёта частицы по измерениям TO-TOF400, $t(0.94, p/q, L)$ – время пролёта частицы, вычисленное по измерению импульса и длины пролёта в предположении, что частица является протоном, оценивалось временное разрешение.

В процессе оценки временного разрешения по протонной полосе, выделение которой проиллюстрировано на рис. 1-2, было установлено, что зависимость $dt(p)$ несимметрична относительно горизонтальной прямой (рис. 3), что говорит о наличии систематической ошибке в измерениях.

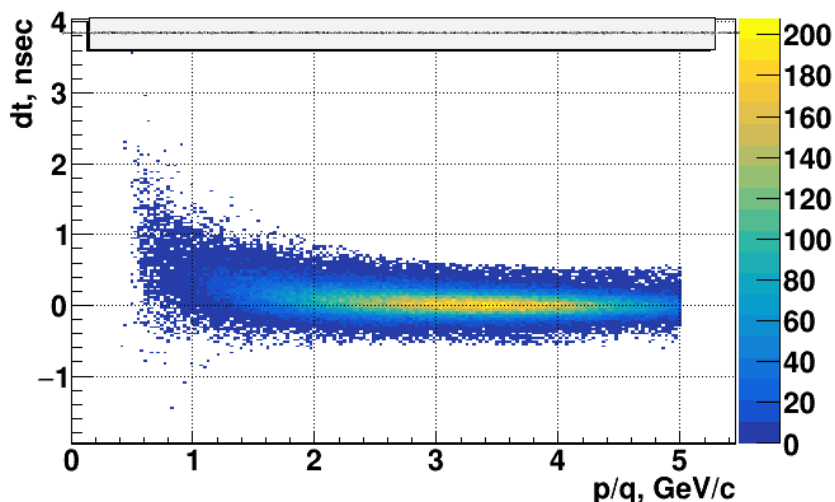


Рис. 3: Зависимость dt от p/q

В предположении, что указанная несимметричность может быть вызвана разницей интеграла поля реального и использованного при реконструкции, удалось симметризовать распределение $dt(p)$ путём масштабирования импульса на фактор 0.96. Результат масштабирования приведён на рис. 4.

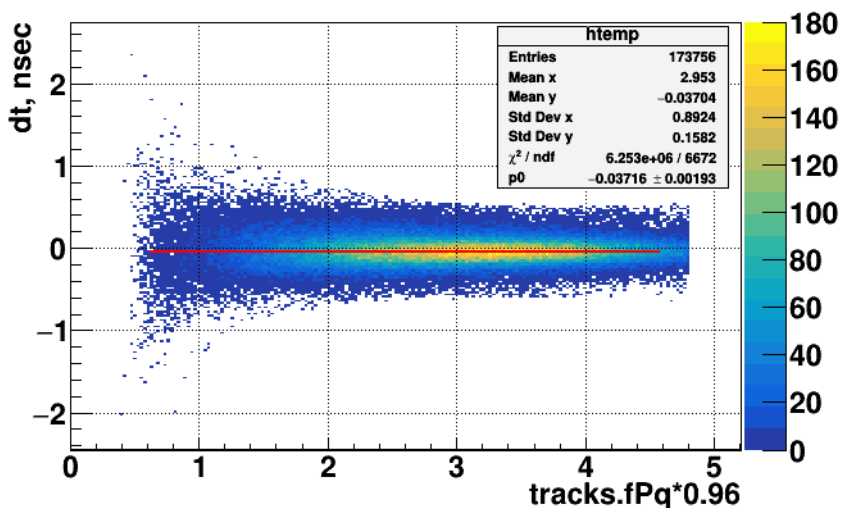


Рис. 4: Зависимость dt от $p/q*0.96$

В процессе дальнейшего анализа было установлено, что указанное масштабирование импульса позволяет одновременно ставить на место по $(m/q)^2$ вместе с протонной также каонную и пионную полосы. Без масштабирования импульса при установке в нужное значение $(m/q)^2$ для протонной полосы середины пиков для других полос были существенно смещены от своих положений.

Выравнивание на протонный пик стрипов TOF400

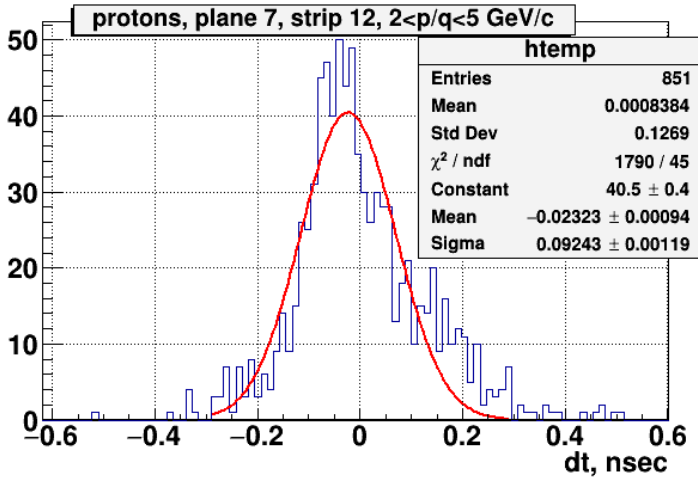


Рис. 5: dt, нсек, плоскость 7, стрип 12

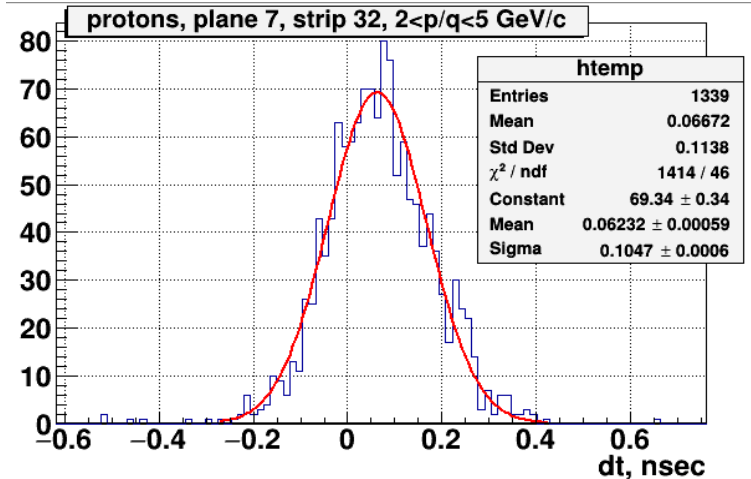


Рис. 6: dt, нсек, плоскость 7, стрип 23

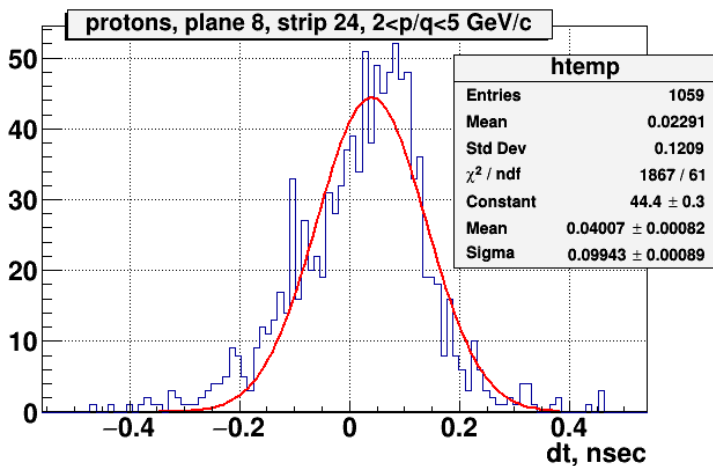


Рис. 7: dt, нсек, плоскость 8, стрип 24

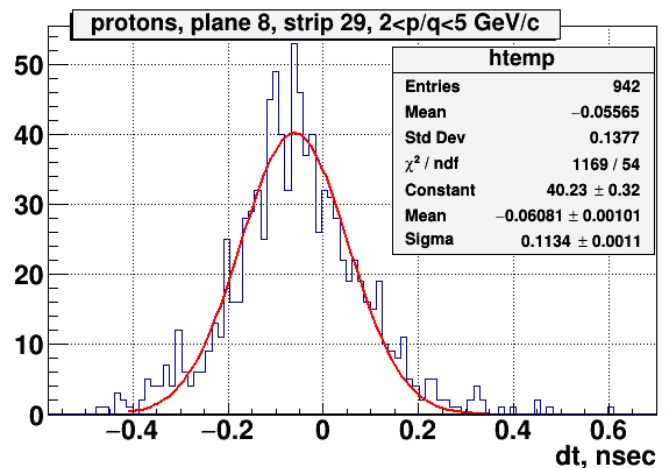


Рис. 8: dt, нсек, плоскость 8, стрип 29

На рис. 5-8 для нескольких стрипов с большой статистикой приведены распределения dt, о которых говорилось в разделе “Масштабирование импульса”. Видно, что разброс среднего времени по стрипам может достигать десятков псек. Для улучшения временного разрешения средние времена распределений для протонов в каждом стрипе были выставлены в нужное положение. Для этого была использована часть протонной полосы с $p < 2$ ГэВ/с, так как весь анализ выполнялся именно в этом диапазоне.

Дополнительное выравнивание время-амплитудной зависимости стрипов TOF400

После первой итерации время-амплитудных коррекций без использования трековой информации с последующим выравниванием на протонную полосу для каждого стрипа остаётся зависимость времени от амплитуды. Для протонной полосы в интервале $p < 2$ ГэВ/с пример указанной зависимости для одного из стрипов представлен на левом распределении рис. 9.

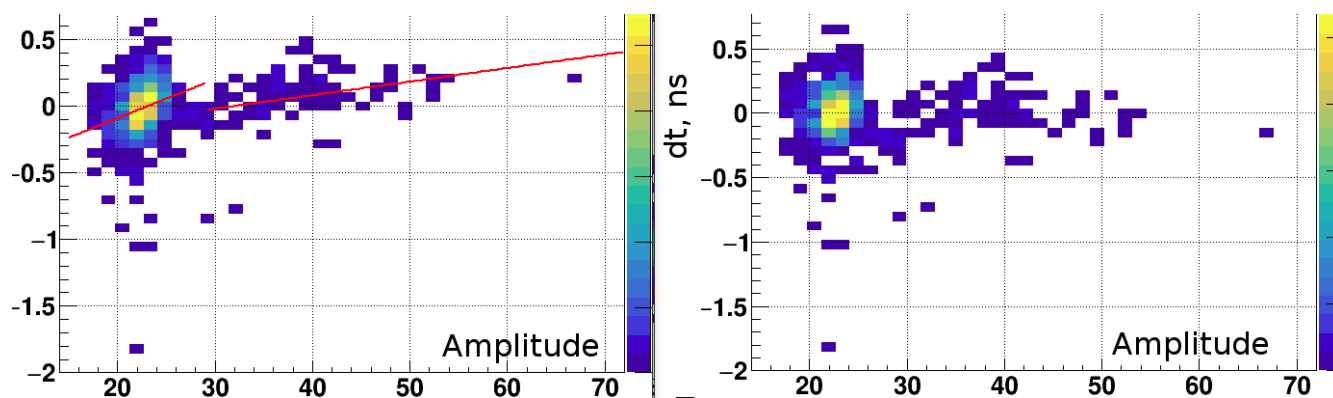


Рис. 9: Время-амплитудная зависимость после выравнивания на протонную полосу

Для выравнивания время-амплитудной зависимости были выделены два интервала по амплитуде. После чего в каждом из интервалов отдельно время-амплитудное распределение фитировалось функцией $pol1$. На правом распределении рис. 9 представлен результат выравнивания время-амплитудной зависимости.

Кат на импульс

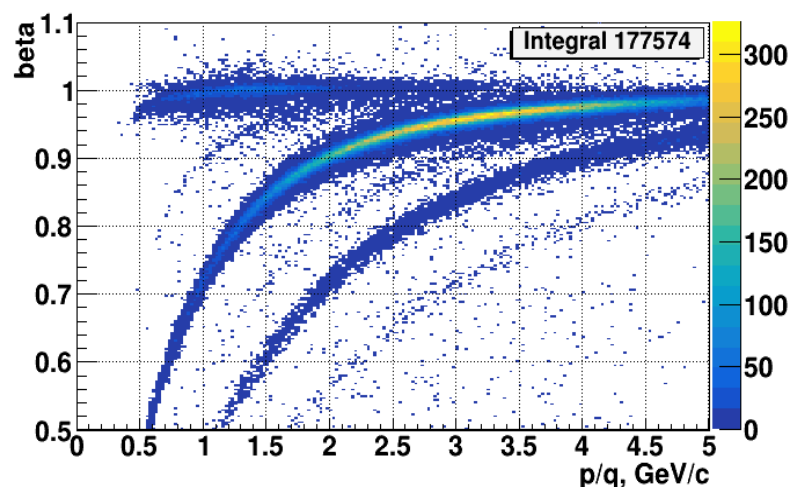


Рис. 10: Распределение β , ед. с, vs p/q , GeV/(сq)

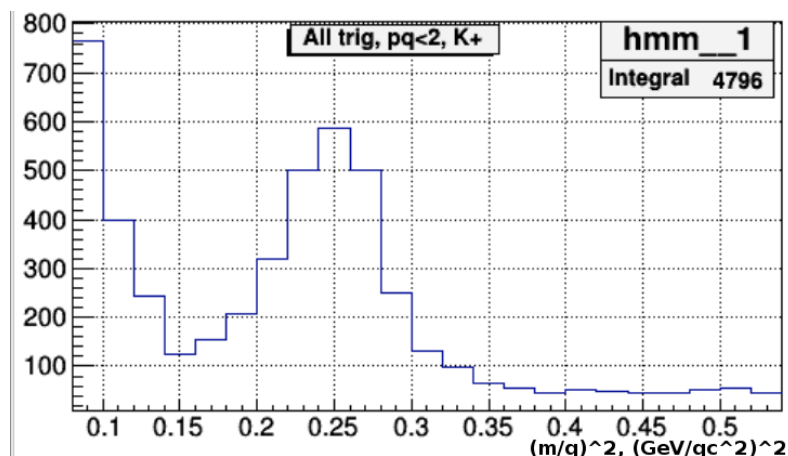


Рис. 11: Распределение $(m/q)^2$ для пика K^+

На рис. 10 изображено распределение β vs p/q для рангов 4611-4704 с пострисповой коррекцией времени. Видно, что выделение K^+ с увеличением p/q ухудшается, фон от полосы π^+ сильнее влияет на выделение K^+ , чем фон от протонной полосы. На рис. 11 изображено распределение $(m/q)^2$ для K^+ с $p/q < 2$ ГэВ/сq и полного набора Ar данных. Видно, что для указанного диапазона импульсов полоса K^+ достаточно хорошо отделяется от полосы π^+ . Поэтому для дальнейшего анализа решено использовать кат $p/q < 2$ ГэВ/сq.

Условие $i\text{beam}=0$

В процессе анализа данных, собранных в Ar сеансе, было установлено, что большую часть записанных событий составляют не события столкновения ионов пучка с ядрами мишени, а чисто пучковые события. Поэтому были предприняты усилия для очистки анализируемых данных от пучковых событий. Одним из основных источников пучковых событий в данных оказалось попадание пучка в Forward Silicon Detector (Si, один из основных триггерных детекторов), который фактически играл роль дополнительной мишени. На основе срабатываний указанного детектора выработано условие, позволяющее убрать из анализа существенную часть событий взаимодействия пучка с Si. Это условие в текущем анализе принято обозначать " $i\text{beam}=0$ ".

Выделение K^+

K^+ выделяются с использованием распределения $(m/q)^2$. Фон от неверно идентифицированных треков фитируется равномерным распределением (pol0). Пик π^+ также даёт вклад в фон, который фитируется гауссовским распределением. При этом задача этого гауссовского распределения состоит в том, чтобы достаточно хорошо описать фон от π^+ непосредственно около пика K^+ (хвосты пика π^+). Для описания хвостов π^+ часть центральных бинов в распределении $(m/q)^2$ для π^+ убирается и фитируются только бины слева и справа от максимума π^+ . Равномерным распределением $(m/q)^2$ фитируется справа от пика K^+ . На рис. 12-21 приведены распределения π^+ и K^+ для всех изучаемых триггеров и мишеней, а также результаты фитирования K^+ .

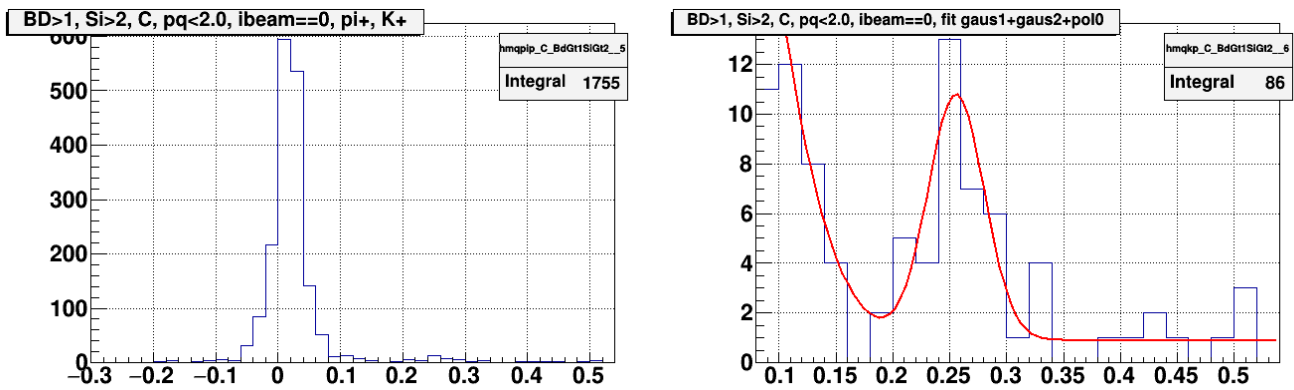


Рис. 12: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , C, $BD>1$ && $Si>2$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , C, $BD>1$ && $Si>2$

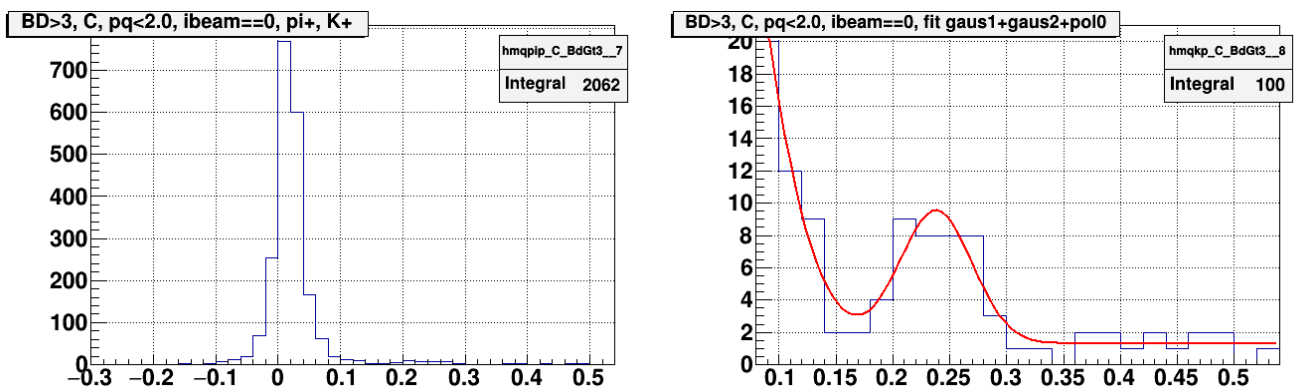


Рис. 13: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , C, $BD>3$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , C, $BD>3$

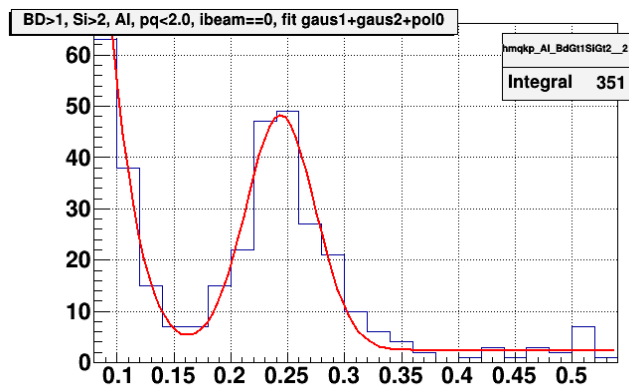
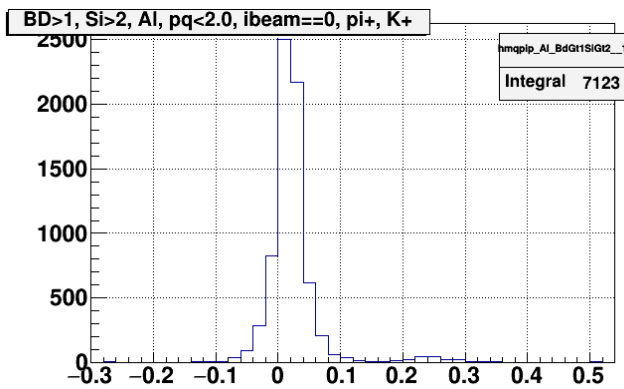


Рис. 14: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , Al, $BD > 1$ && $Si > 2$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , Al, $BD > 1$ && $Si > 2$

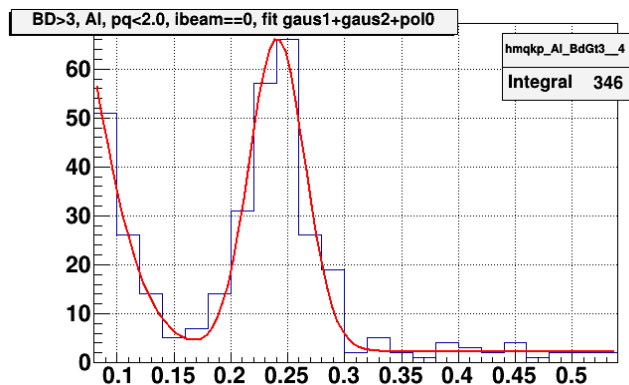
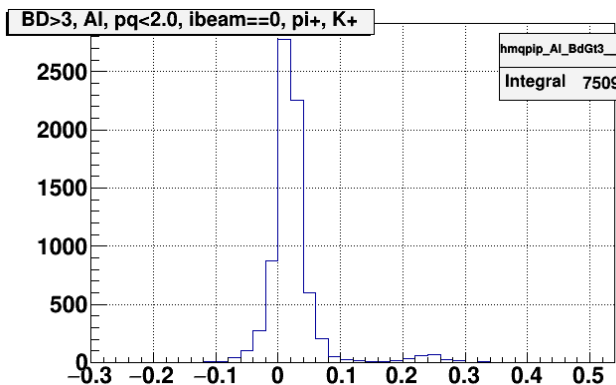


Рис. 15: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , Al, $BD > 3$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , Al, $BD > 3$

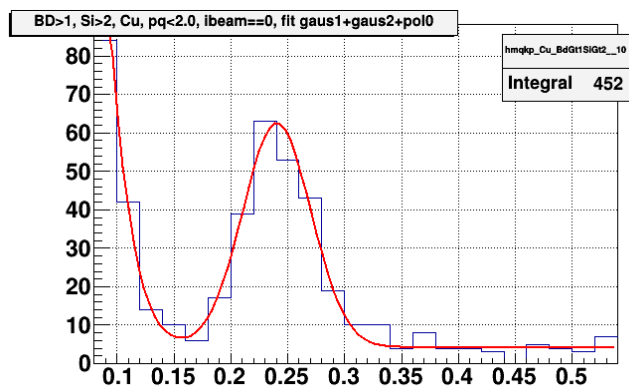
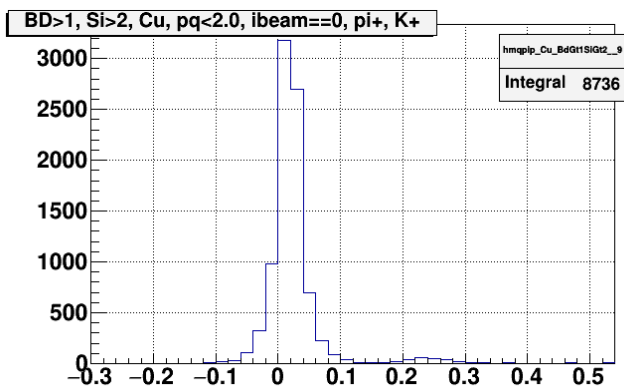


Рис. 16: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , Cu, $BD > 1$ && $Si > 2$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , Cu, $BD > 1$ && $Si > 2$

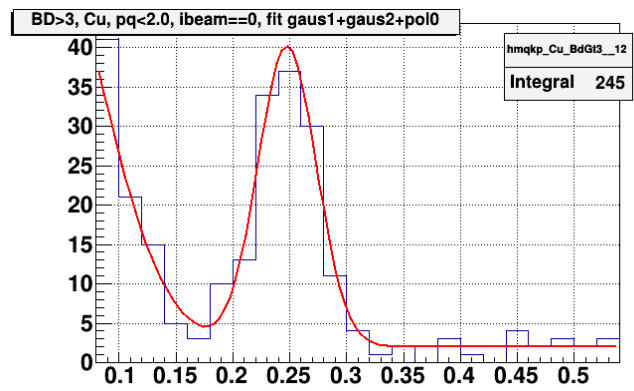
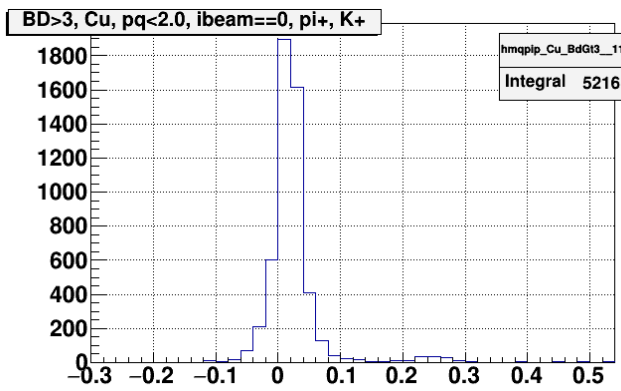


Рис. 17: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , Cu, $BD > 3$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , Cu, $BD > 3$

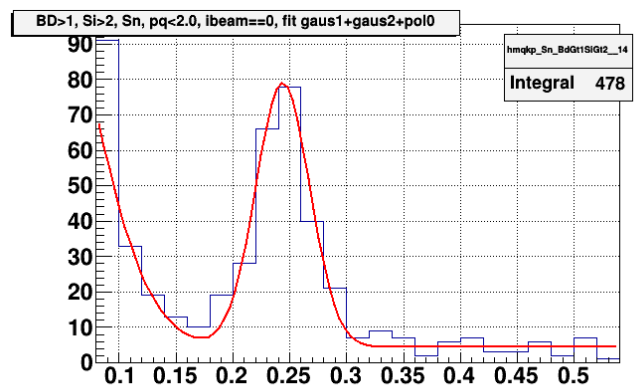
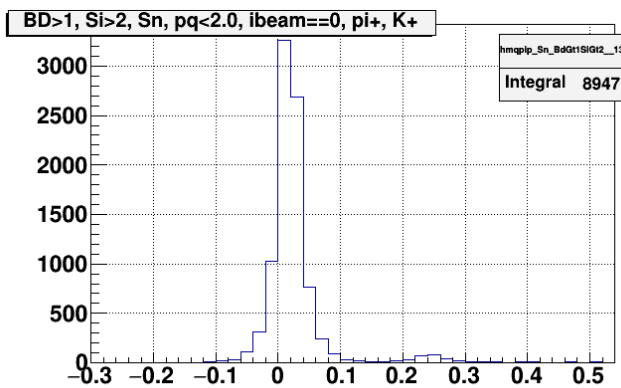


Рис. 18: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , Sn, $BD > 1$ && $Si > 2$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , Sn, $BD > 1$ && $Si > 2$

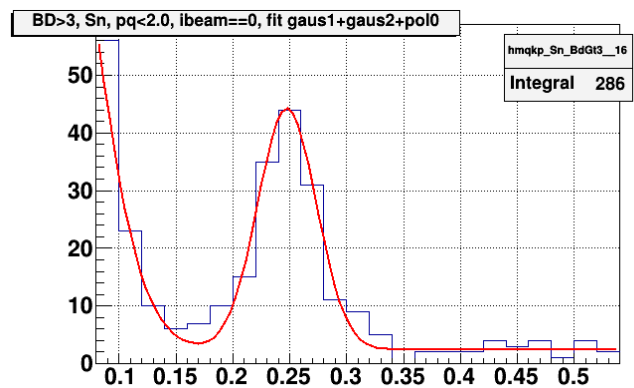
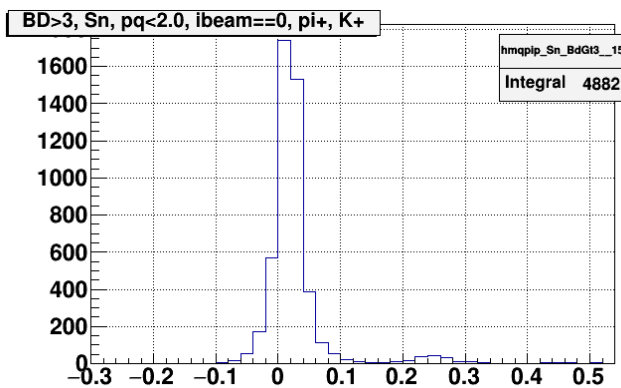


Рис. 19: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , Sn, $BD > 3$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , Sn, $BD > 3$

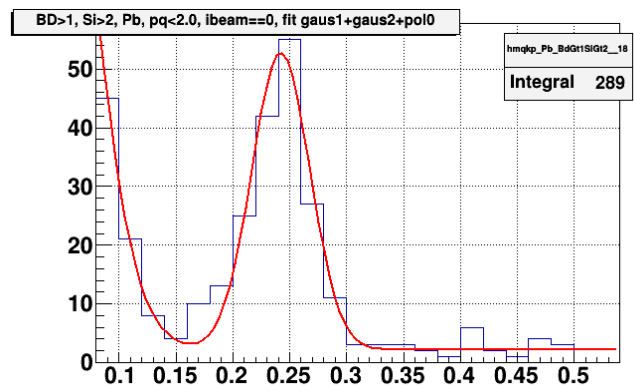
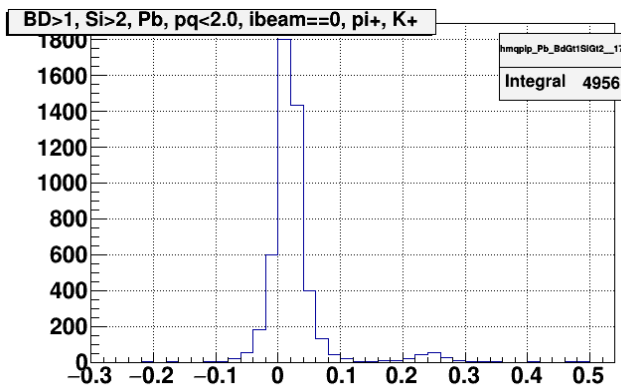


Рис. 20: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , Pb, $BD>1$ && $Si>2$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , Pb, $BD>1$ && $Si>2$

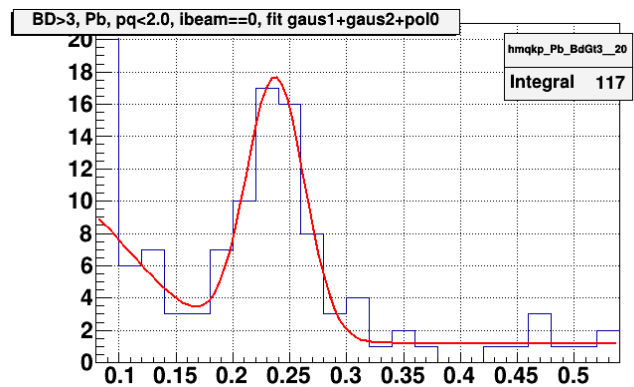
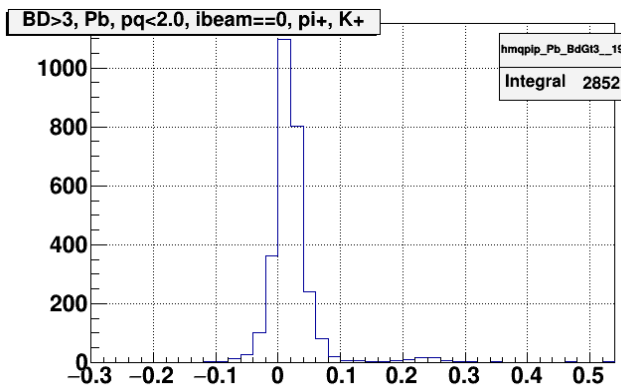


Рис. 21: Слева распределение $(m/q)^2$, π^+ , Pb, $BD>3$; справа распределение $(m/q)^2$, K^+ , Pb, $BD>3$

Из распределений справа рис. 12-21 видно, что использованные для фитирования Гауссианы достаточно хорошо описывают фон вблизи пиков K^+ . Однако необходимо отметить произвольность выбора бинов для фитирования хвостов пика π^+ .

Пики K^+ на распределениях справа рис. 12-21 фитировались Гауссианом.

В таблице 1 представлены соотношения количества K^+ и фона для изучаемых триггеров в интервале $0.16 < (m/q)^2 < 0.34$ (ГэВ/ qc^2)².

Таблица 1: Результаты выделения K^+ для триггеров $BD>1 \ \&\& \ Si>2$, $BD>3$ и всех мишеней.

Триггер / мишень	число “хороших” треков с CSC	K^+ , штук	фон, штук	K^+ /фон	$K^+/\sqrt{(K^+ + \text{фон})}$ (значимость)
$BD>1 \ \&\& \ Si>2 / C$	37044	31.3 ± 8.7	10.7 ± 6.9	2.9	4.8
$BD>3 / C$	42100	30.9 ± 8.3	13.1 ± 5.8	2.4	4.7
$BD>1 \ \&\& \ Si>2 / Al$	132922	181.1 ± 15.2	22.9 ± 5.4	7.9	12.7
$BD>3 / Al$	143557	204.4 ± 16.1	22.6 ± 5.9	9.0	13.6
$BD>1 \ \&\& \ Si>2 / Cu$	167003	221.7 ± 17.3	38.3 ± 6.3	5.8	13.8
$BD>3 / Cu$	99106	121.1 ± 13.6	21.9 ± 7.0	5.5	10.1
$BD>1 \ \&\& \ Si>2 / Sn$	164954	235.3 ± 18.3	42.7 ± 7.9	5.5	14.1
$BD>3 / Sn$	93690	144.5 ± 14.0	22.4 ± 5.9	6.4	11.2
$BD>1 \ \&\& \ Si>2 / Pb$	88961	168.7 ± 14.6	20.3 ± 5.2	8.3	12.3
$BD>3 / Pb$	54342	54.4 ± 13.1	14.6 ± 13.7	3.7	6.5

В колонке 2 таблицы 1 под “хорошими” понимаются треки, прошедшие те же каты, что и изучаемые треки π^+ или K^+ без ограничения на массу и импульс.

Методика выделения фона и расчёта статистических ошибок

Фон от π^+ под K^+ описывается Гауссианом. После получения параметров Гауссиана, описывающего хвосты пика π^+ , а также параметра равномерного распределения выполняется интегрирование функции $\text{gaus} + \text{pol0}$, описывающей фон, в интервале $0.16 < (m/q)^2 < 0.34$ ($\text{ГэВ}/(qc^2)$)².

Результатом интегрирования с учётом ширины бинов является полный фон под K^+ в интервале $0.16 < (m/q)^2 < 0.34 \text{ (ГэВ/}qc^2\text{)}^2$.

Для получения статистических ошибок извлечения фона (σ_{K+bkg}) используются ошибки параметров функций, которые описывают фон. К параметрам функций добавляются (вычитаются) их ошибки. Затем выполняется интегрирование, о котором говорилось в начале этого пункта. В результате получается верхняя (нижняя) граница фона. В качестве ошибки фона берётся полуразница верхней и нижней границ фона.

Статистическая ошибка количества частиц вычисляется по формуле

$$\sigma_{K^+} = \sqrt{N_{K+bkg} + \sigma_{K+bkg}^2},$$

где N_{K+bkg} - количество входов в интервале $(m/q)^2$, где извлекается сигнал K^+ .

Коррекция на число частиц в хвостах распределения

В пункте “Выделение K^+ ” выделение выполнено в интервале $0.16 < (m/q)^2 < 0.34 \text{ (ГэВ/}qc^2\text{)}^2$, так как в этом интервале сигнал от K^+ заметно выделялся над фоном. Необходимо получить оценку числа K^+ вне указанного интервала. Для этого полагается, что пики K^+ достаточно хорошо описываются Гауссианом (см. распределения справа на рис. 12-21). Из результатов фитирования берутся параметры Гауссиана. Выполняется интегрирование функции $gaus$, описывающей K^+ , в интервалах $-\infty < (m/q)^2 < 0.16$ и $0.34 < (m/q)^2 < \infty \text{ (ГэВ/}qc^2\text{)}^2$. Результатом интегрирования с учётом ширины бинов является оценка количества K^+ в хвостах распределения.

Для получения ошибок оценки количества K^+ в хвостах распределения используются ошибки параметров функций, которые описывают K^+ . К параметрам функций добавляются (вычитаются) их ошибки. Затем выполняется интегрирование, о котором говорилось в начале этого пункта. В результате получается верхняя (нижняя) граница искомой оценки. В качестве ошибки берётся полуразница верхней и нижней границ.

Результаты обсуждаемых оценок коррекций для триггеров $BD>1 \ \&\& \ Si>2$, $BD>3$ и различных мишеней будут приведены далее в пункте “Отношение K^+/π^+ ”.

Выделение π^+

Как и K^+ , π^+ выделяются с использованием распределения $(m/q)^2$. Используется тот же импульсный диапазон $p/q < 2.0$ ГэВ/(сг). Для получения количества π^+ используется интервал $-0.2 < (m/q)^2 < 0.16$. Фон от K^+ получается методом, описанным в пункте “Коррекция на число частиц в хвостах распределения”. Также учитывается фон от неверно идентифицированных треков, который даёт основной вклад. Он берётся из данных по выделению количества K^+ для соответствующего триггера и мишени. Количество π^+ получается вычитанием фона из наблюдаемого сигнала. Сигналы для π^+ приведены на левых распределениях рис. 12-21.

В таблице 2 представлены соотношения количества π^+ и фона для триггеров $BD>1 \ \&\& \ Si>2$, $BD>3$ и всех мишеней.

Таблица 2: Результаты выделения π^+ для триггеров $BD>1 \ \&\& \ Si>2$, $BD>3$ и всех мишеней.

Триггер / мишень	число “хороших” треков с CSC	π^+ , штук	фон, штук	$\pi^+/\text{фон}$	$\pi^+/\sqrt{(\pi^++\text{фон})}$ (значимость)
$BD>1 \ \&\& \ Si>2 / C$	37044	1687.8 ± 41.6	16.2 ± 5.4	104.2	40.9
$BD>3 / C$	42100	1978.3 ± 45.2	23.7 ± 6.5	83.3	44.2
$BD>1 \ \&\& \ Si>2 / Al$	132922	6838.2 ± 83.4	43.8 ± 8.8	156.2	82.4
$BD>3 / Al$	143557	7214.6 ± 85.6	41.4 ± 8.6	174.3	84.7
$BD>1 \ \&\& \ Si>2 / Cu$	167003	8349.6 ± 92.5	76.4 ± 11.7	109.2	100.0

BD>3 / Cu	99106	5015.0±71.5	36.0±8.0	139.2	70.6
BD>1 && Si>2 / Sn	164954	8535.8±93.6	79.2±11.9	107.8	92.0
BD>3 / Sn	93690	4643.8±69.0	43.2±8.8	107.4	67.8
BD>1 && Si>2 / Pb	88961	4699.3±69.4	39.7±8.4	118.5	68.3
BD>3 / Pb	54342	2747.3±53.0	21.7±6.2	126.7	52.2

Отношение K^+/π^+

В таблице 3 приведены коррекции на количество частиц в хвостах распределений по $(m/q)^2$ ($N_{\text{СопгК}^+}$ и $N_{\text{Сопг}\pi^+}$), полное число частиц ($N_{\text{К}^+}$ и N_{π^+}) и отношение K^+/π^+ с ошибками для обоих триггеров, всех мишеней и импульсного диапазона $p/q < 2.0$ ГэВ/(сг).

Таблица 3: Отношение K^+/π^+ для триггеров BD>1 && Si>2 и BD>3, $p/q < 2.0$ ГэВ/(сг), всех мишеней; коррекции на количество частиц в хвостах распределений по $(m/q)^2$.

Триггер / мишень	$N_{\text{СопгК}^+}$, штук	$N_{\text{К}^+}$, штук	$N_{\text{Сопг}\pi^+}$, штук	N_{π^+} , штук	K^+/π^+
BD>1 && Si>2 / C	0.1±0.1	31.4±8.7	3.8±3.1	1691.6±41.7	0.0185±0.0051
BD>3 / C	0.4±0.3	31.3±8.3	2.2±1.8	1980.5±45.2	0.0158±0.0042
BD>1 && Si>2 / Al	5.7±0.8	178.2±16.2	30.7±1.6	9626.1±98.8	0.0266±0.0022
BD>3 / Al	2.2±0.4	214.0±16.5	18.5±2.1	10261.0±101.7	0.0283±0.0023
BD>1 && Si>2 / Cu	0.9±0.2	222.7±17.3	0.6±0.4	8350.1±92.5	0.0267±0.0021
BD>3 / Cu	0.1±0.1	121.1±13.6	4.5±2.4	5019.4±71.6	0.0241±0.0027
BD>1 && Si>2 / Sn	0.0±0.0*	235.3±18.3	3.4±1.6	8539.2±93.6	0.0276±0.0022
BD>3 / Sn	0.1±0.1	144.6±14.0	1.3±1.0	4645.1±69.0	0.0311±0.0031

BD>1 && Si>2 / Pb	0.1±0.1	168.8±14.6	0.8±0.7	4700.1±69.4	0.0359±0.0032
BD>3 / Pb	0.1±0.1	54.5±13.1	7.6±7.2	2754.9±53.5	0.0198±0.0048

* - коррекция меньше погрешности вычислений.

Ошибка для полного числа K^+ с учётом коррекции на хвосты считается по формуле

$$\sigma_{K+\text{full}} = \sqrt{(\sigma_{\text{meas}}^2 + \sigma_{\text{corr}}^2)},$$

где σ_{meas} - ошибка измеренного количества, взятая из таблицы 1; σ_{corr} - ошибка коррекции, взятая из таблицы 3. Для полного числа π^+ ошибка $\sigma_{\pi+\text{full}}$ считается аналогичным образом.

Ошибка для отношения K^+/π^+ считается по формуле

$$\sigma_{K^+/\pi^+} = N_{K^+}/N_{\pi^+} \cdot \sqrt{((\sigma_{K+\text{full}}/N_{K^+})^2 + (\sigma_{\pi+\text{full}}/N_{\pi^+})^2)}.$$

На рис. 22 приведена зависимость отношения K^+/π^+ от атомной массы мишени для триггеров BD>1 && Si>2, BD>3.

Видно, что для всех мишеней кроме Pb отношения K^+/π^+ для двух триггеров лежат в интервале одной ошибки друг от друга. Для Pb расхождение более существенно. Его природа не ясна. Поэтому при дальнейшем анализе эта мишень рассматриваться не будет.

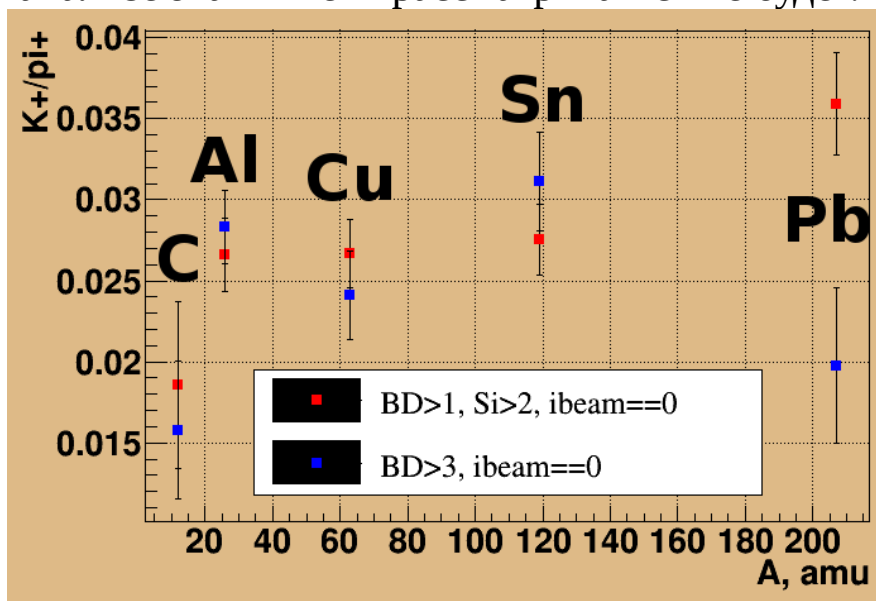


Рис. 22: Зависимость K^+/π^+ от атомной мссы мишени, а.е.м.

Также стоит отметить малую статистику и большие ошибки для мишени С. Из правых распределений на рис. 12-13 видно, что из-за малой статистики форма пика K^+ для указанной мишени заметно отличается от гауссовой.

Коррекция на эффективность триггеров

π^+ могут рождаться, как в событиях с большой множественностью, так и в событиях с малой множественностью. K^+ в основном рождаются в событиях с большой множественностью. Триггеры, используемые для отбора событий, отбрасывают больше событий с малой множественностью. Поэтому ожидается, что указанные триггеры приводят к завышению исследуемого отношения K^+/π^+ .

В сеансе на пучке Ar для отбора событий использовались два триггерных детектора: Barrel Detector (BD) и Forward Silicon Detector, о котором шла речь в разделе “Условие $i\text{beam}=0$ ”, - с разными условиями на число срабатываний.

Для выполнения коррекций на эффективность триггеров были выделены два набора ранов, в каждом из которых использовался только один детектор. В первый набор были включены только раны с триггером $S_i > 2$ или $S_i > 3$. Во второй набор были включены только раны с триггером $BD > 2$ или $BD > 3$.

Для указанных наборов ранов с триггером одного типа были получены отношения $K^+/\pi^+(S_i)$ и $K^+/\pi^+(BD)$. Нас интересовало влияние на K^+/π^+ триггеров $BD > 1$, $S_i > 2$ (из комбинации которых состоит первый основной триггер, используемый в текущем анализе) и $BD > 3$ (второго основного триггера). Для набора ранов с детектором S_i программно накладывались дополнительные условия с $BD > 1$, $BD > 3$ и получались $K^+/\pi^+(BD > 1 + S_i)$ и $K^+/\pi^+(BD > 3 + S_i)$. Для набора ранов с детектором BD программно накладывалось дополнительное условия с $S_i > 2$ и получалось $K^+/\pi^+(S_i > 2 + BD)$.

Затем вычислялись коррекции на эффективность триггеров

$$C_{\text{TrigEff}}(\text{BD}>1)=K^+/\pi^+(\text{BD}>1+\text{Si})/K^+/\pi^+(\text{Si}),$$

$$C_{\text{TrigEff}}(\text{BD}>3)=K^+/\pi^+(\text{BD}>3+\text{Si})/K^+/\pi^+(\text{Si}),$$

$$C_{\text{TrigEff}}(\text{Si}>2)=K^+/\pi^+(\text{Si}>2+\text{BD})/K^+/\pi^+(\text{BD}).$$

Влияние триггеров $\text{BD}>1$ и $\text{Si}>2$ считалось независимым. И коррекция на эффективность комбинированного триггера считалась по формуле

$$C_{\text{TrigEff}}(\text{BD}>1 \ \&\& \ \text{Si}>2)=C_{\text{TrigEff}}(\text{BD}>1) \cdot C_{\text{TrigEff}}(\text{Si}>2).$$

В таблице 4 приведены указанные коррекции, общие для всех мишеней.

Таблица 4: Коррекции на эффективность триггеров для различных триггеров.

Trigger	BD>1	Si>2	BD>1 && Si>2	BD>3
CorrTrigEff	0.9996	1.1352	1.1347	1.0371

Отношение K^+/π^+ , скорректированное на эффективность соответствующего триггера, Trig , вычисляется по формуле

$$K^+/\pi^+_{\text{Trig}}=K^+/\pi^+(\text{Trig})/C_{\text{TrigEff}}(\text{Trig}).$$

Ошибка коррекции на эффективность триггеров

Ошибка с учётом коррекции на эффективность триггера считается как ошибка отношения по формуле

$$\sigma_{\text{TrigEff}}=K^+/\pi^+_{\text{Trig}} \sqrt{((\sigma_{K^+/\pi^+}/(K^+/\pi^+))^2+(\sigma_{C_{\text{TrigEff}}}/C_{\text{TrigEff}})^2)},$$

где K^+/π^+_{Trig} и C_{TrigEff} из раздела “Коррекция на эффективность триггеров”, σ_{K^+/π^+} из раздела “Отношение K^+/π^+ ”, K^+/π^+ - отношение без коррекции на эффективность триггера, $\sigma_{C_{\text{TrigEff}}}$ считается как ошибка отношения для C_{TrigEff} по аналогии с σ_{TrigEff} .

Усреднение K^+/π^+ по двум триггерам

Для усреднения измерений $K^+/\pi^+(A)$ по двум триггерам использована формула

$$\langle K^+/\pi^+ \rangle=(K^+/\pi^+_{\text{Trig1}}/\sigma^2_{\text{Trig1}}+K^+/\pi^+_{\text{Trig2}}/\sigma^2_{\text{Trig2}})/(1/\sigma^2_{\text{Trig1}}+1/\sigma^2_{\text{Trig2}}),$$

где здесь и далее $\text{Trig1}=\text{BD}>1 \ \&\& \ \text{Si}>2$, $\text{Trig2}=\text{BD}>3$, K^+/π^+_{Trig} - отношение, скорректированное на эффективность соответствующего

триггера, σ_{Trig} – ошибка отношения для соответствующего триггера без учёта его эффективности.

Ошибка усреднения K^+/π^+ по двум триггерам

Ошибка усреднения имеет вид

$$\sigma_{\langle K^+/\pi^+ \rangle} = \sqrt{(\sigma_{\text{TrigEff1}}^2 \left(\frac{1/\sigma_{\text{Trig1}}^2}{1/\sigma_{\text{Trig1}}^2 + 1/\sigma_{\text{Trig2}}^2} \right) + \sigma_{\text{TrigEff2}}^2 \left(\frac{1/\sigma_{\text{Trig2}}^2}{1/\sigma_{\text{Trig1}}^2 + 1/\sigma_{\text{Trig2}}^2} \right))},$$

где σ_{TrigEff1} и σ_{TrigEff2} – ошибки отношения с учётом коррекции на эффективность триггера для Trig1 и Trig2 соответственно, σ_{Trig1} и σ_{Trig2} – ошибки отношения для соответствующего триггера без учёта его эффективности (см. разделы “Ошибка коррекции на эффективность триггеров” и “Усреднение K^+/π^+ по двум триггерам”).

В текущей версии для подсчёта ошибок усреднения по двум триггерам при получении зависимости $K^+/\pi^+(A)$ использовалась упрощённая формула

$$\sigma_{\langle K^+/\pi^+ \rangle} = \sqrt{(\sigma_{\text{Trig1}}^2 + \sigma_{\text{Trig2}}^2)}$$

Ошибка σ_{TrigEff} не учитывалась.

Систематические ошибки

В текущем анализе изучались четыре источника систематических ошибок: масштабирование импульса, выравнивание времени каждого стрипа TOF400 на протонный пик, дополнительное выравнивание время-амплитудной зависимости для каждого стрипа TOF400 и фитирование фона неидентифицированных частиц.

Описание процедуры масштабирования импульса дано в разделе “Масштабирование импульса”. В качестве оценки систематической ошибки от масштабирования импульса использована величина

$$\sigma_{\text{Scal}} = |K^+/\pi^+(pq) - K^+/\pi^+(pq \rightarrow 0.96pq)|/2.$$

Описание процедуры выравнивания на протонный пик стрипов TOF400 дано в разделе “Выравнивание на протонный пик стрипов TOF400”. В

качестве оценки систематической ошибки от выравнивания на протонный пик использована величина

$$\sigma_{\text{Prot}} = |K^+/\pi^+(pq < 2) - K^+/\pi^+(2 < pq < 5)|/2,$$

где $K^+/\pi^+(pq < 2)$ получено для случая выравнивания стрипов TOF400 на протонный пик для $pq < 2$ ГэВ/ср, $K^+/\pi^+(2 < pq < 5)$ получено для случая выравнивания стрипов TOF400 на протонный пик для $2 < pq < 5$ ГэВ/ср.

Описание процедуры дополнительного выравнивания время-амплитудной зависимости стрипов TOF400 дано в разделе “Дополнительное выравнивание время-амплитудной зависимости стрипов TOF400”. В качестве оценки обсуждаемой систематической ошибки использована величина

$$\sigma_{t-A} = |K^+/\pi^+(t-A \text{ fit } 2\text{pol}1) - K^+/\pi^+(t-A \text{ fit } \text{pol}3)|/2,$$

где $K^+/\pi^+(t-A \text{ fit } 2\text{pol}1)$ получено после фитирования время-амплитудной зависимости функциями $\text{pol}1$ в двух интервалах амплитуд, $K^+/\pi^+(t-A \text{ fit } \text{pol}3)$ получено после фитирования время-амплитудной зависимости функцией $\text{pol}3$ для полного интервала амплитуд.

Получение фона от неидентифицированных частиц описано в разделе “Выделение K^+ ”. В качестве оценки систематической ошибки получения фона от неидентифицированных частиц использована величина

$$\sigma_{\text{unidBkg}} = |K^+/\pi^+(\text{Unid bkg fit } \text{pol}0) - K^+/\pi^+(\text{Unid bkg fit } \text{pol}1)|/2,$$

где $K^+/\pi^+(\text{Unid bkg fit } \text{pol}0)$ получено после фитирования фона неидентифицированных частиц функцией $\text{pol}0$, $K^+/\pi^+(\text{Unid bkg fit } \text{pol}1)$ получено после фитирования фона неидентифицированных частиц функцией $\text{pol}1$.

Полученные относительные систематические ошибки представлены в таблице 5.

Таблица 5: Относительные систематические ошибки извлечения отношения K^+/π^+ .

Source of systematic error	Momentum scaling	Strip corrections to protons	dt vs amplitude alignment fit	Unidentified background fit
Value, %	2.8	0.3	0.2	1.9

Из таблицы 5 видно, что основной вклад в систематическую ошибку даёт масштабирование импульса. Соизмеримый вклад в систематическую ошибку вносит извлечение фона неидентифицированных частиц. Вклад от коррекций для стрипов TOF400 незначителен. Общая относительная систематическая ошибка составляет около 3%. Она значительно меньше статистической ошибки, которая составляет не менее 12% по всем мишеням. **В дальнейшем анализе представлены ошибки без учёта систематических.**

На рис. 23 представлена зависимость $K^+/\pi^+(A)$ после усреднения по триггерам с учётом коррекции на эффективность триггеров (см. разделы “Коррекция на эффективность триггеров” и “Усреднение K^+/π^+ по двум триггерам”). На рисунке для каждой мишени показана статистическая и полная ошибки. Видно, что они практически совпадают.

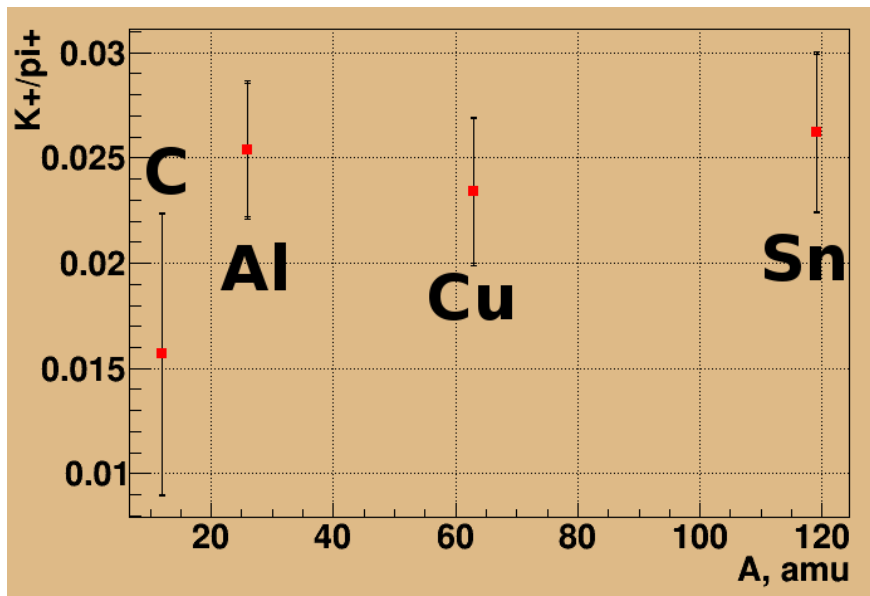


Рис. 23: Зависимость K^+/π^+ от атомной массы мишени, а.е.м., после усреднения по триггерам

Коррекция на акцептенс и распады K^+

Установка [BM@N](#) имеет ограниченный акцептенс. Также существенная часть K^+ распадается, не достигая TOF400, и поэтому не может быть идентифицирована. Чтобы скорректировать полученные данные, на эти

специфические для эксперимента BM@N особенности использованы данные моделирования.

Использован генератор частиц, основанный на Dubna Cascade Model-Quark Gluon String Model. Возможно, нужно добавить ещё какие-то настройки генератора (импакт-параметр и т.п.)? В качестве транспорта использован Geant3 (Geant4?). Используются детекторы GEM и TOF400 с геометрией, соответствующей сеансу на аргоном пучке. Разыгрывались столкновения аргонового пучка с медной мишенью при энергии, соответствующей сеансу на аргоном пучке.

Реконструкция сгенерированных событий не выполнялась.

На рис. 24, 25 представлены импульсные спектры K^+ и π^+ , извлечённые из экспериментальных данных и из моделирования.

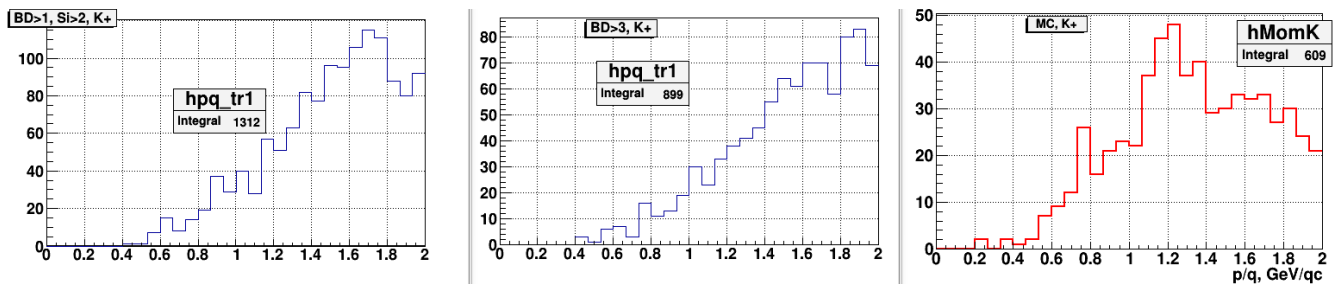


Рис. 24: Импульсные спектры K^+ , ГэВ/с. Для Trig1 – слева. Для Trig2 – посередине. Для моделирования - справа

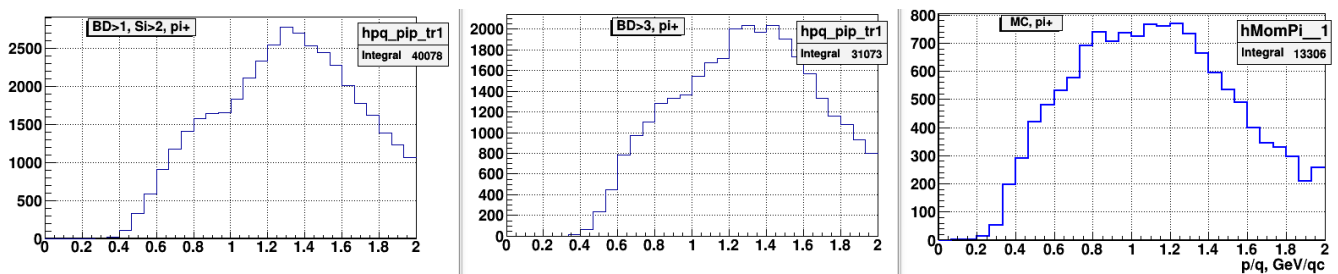


Рис. 25: Импульсные спектры π^+ , ГэВ/с. Для Trig1 – слева. Для Trig2 – посередине. Для моделирования - справа

Из результатов моделирования выбирались идентифицируемые треки. Здесь и далее идентифицируемые будем называть треки из первичной вершины, прошедшие минимум 5 плоскостей GEM и одну из

плоскостей TOF400, которые использованы при анализе экспериментальных данных.

Видно, что в анализе используются около 2200 K^+ , извлечённые в сеансе на аргонном пучке.

Необходимо актуализировать результаты моделирования (моделирования с реконструкцией) рис. 24-25, так как при получении использованных здесь распределений для моделирования допущена ошибка (при наборе минимум 5 хитов в GEM учитывались хиты в Si). Также необходимо добавить здесь кратко обсуждение совпадают ли результаты эксперимента и моделирования и почему.

На рис. 26 представлены моделированные спектры K^+ и π^+ , все сгенерированные треки из мишени и идентифицируемые треки.

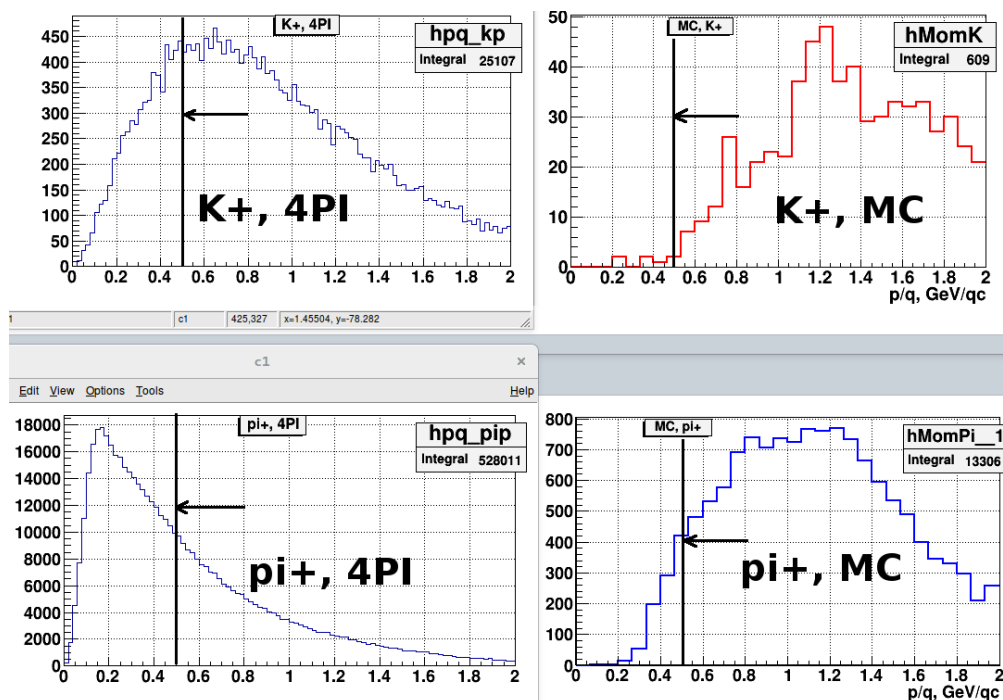


Рис. 26: Моделированные импульсные спектры, ГэВ/с. Для сгенерированных K^+ – слева сверху. Для сгенерированных π^+ – слева внизу. Для идентифицируемых K^+ - справа сверху. Для идентифицируемых π^+ - справа внизу

Вертикальная линия на всех распределениях обозначает нижнюю границу импульсного спектра, используемую для коррекции и взятую из экспериментальных спектров.

Для диапазона импульсов $0.5 < p < 2$ ГэВ/с получен коэффициент коррекции

$$C_{\text{AccCorr}} = K^+/\pi^+(\text{TOF400})/K^+/\pi^+(4\pi) = 0.5568,$$

где $K^+/\pi^+(\text{TOF400})$ – отношение K^+/π^+ , полученное для **идентифицируемых** треков, $K^+/\pi^+(4\pi)$ – отношение K^+/π^+ , полученное для сгенерированных треков.

$$K^+/\pi^+(A)$$

Для применения коррекции на акцептенс необходимо поделить отношение K^+/π^+ на коэффициент C_{AccCorr} , $(K^+/\pi^+)/C_{\text{AccCorr}}$. После учёта коррекции на эффективность триггеров (см. раздел “Коррекция на эффективность триггеров”) и коррекции на акцептенс и распады K^+ зависимость $K^+/\pi^+(A)$ имеет вид, представленный на рис. 27.

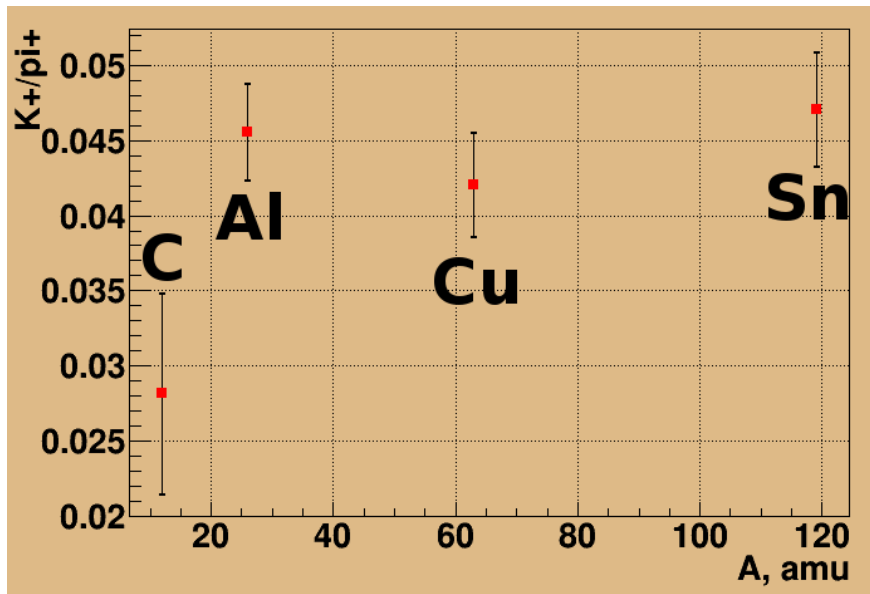


Рис. 27: Зависимость K^+/π^+ от атомной массы мишени, а.е.м., после усреднения по триггерам и учёта коррекции на акцептенс

Для всех мишеней использован один коэффициент коррекции C_{AccCorr} .

$$K^+/\pi^+(p)$$

Данные мишеней C, Al, Cu и Sn были объединены, после чего было построено распределение K^+/π^+ в 4-ёх импульсных бинах от 0.5 до 2 ГэВ/с. Бины были выбраны так, чтобы количество K^+ было примерно одинаковым.

При этом в каждом импульсном бине коррекции на эффективность триггеров (см. раздел “Коррекция на эффективность триггеров”) и коррекции на акцептенс и распады K^+ (см. раздел “Коррекции на акцептенс и распады K^+ ”) считались отдельно.

На рис. 28 приведено распределение $K^+/\pi^+(p)$.

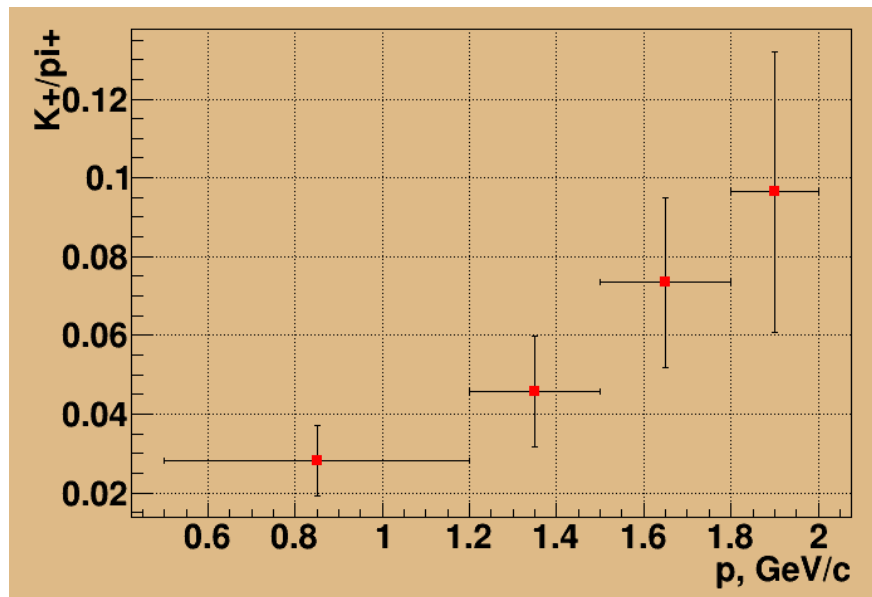


Рис. 28: Зависимость K^+/π^+ от импульса, ГэВ/с, после усреднения по триггерам и учёта коррекции на акцептенс

Для расчёта ошибок использована формула для случая, когда коэффициенты домножаются на измеренные отношения. В текущем анализе на указанные коэффициенты выполняется деление. Поэтому требуется пересчёт ошибок по верной формуле! (проверено, что численные значения для обеих формул расходятся не более, чем на 20%)

$$K^+/\pi^+(pt)$$

На рис. 29 представлены спектры по поперечному импульсу (pt) K^+ и π^+ , извлечённые из экспериментальных данных и из моделирования.

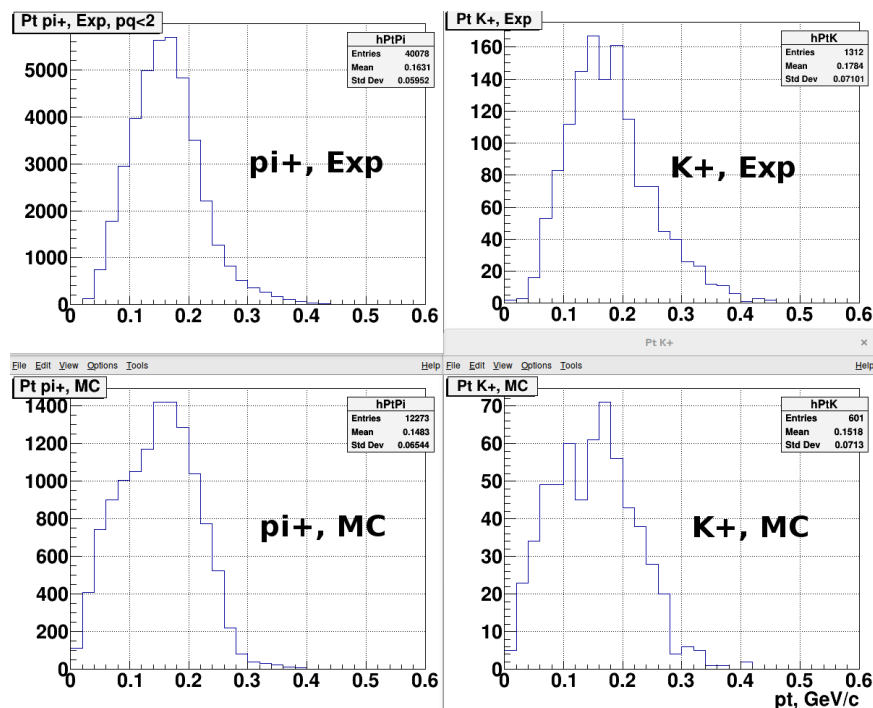


Рис. 29: Спектры по поперечному импульсу, ГэВ/с. Для π^+ и Trig1 – слева сверху. Для π^+ и моделирования – слева внизу. Для K^+ и Trig1 – справа сверху. Для K^+ и моделирования – справа внизу

Необходимо актуализировать результаты моделирования (моделирования с реконструкцией) рис. 29, так как при получении использованных здесь распределений для моделирования допущена ошибка (при наборе минимум 5 хитов в GEM учитывались хиты в Si). Также необходимо добавить здесь кратко обсуждение совпадают ли результаты эксперимента и моделирования и почему.

По аналогии с распределением $K^+/\pi^+(p)$ данные мишеней C, Al, Cu и Sn были объединены, после чего было построено распределение K^+/π^+ в 4-ёх бинах по pt от 0.05 до 0.4 ГэВ/с. Бины были выбраны так, чтобы количество K^+ было примерно одинаковым.

При этом в каждом бине по p_t коррекции на эффективность триггеров (см. раздел “Коррекция на эффективность триггеров”) и коррекции на акцептенс и распады K^+ (см. раздел “Коррекции на акцептенс и распады K^+ ”) считались отдельно.

На рис. 30 приведено распределение $K^+/\pi^+(p_t)$.

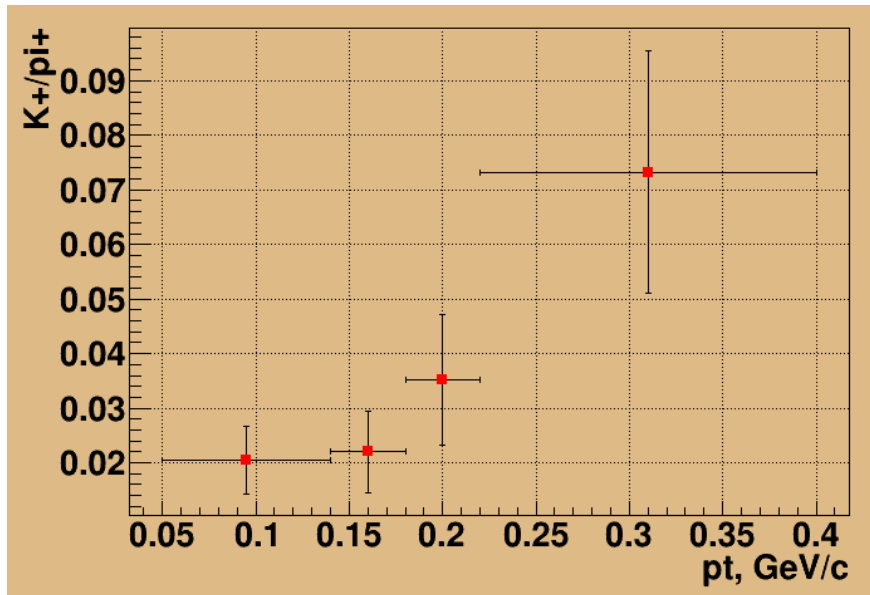


Рис. 28: Зависимость K^+/π^+ от поперечного импульса, ГэВ/с, после усреднения по триггерам и учёта коррекции на акцептенс

Для расчёта ошибок использована формула для случая, когда коэффициенты домножаются на измеренные отношения. В текущем анализе на указанные коэффициенты выполняется деление. Поэтому требуется пересчёт ошибок по верной формуле!