

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТНЫХ ДЕТЕКТОРОВ ДЛЯ ТЕСТОВОЙ ЗОНЫ ЛИНАК-200

М.И. Госткин, А.В. Гуськов, А.С. Кузьменко

29.10.2024

Научный центр	Год создания ускорителя / пучков	Тип частиц	Диапазон энергий, ГэВ	$dP/P, \%$	Количество оборудованных линий
BTF (Фраскати, Италия)	1997/2003	e^\pm	0.025-0.75	1	1
ELHP (Тохоку, Япония)	1997/2006	e^\pm	< 0.85	1	1
BEPC-II (ИФВЭ АН КНР, Пекин)	2008	e^- e^\pm (втор.)	1.1-1.5 0.4-1.2	1	3
FTBL (КЕК, Япония)	1998/2007	e^-	0.5-3.4	0.4	1
DESY-II (Германия)		e^-	1-6	1	3
CERN PS (Швейцария)	1960	$e, \text{ адроны}, \mu$	1-15		4
CERN SPS (Швейцария)	1976	$e, \text{ адроны}, \mu$	10-400		4
FTBF (FNAL, США)	1999	e^-, π^-, μ	1-66		1
SLAC (США)	1999	e^- $e, \text{ адроны}$ (втор.)	13.6 0.1-13.6	0.1-1.3	1
ИФВЭ (Протвино, РФ)	1967	$e, \text{ адроны}, \mu$	1-45		4
ИЯФ СО РАН (Новосибирск, РФ)	1994/2012	e^-	0.1-3.5	1.8-2	1
ФИАН (Троицк, РФ)	1974	e^-	0.3-1.3		0
ЕрФИ (Армения)	1967	e^-	0.075 6		0
LINAC-200 (ОИЯИ)	1975/2023	e^-	0.02-0.8		6 2

ЛИНАК-200

118 корпус ЛНФ

- Инжектор;
- Группирователь;
- 4 ускоряющих секций (A01-A04);
- ВЧ-питание ускорителя (модуляторы);
- Системы охлаждения и термостабилизации;
- Высоковольтный источник питания электронной пушки;
- Пульт управления ускорителя.

Параметры

- Энергетический разброс – 1%;
- Интенсивность пучка – от единиц до 10^{13} электрон/с;
- Максимальный средний ток 2.5 мкА;
- Получение фотонных и нейтронных пучков.



КАНАЛЫ ВЫВОДА ПУЧКА

Параметры

- Фокусировка с размером фокусного пятна менее 1 мм;
- Дефокусировка в области 20 см x 20 см;
- Изменение не более чем на 5% при проведении измерений.

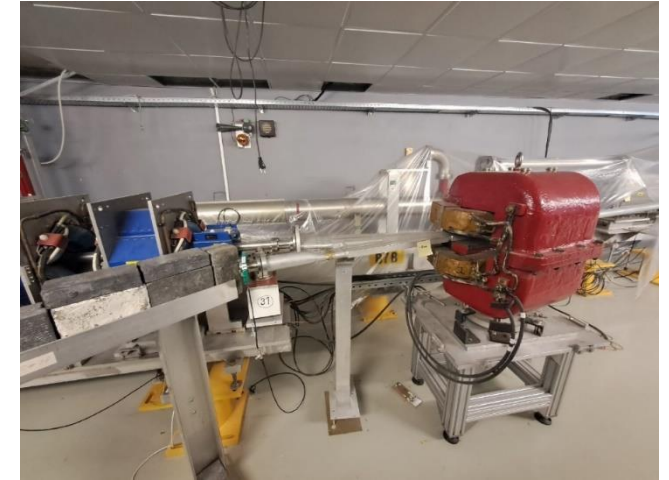
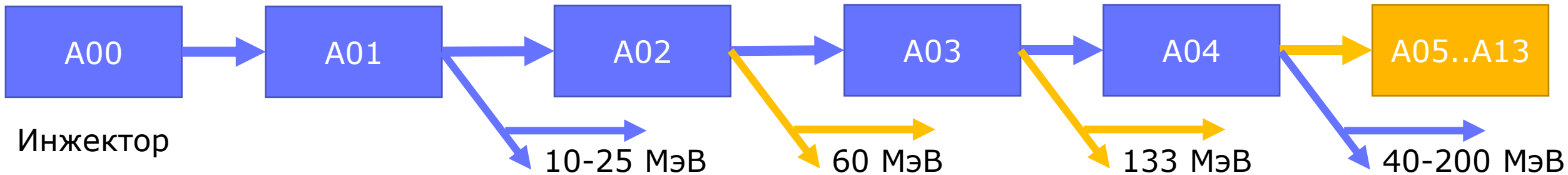


Схема вывода пучков



Каналы

- 1) 10-25 МэВ
- 2) 40-200 МэВ
- 3) 60 МэВ
- 4) 133 МэВ
- 5) 427 МэВ
- 6) 795 МэВ

Планы

Параметр	Канал	
	A01	A04
Длительность импульса, мкс	0.2-3.5	
Максимальный ток, мА	60	40
Частота импульса, Гц	1-50	1-25

ИМЕЮЩИЕСЯ ЗАПРОСЫ

1. Исследование полупроводниковых детекторов для вершинного трекера экспериментов MPD и SPD.
2. Калибровка модулей электромагнитного калориметра для эксперимента SPD.
3. Исследование характеристик детекторов для строу-трекера установки SPD.
4. Исследование характеристик газовых детекторов типа bulk Microegas для экспериментов SPD и AMBER.
5. Калибровка детекторов для эксперимента COMET на пучках электронов низкой интенсивности с энергией до 100 МэВ.
6. Калибровка дозиметрических приборов в интересах СНИИП.

ТЕСТИРОВАНИЕ ДЕТЕКТОРОВ

1. Режим высокой интенсивности

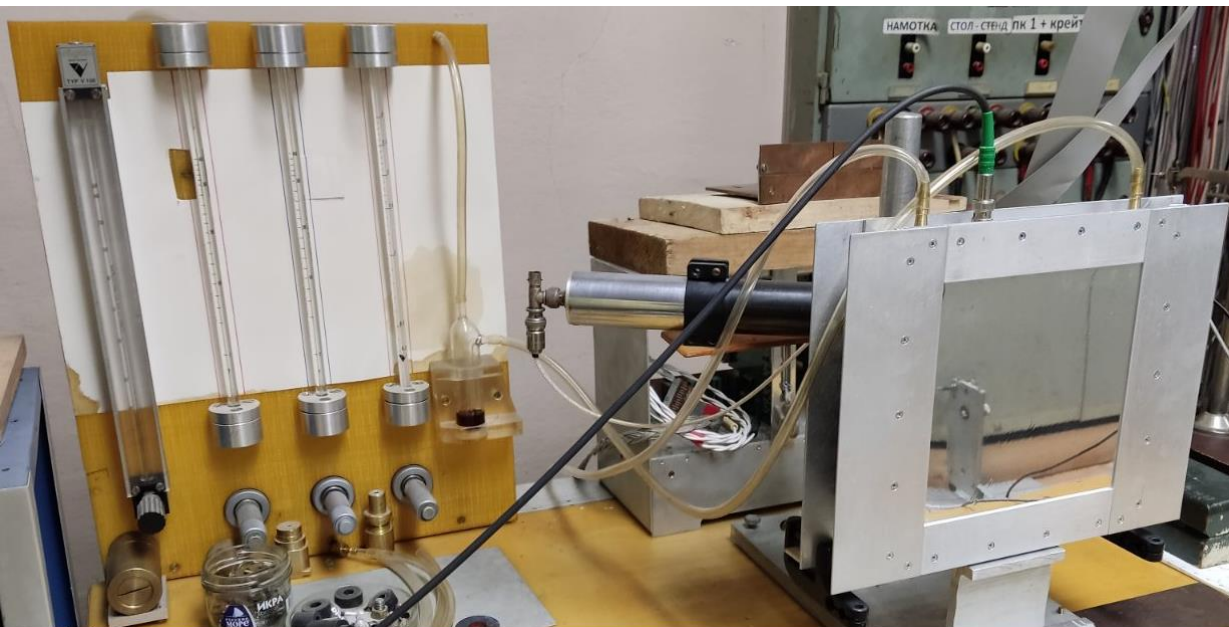
- Исследование радиационной стойкости детектора

2. Режим низкой интенсивности

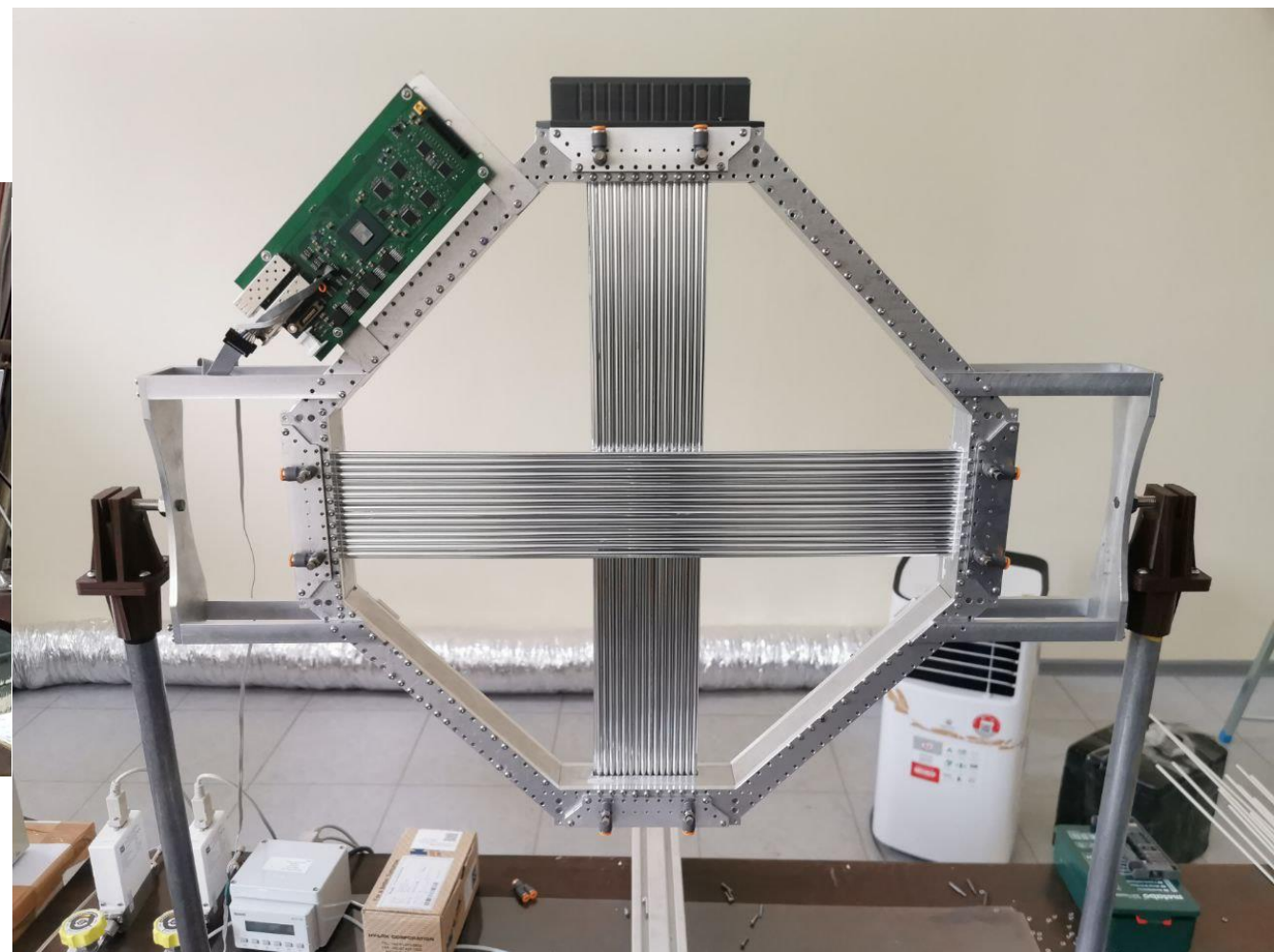
- Координатное разрешение тестируемого детектора
- Энергетическое и временное разрешение
- Изучение свойств тестируемого детектора
- Распределение дозы облучения по площади детектора

Оптимизация системы координатных детекторов
проведена для режима низкой интенсивности

УЗКОАЗОРНАЯ МНОГОПРОВОЛОЧНАЯ ПРОПОРЦИОНАЛЬНАЯ КАМЕРА¹



ДРЕЙФОВАЯ СТРОУ- КАМЕРА²



¹Gushchin E.M., Musienko Y.V., Poblaguev A.A., Komissarov E.V., Serdyuk V.Z., Zalikhonov B.Z. Fast beam chambers of the setup ISTR-M // Nucl. Instrum. Meth. A. — 1994. — V. 351. — P. 345–348.

²Volkov A., Evtoukhovich P., Kravchenko M., Kuno Y., Mihara S., Nishiguchi H., Pavlov A., Tsamalaidze Z. Properties of straw tubes for the tracking detector of the COMET experiment // Nucl. Instrum. Meth. A. — 2021. — V. 1004. — P. 165242.

КООРДИНАТНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ

Исследуемые конфигурации

1. Две узкоззорных многопроволочных пропорциональных камеры (УМПК);
2. Камеры на основе дрейфовых строу-трубок эксперимента СОМЕТ;
3. Первая камера – УМПК, вторая камера на основе дрейфовых строу-трубок.

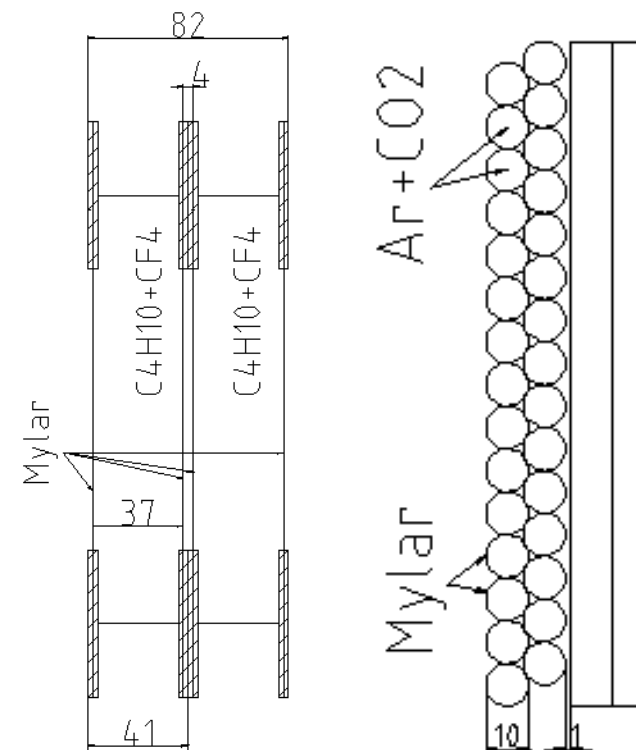
Параметры камер

Параметр	УМПК	Строу-камера
Рабочий газ	C_4H_{10} (20%) + CF_4 (80%)	Ar (30%) + CO_2 (70%)
Шаг проволочек, мм	0.9	10
Координатное разрешение, мм	0.26	0.15
Толщина детектора d , мм	41	18.66
Средняя толщина детектора, 10^{-3} г/см ²	26.2	20.6
Средняя толщина детектора, 10^{-4} X_0	7.35	5.94

Вклад различных материалов в среднюю толщину детектора, 10^{-4} x/X_0

	Майлар	Рабочий газ	Проволочки	Алюминий	Углерод	Всего
УМПК	2.23	3.84	0.14	0.67	0.47	7.35
Строу	4.36	1.25	0.28	0.05	–	5.94

2 станции по 2 камеры (X, Y)



УМПК

Строу-камера

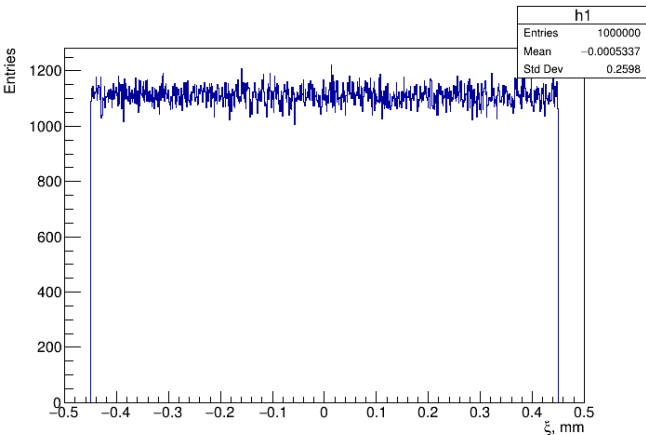
МОДЕЛИРУЕМЫЕ ПРОЦЕССЫ

GEANT4 версии 11.1, G4EmStandardPhysics

Учитывались

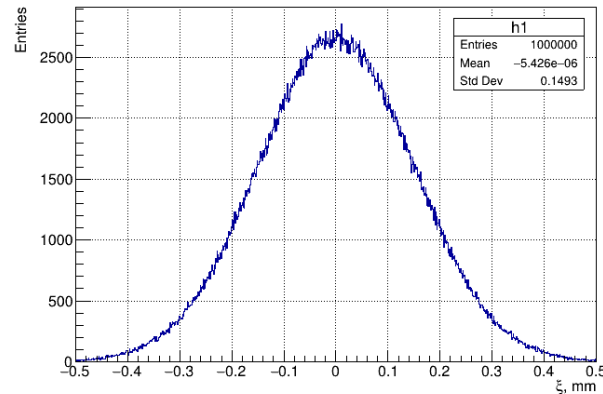
1. Многократное рассеяние электронов
2. Разрешение камер

УМПК



Равномерное распределение от -0.45 до 0.45 мм

Строу-камера



Нормальное распределение с $\mu=0$, $\sigma=0.15$ мм

3. Ионизация

Не учитывались

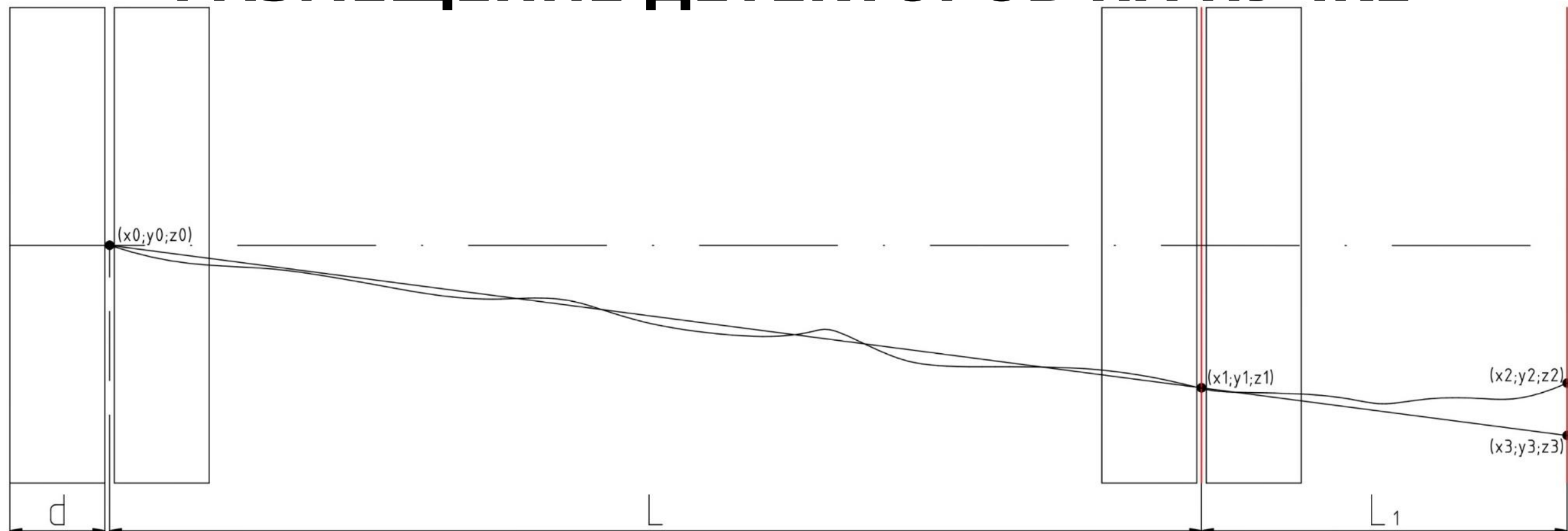
4. Тормозное излучение

Энергия, МэВ	УМПК	Строу-камера
25	20 кэВ	15 кэВ
200	150 кэВ	120 кэВ
795	590 кэВ	480 кэВ

Критическая энергия

УМПК: 111 МэВ
Строу-камера: 55 МэВ

РАЗМЕЩЕНИЕ ДЕТЕКТОРОВ НА ПУЧКЕ



Параметры:

1. многократное рассеяние электронов;
2. разрешение камер;
3. воздух;
4. материал детектора.

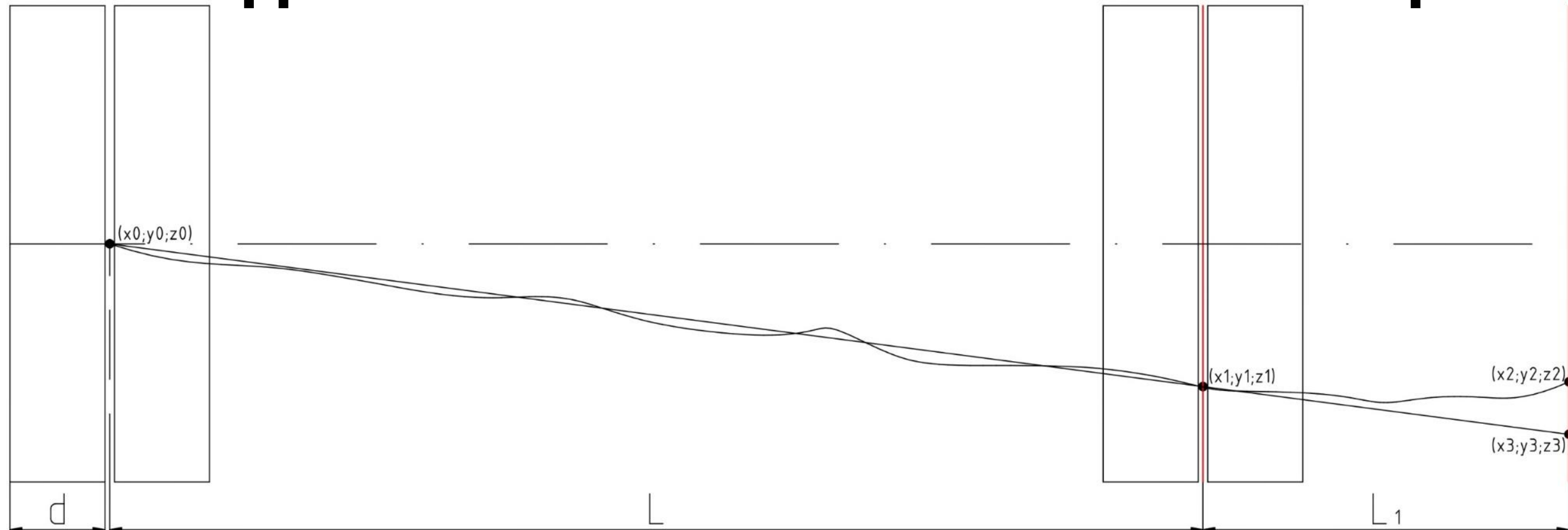
1. Фиксированная энергия электронов:

- расстояние между станциями L ;
- расстояние до тестируемого детектора L_1 .

2. Фиксированные энергия электронов и расстояние до тестируемого детектора L_1 :

- расстояние между станциями L ;
- вклады параметров в точность.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



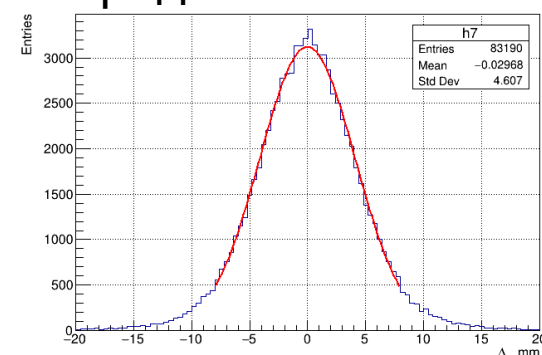
1. Моделирование прохождения электронов через детекторы в GEANT4

2. Учёт погрешности разрешения камер тестовой зоны

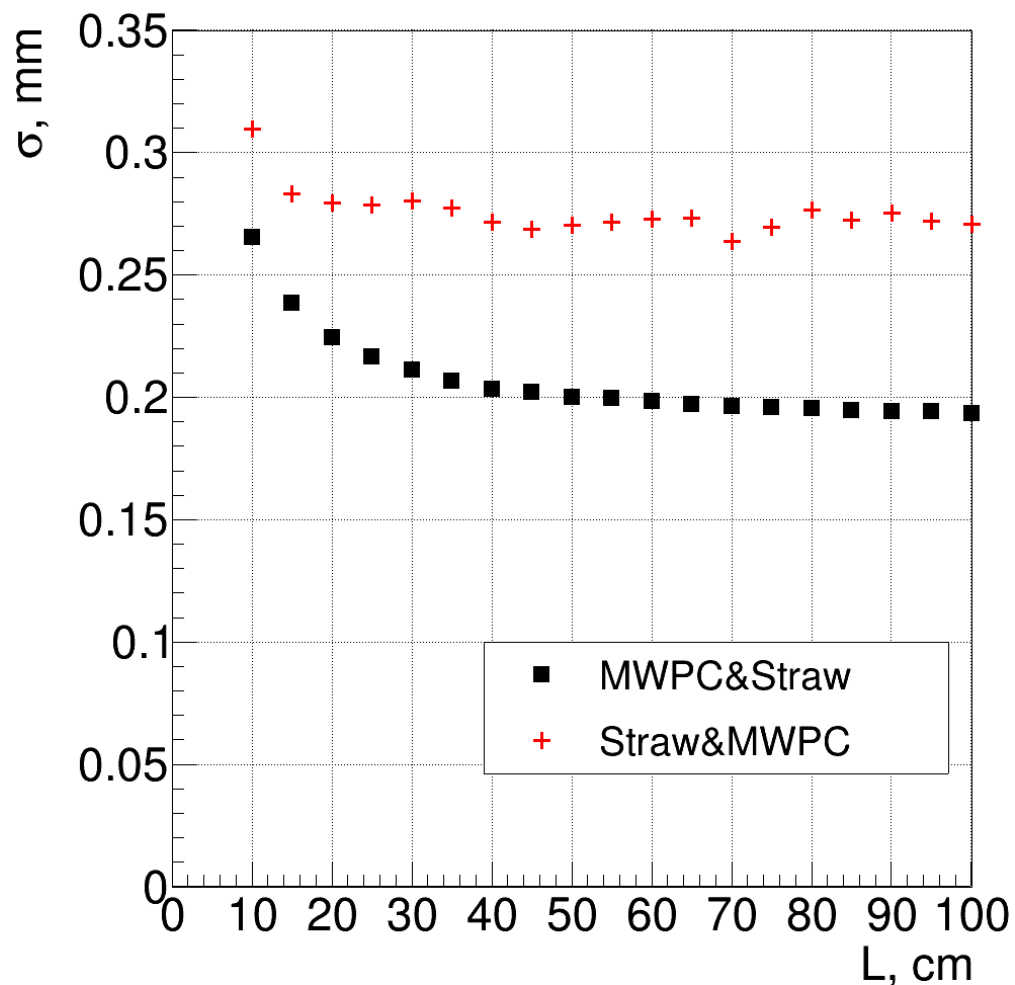
3. Экстраполяция до плоскости тестируемого детектора

4. Вычисление невязки

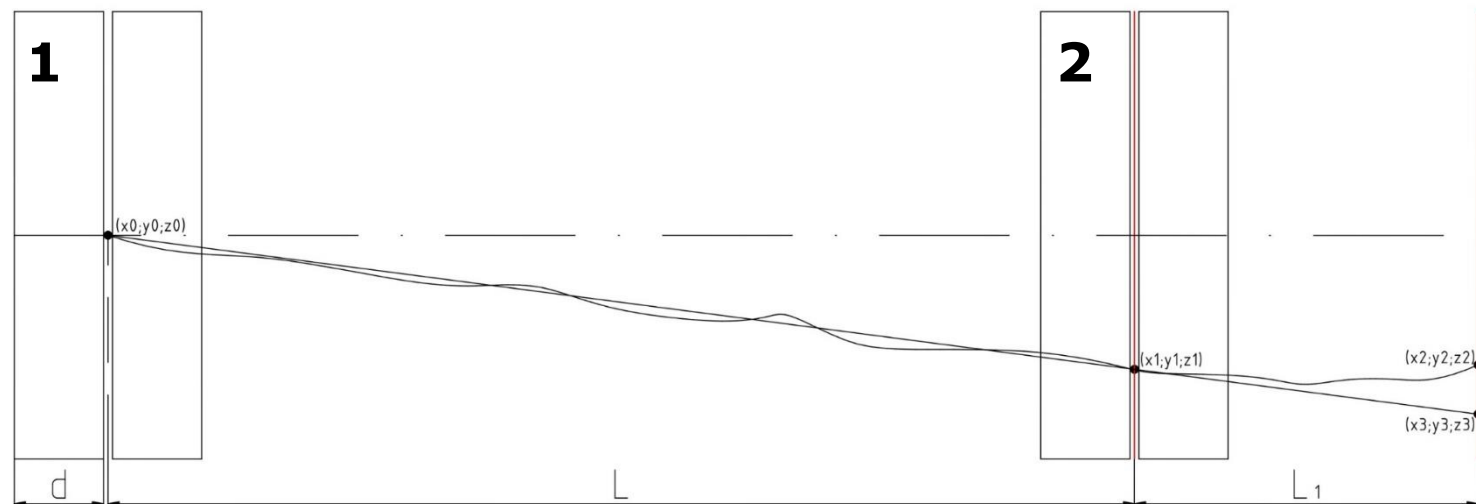
$$\Delta_x = x_3 - x_2$$



КОНФИГУРАЦИИ ДЕТЕКТОРОВ



$E = 795$ МэВ, $L_1 = 5$ см



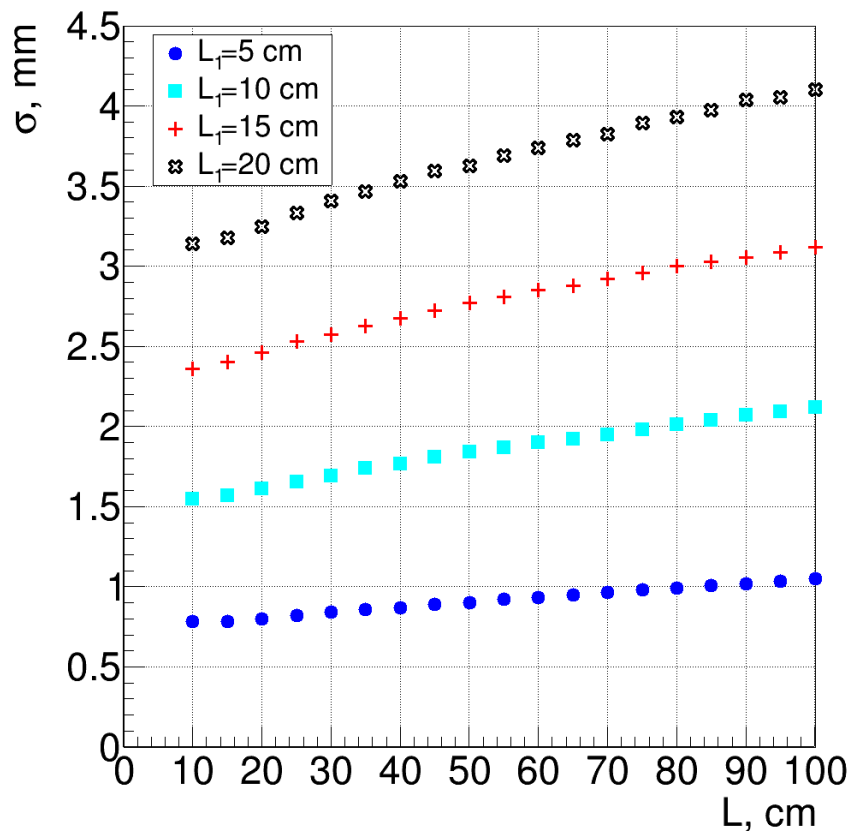
Влияние:

Станция 1: Координатное разрешение
Станция 2: Толщина детектора

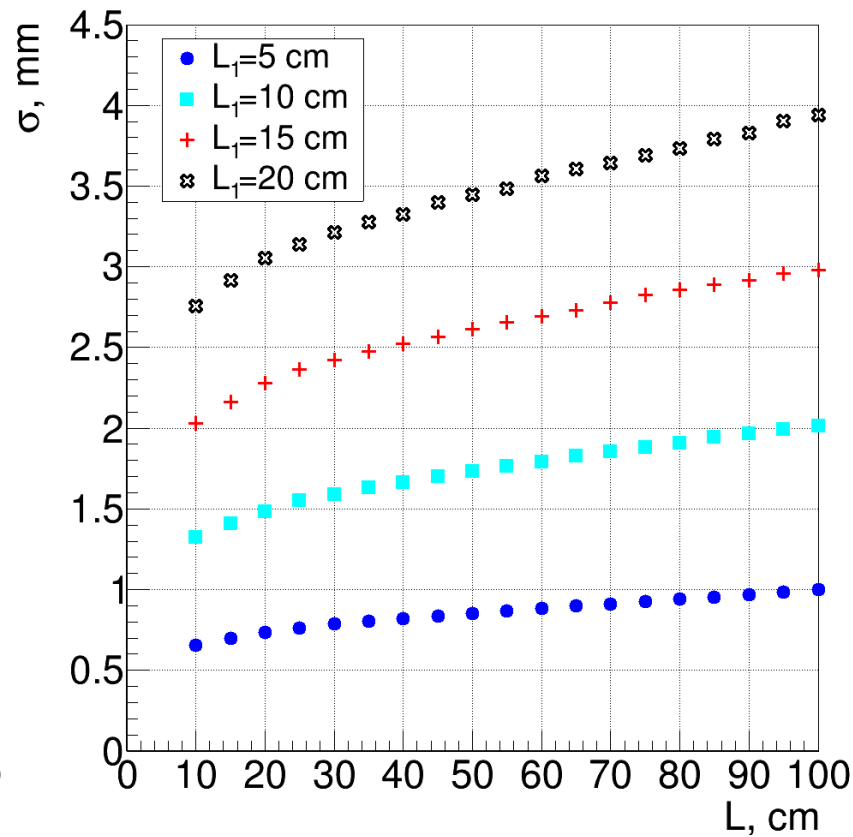
Конфигурации:

1. 2 станции УМПК;
2. 2 станции строу-камер;
3. 1 – УМПК, 2 – строу-камера.

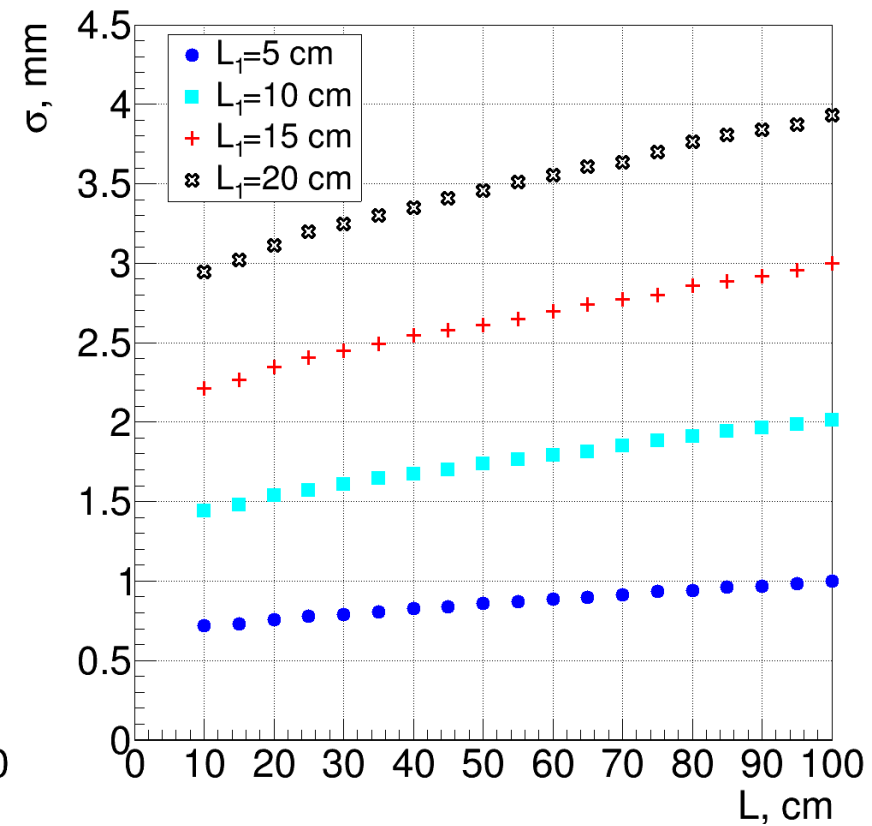
ТОЧНОСТЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



УМПК



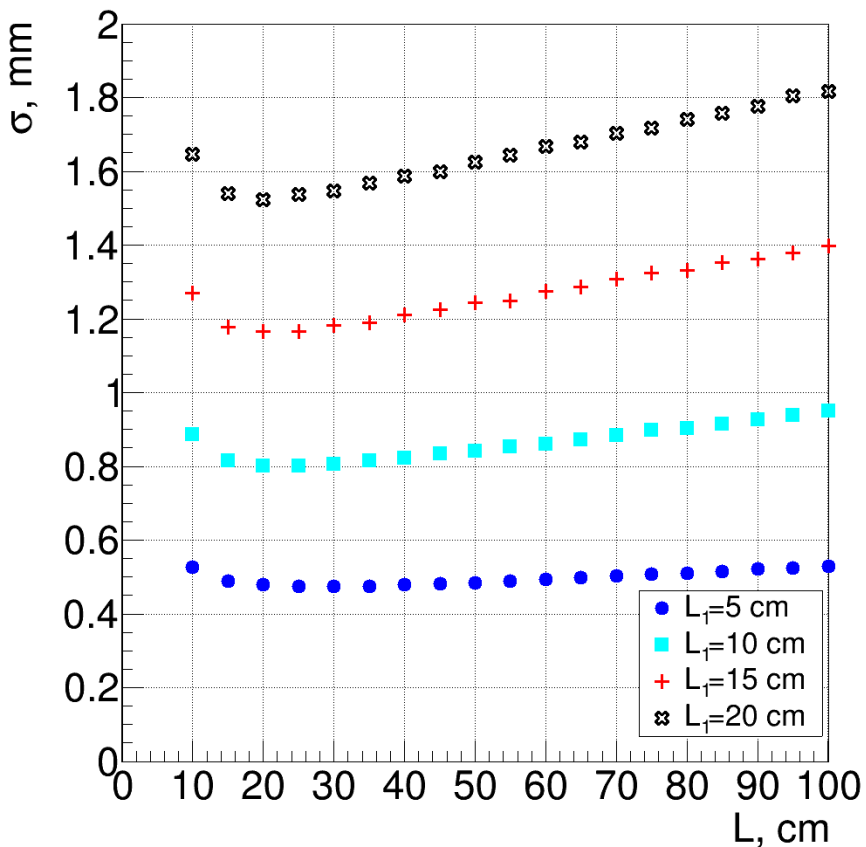
Строу-камера



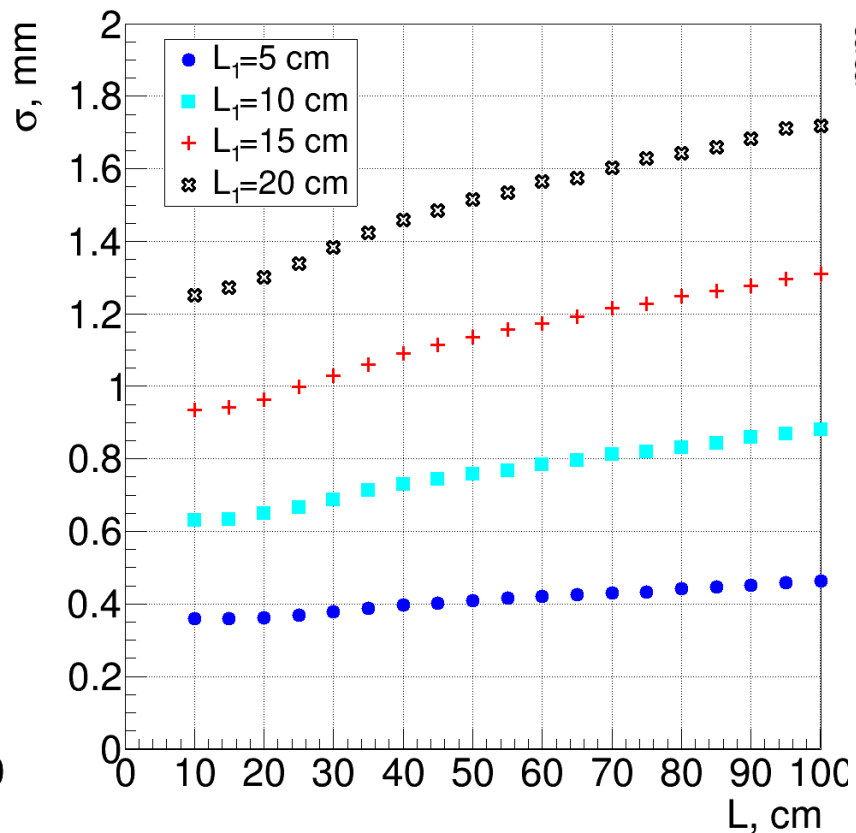
УМПК и строу-камера

$E = 25$ МэВ

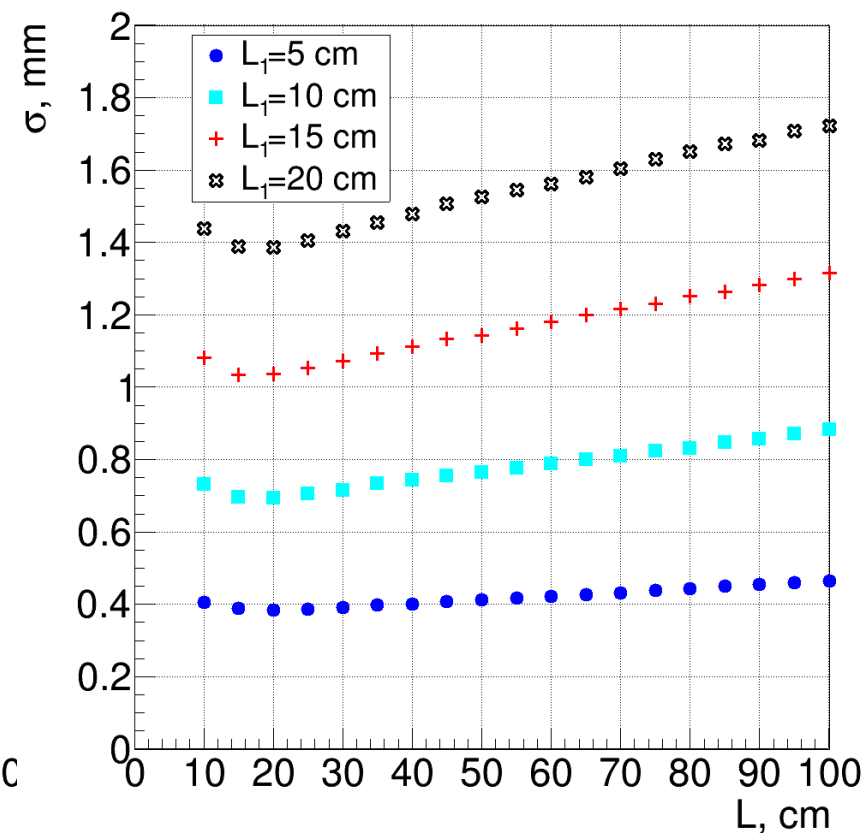
ТОЧНОСТЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



УМПК



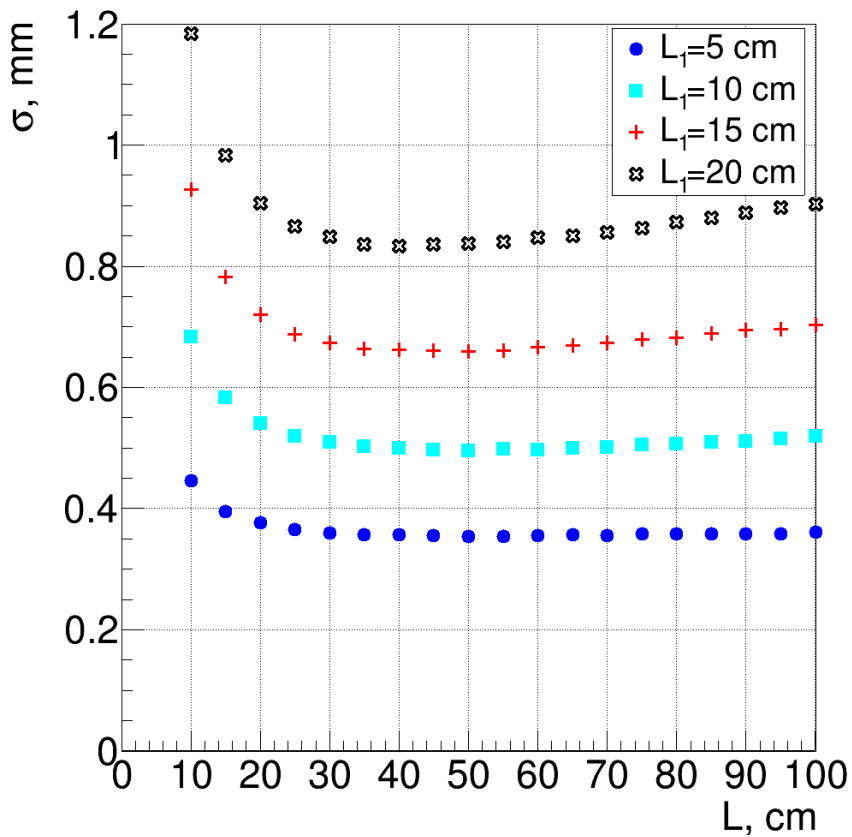
Строу-камера



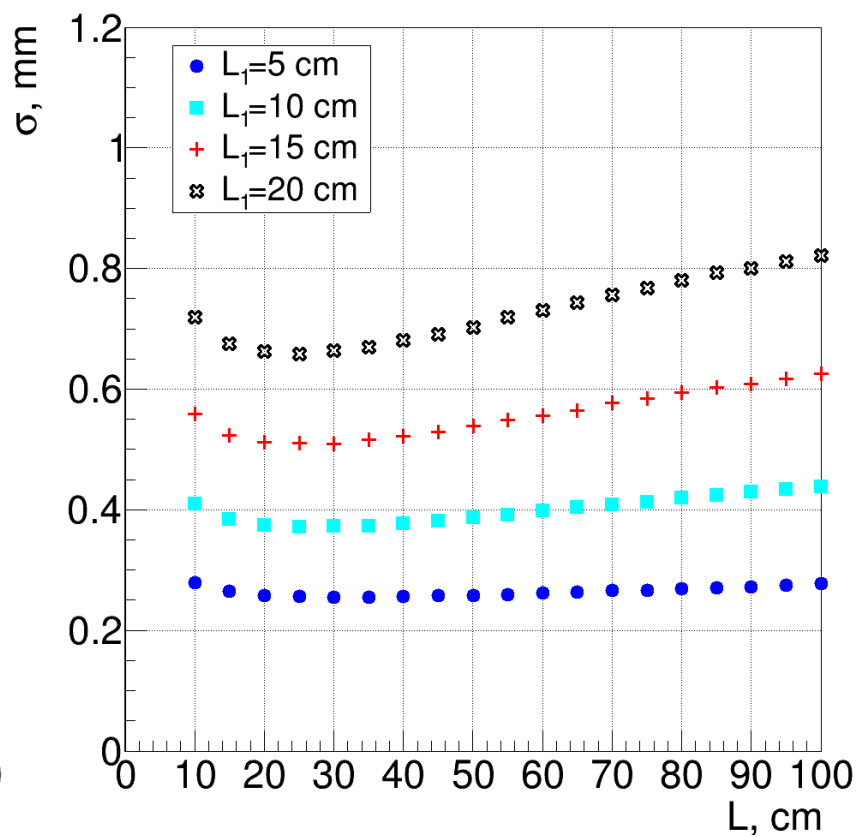
УМПК и строу-камера

$E = 60$ МэВ

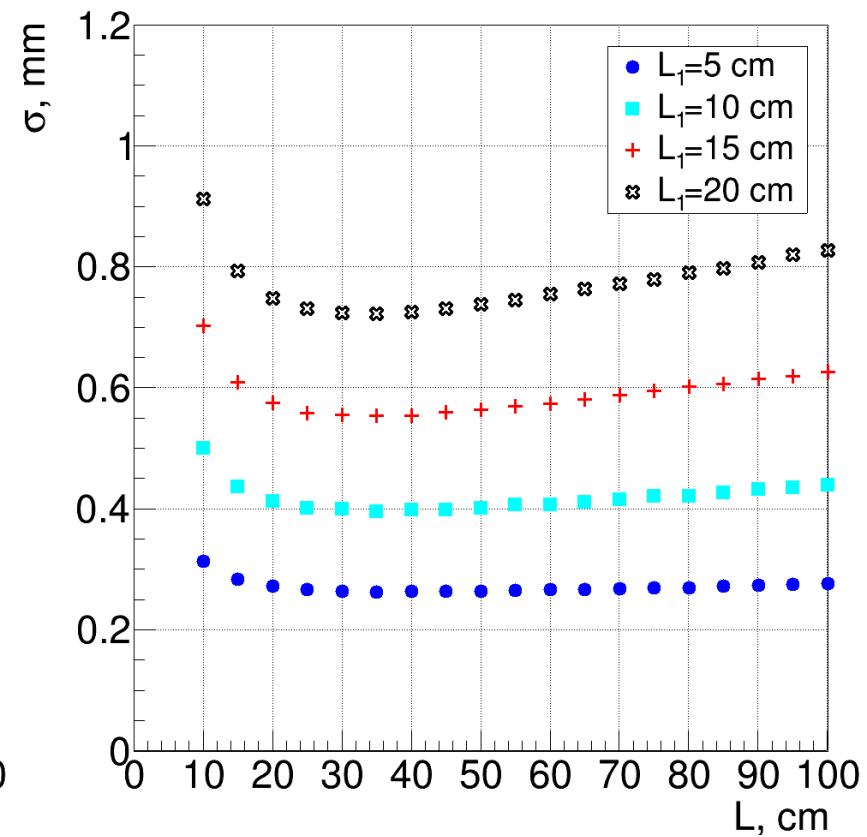
ТОЧНОСТЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



УМПК



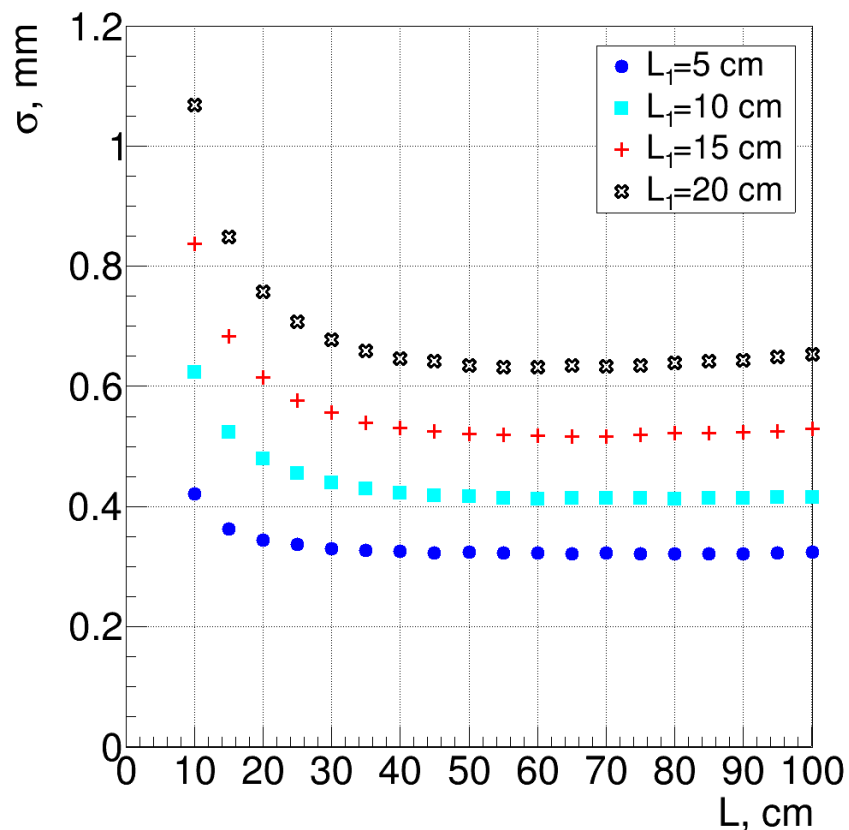
Строу-камера



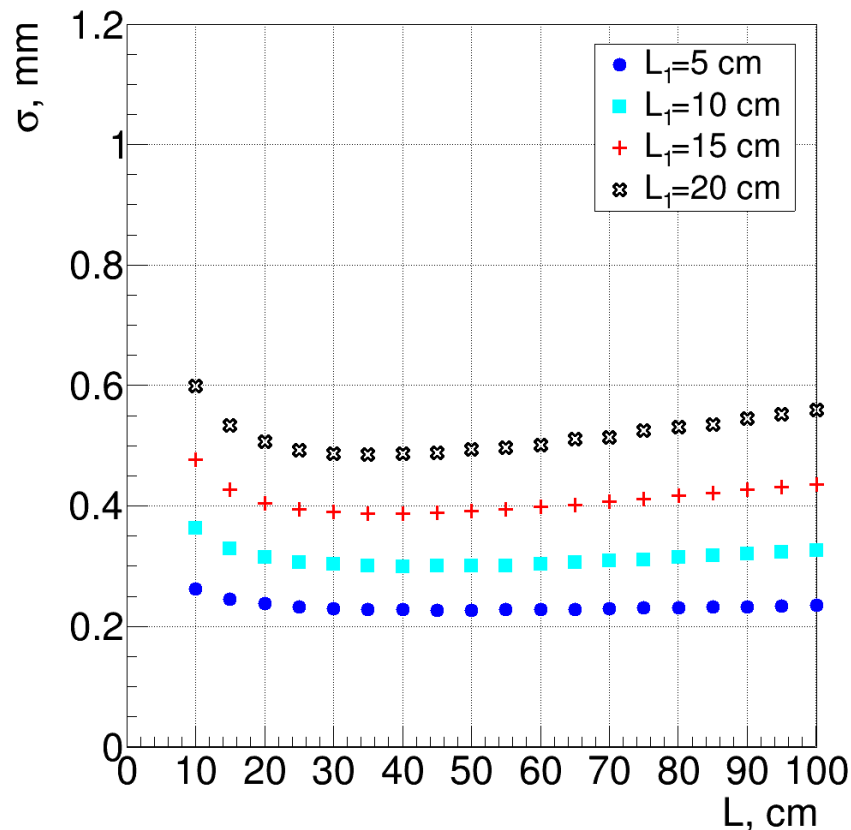
УМПК и строу-камера

$E = 130$ МэВ

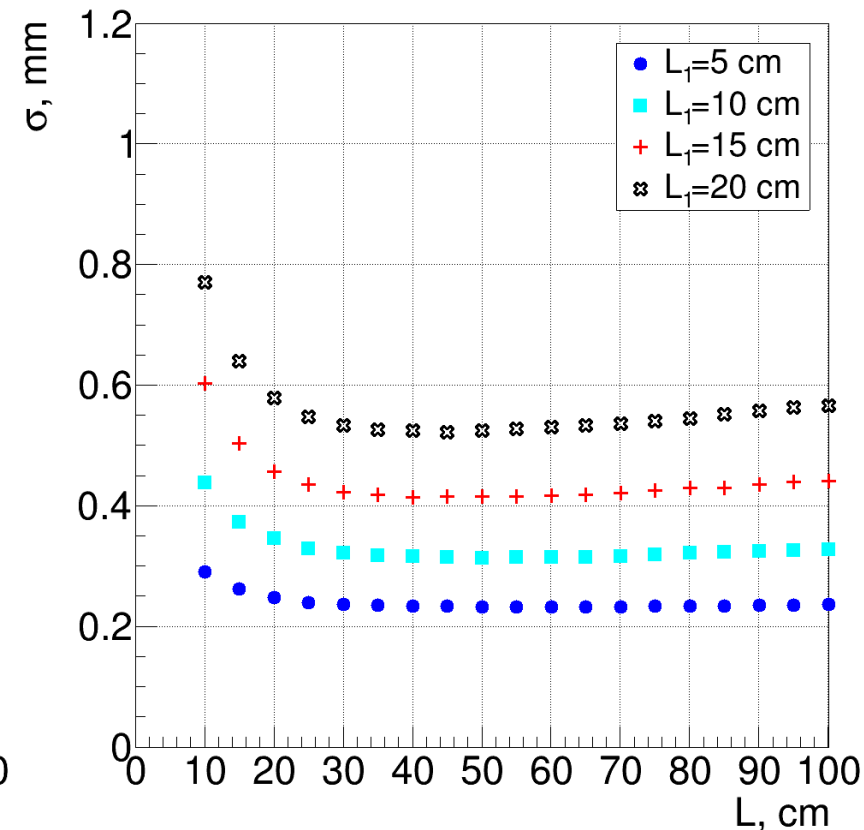
ТОЧНОСТЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



УМПК



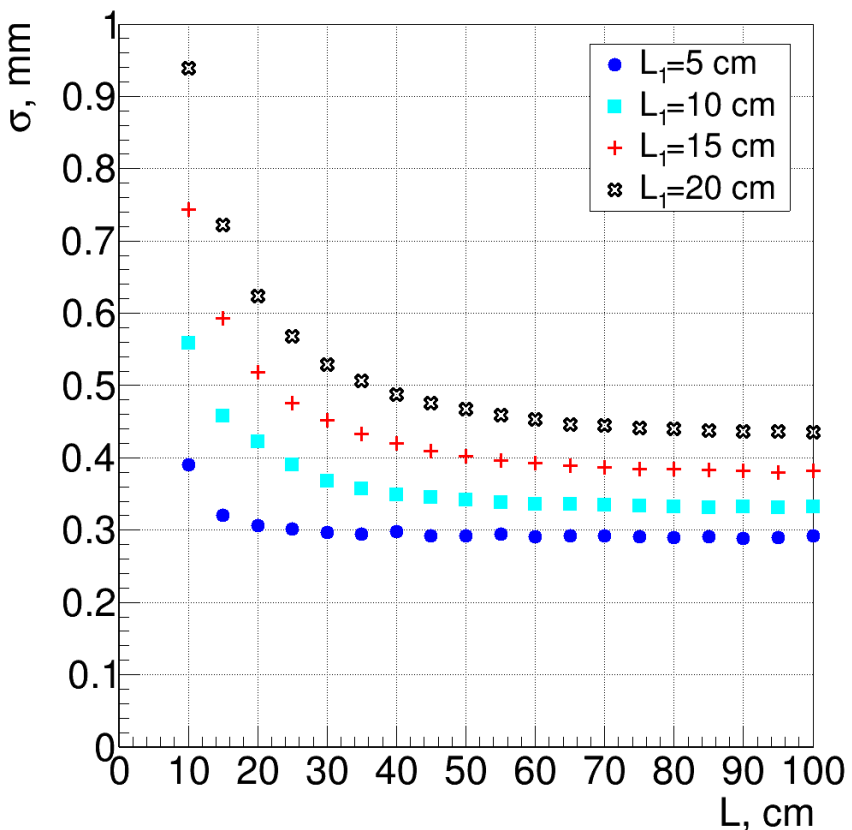
Строчу-камера



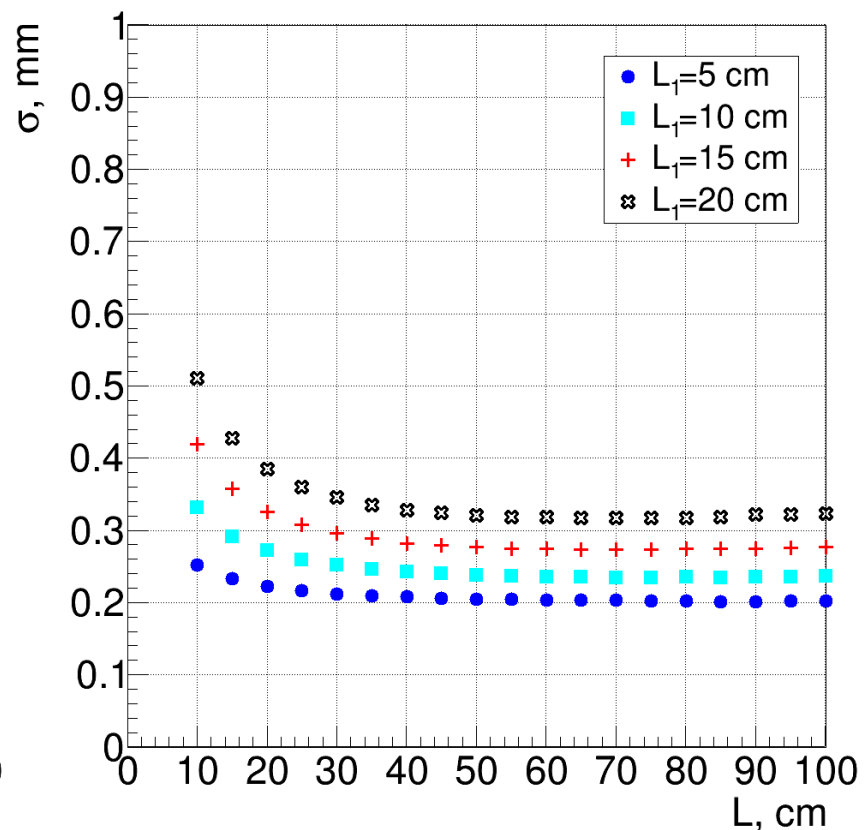
УМПК и строчу-камера

$E = 200$ МэВ

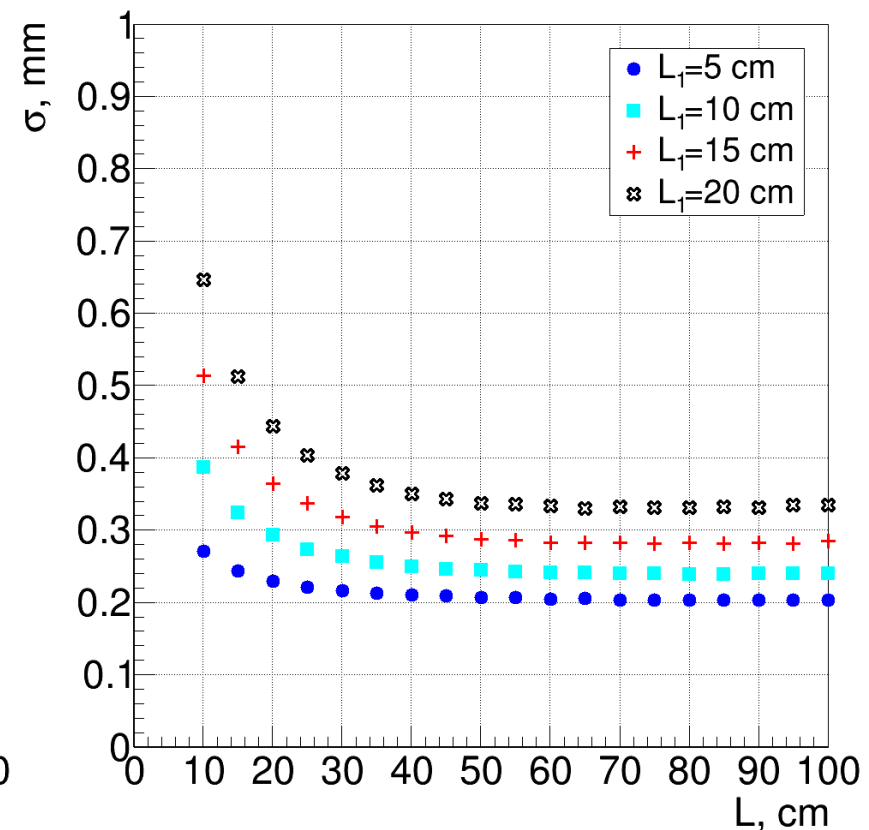
ТОЧНОСТЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



УМПК



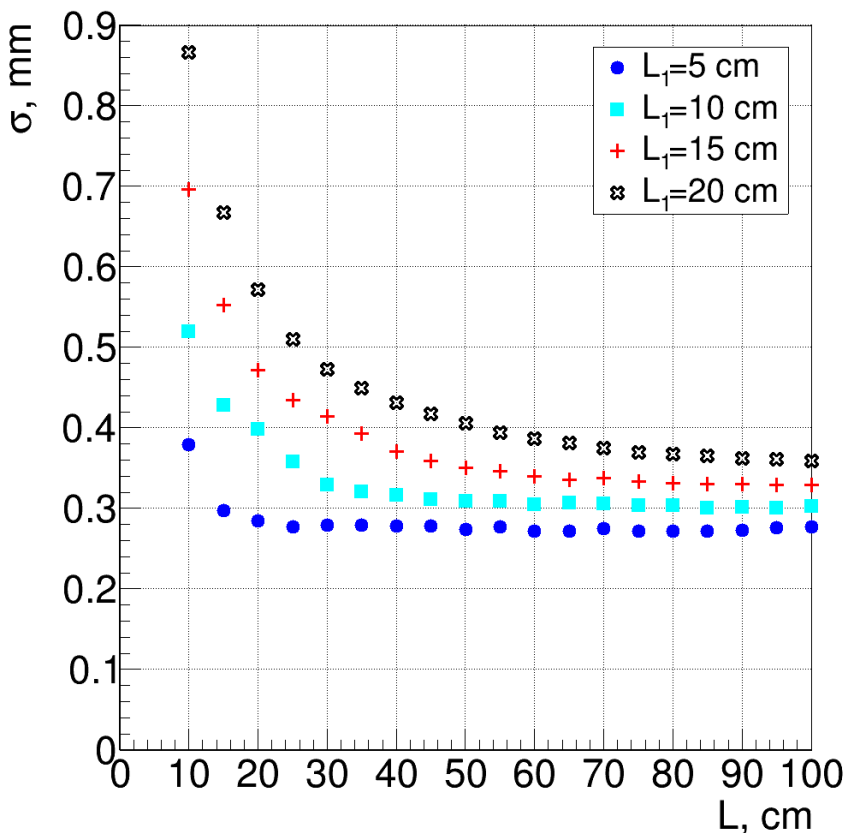
Строу-камера



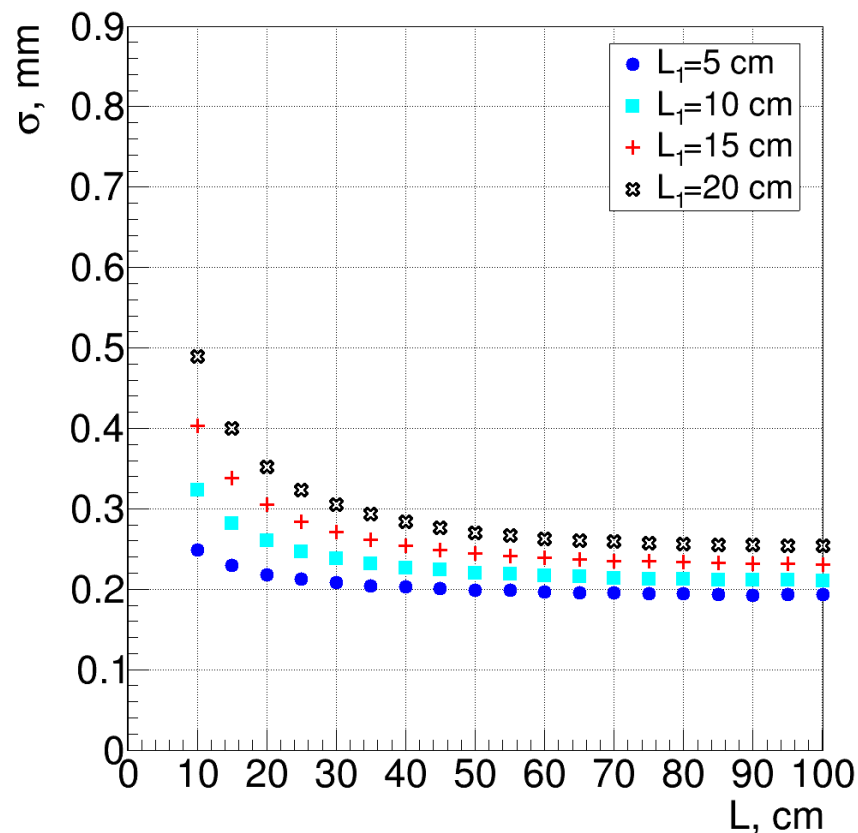
УМПК и строу-камера

$E = 427$ МэВ

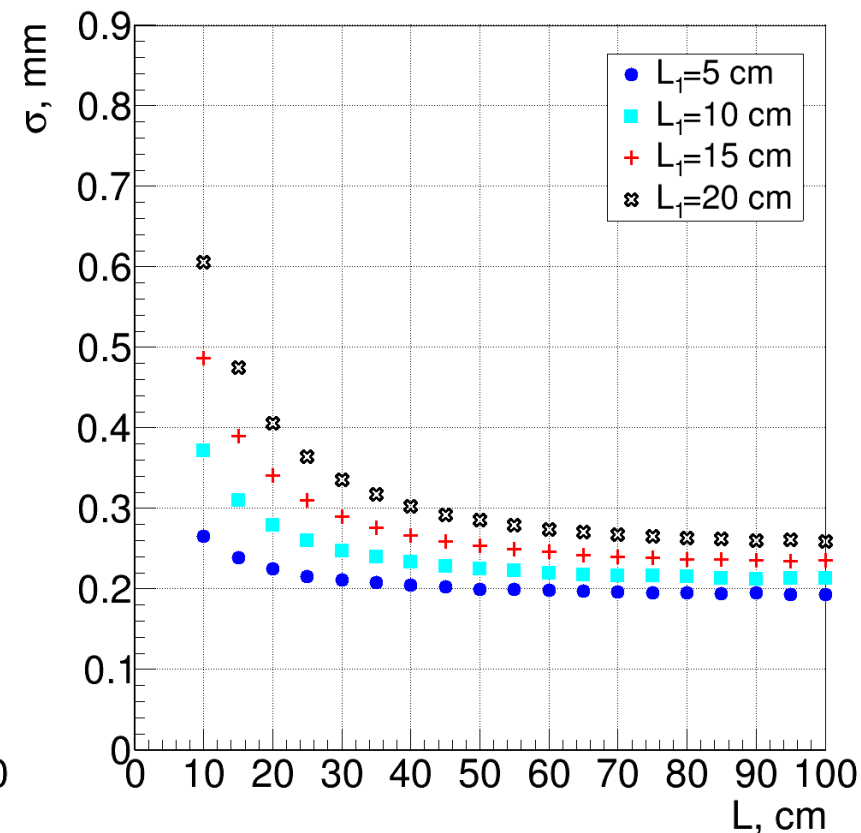
ТОЧНОСТЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



УМПК



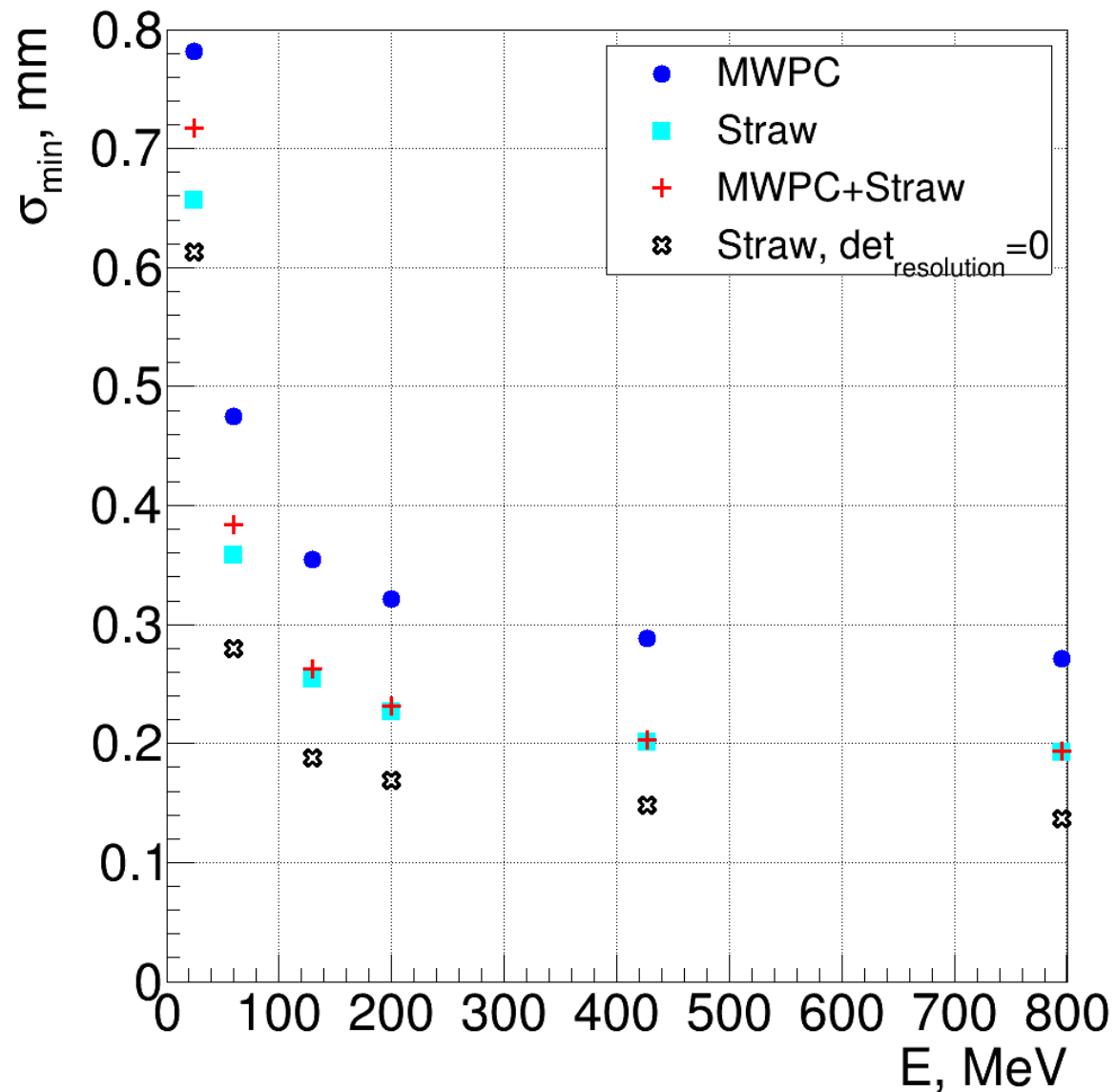
Строу-камера



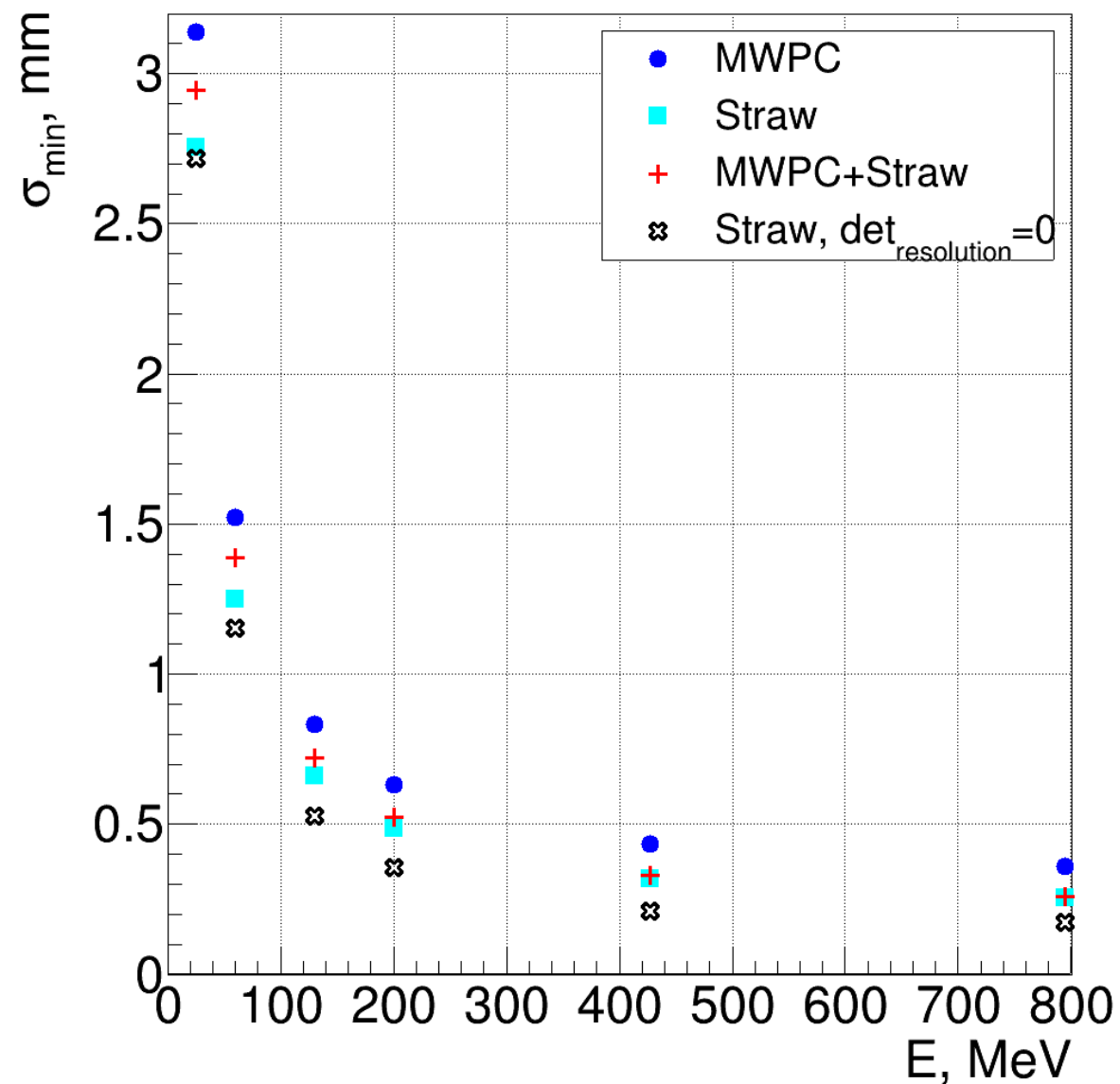
УМПК и строу-камера

$E = 795$ МэВ

МАКСИМАЛЬНАЯ ТОЧНОСТЬ

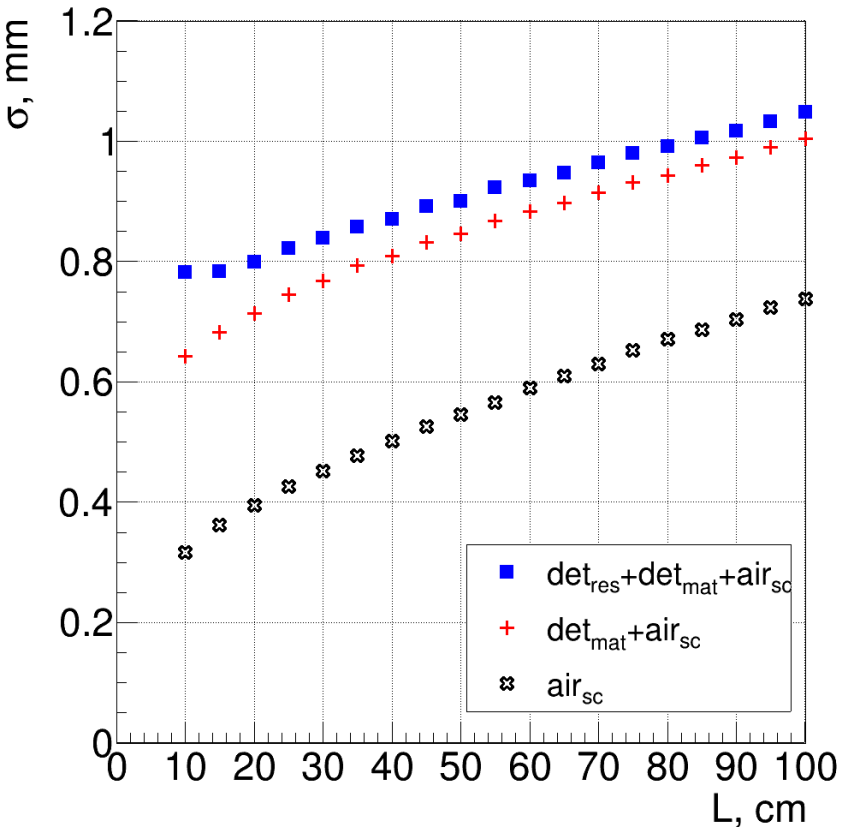


$L_1 = 5$ cm

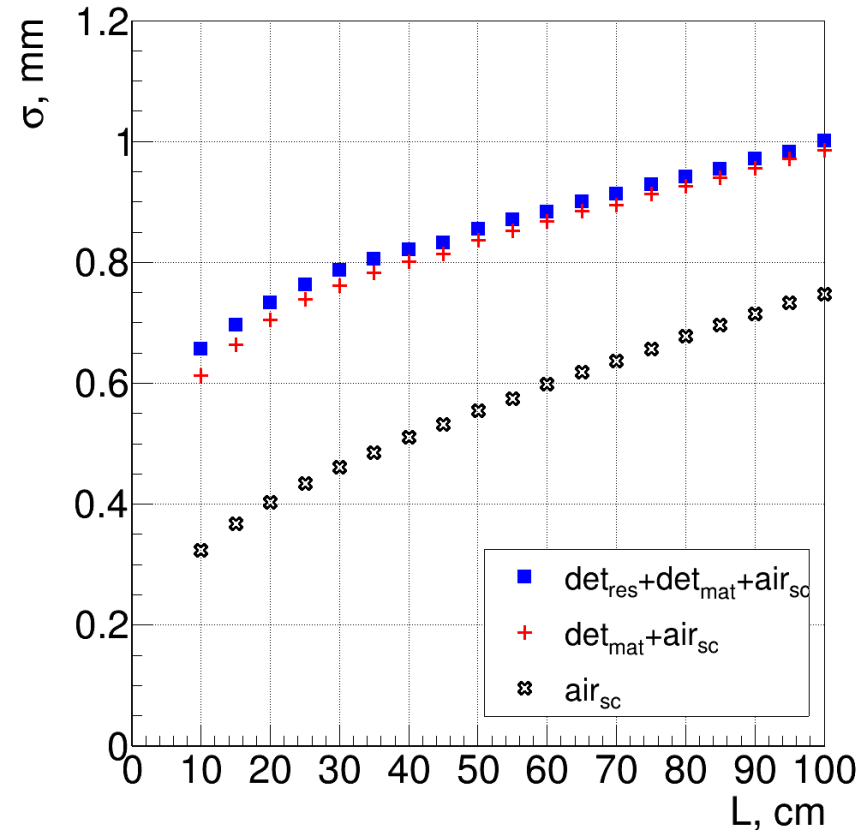


$L_1 = 20$ cm

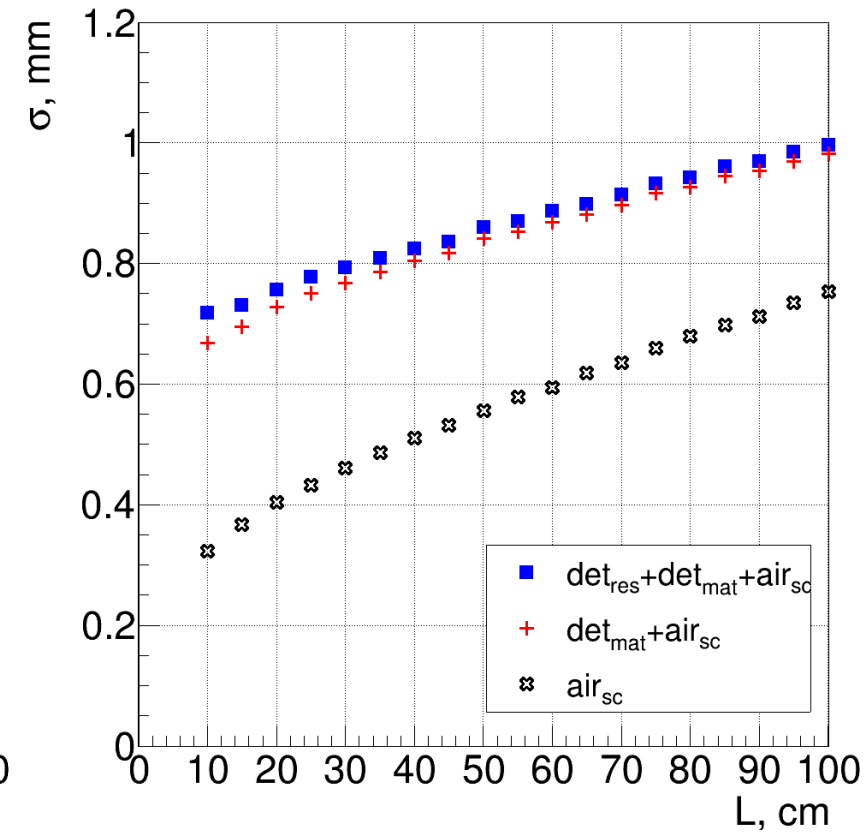
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



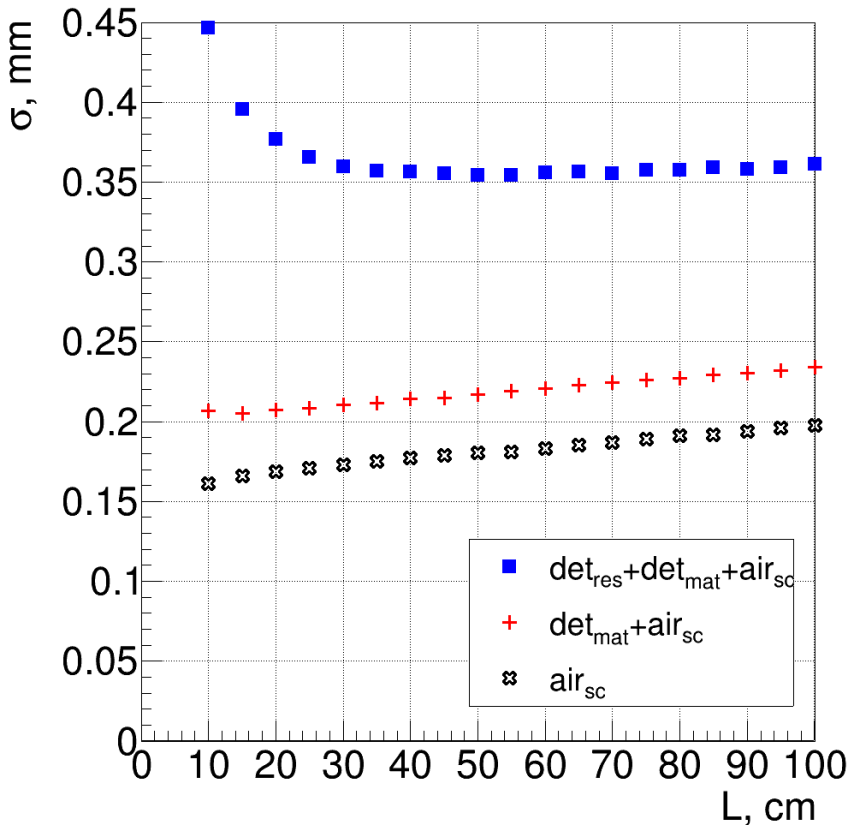
Строу-камера



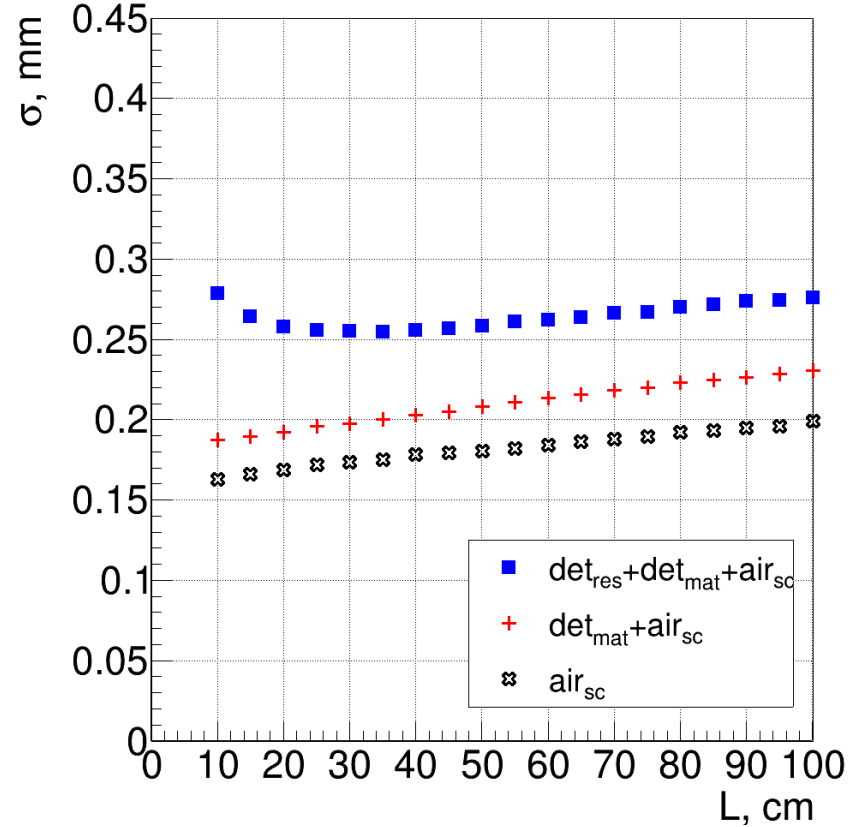
УМПК и строу-камера

$L_1 = 5$ см, $E = 25$ МэВ

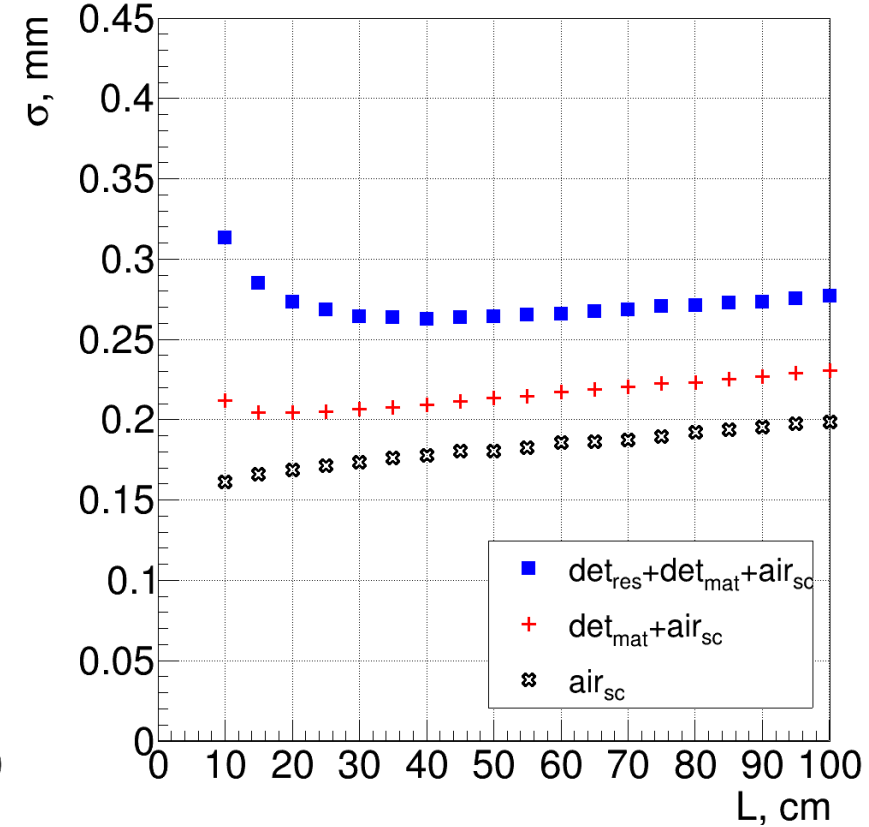
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



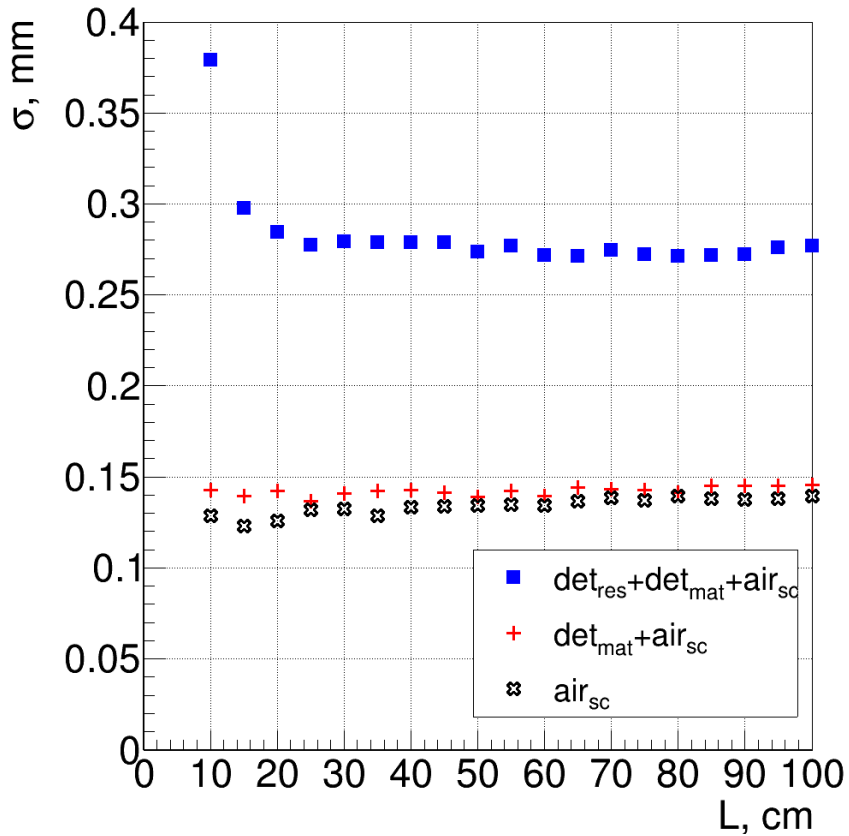
Строу-камера



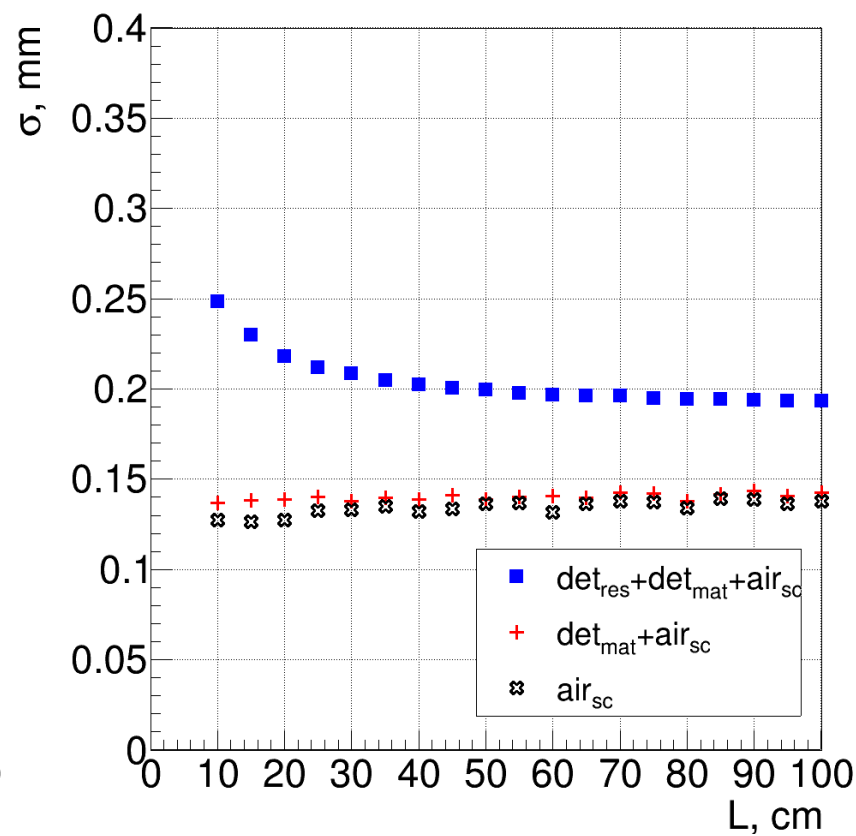
УМПК и строу-камера

$L_1 = 5$ см, $E = 130$ МэВ

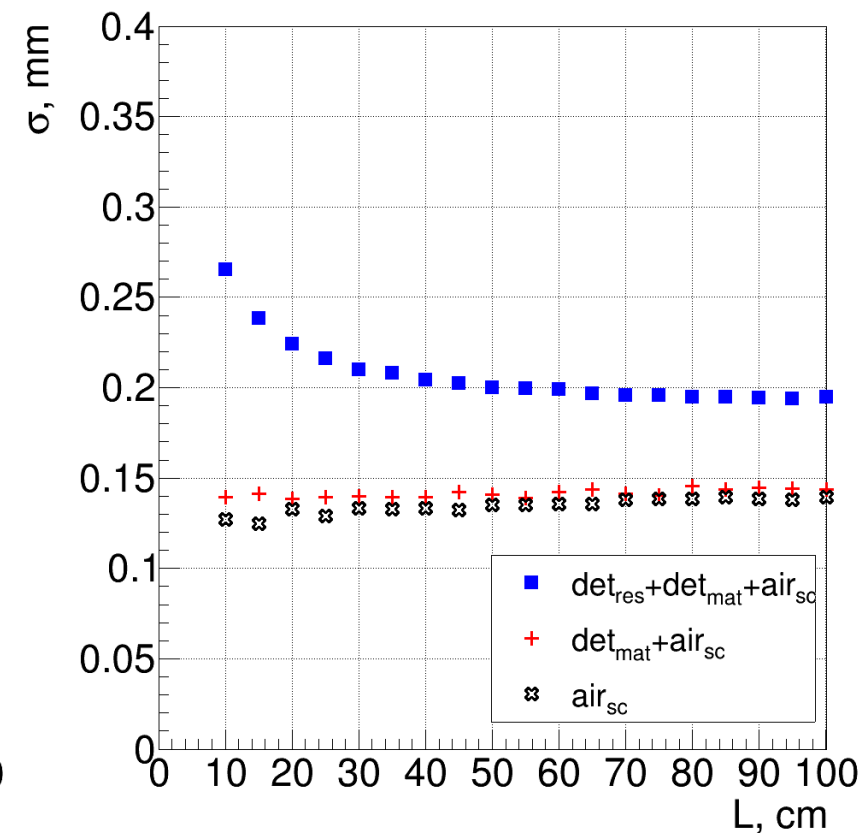
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



Строу-камера



УМПК и строу-камера

$L_1 = 5$ см, $E = 795$ МэВ

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты позволяют выбрать оптимальное расстояние между станциями для каждой энергии.
2. Разница в точности определения точки попадания электрона на тестируемый детектор для детекторов на основе УМПК и строу-трубок невелика.
3. Точность определения точки попадания электрона на тестируемый детектор не лучше 0.2–0.3 мм.

В тестовой зоне невозможно тестирование кремниевых детекторов с координатным разрешением порядка 100 мкм

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Оптимизация размещения системы
координатных детекторов для тестовой
зоны ЛИНАК-200

М.И. Госткин, А.В. Гуськов, А.С. Кузьменко

29.10.2024

ГЕОМЕТРИЯ ДЕТЕКТОРОВ

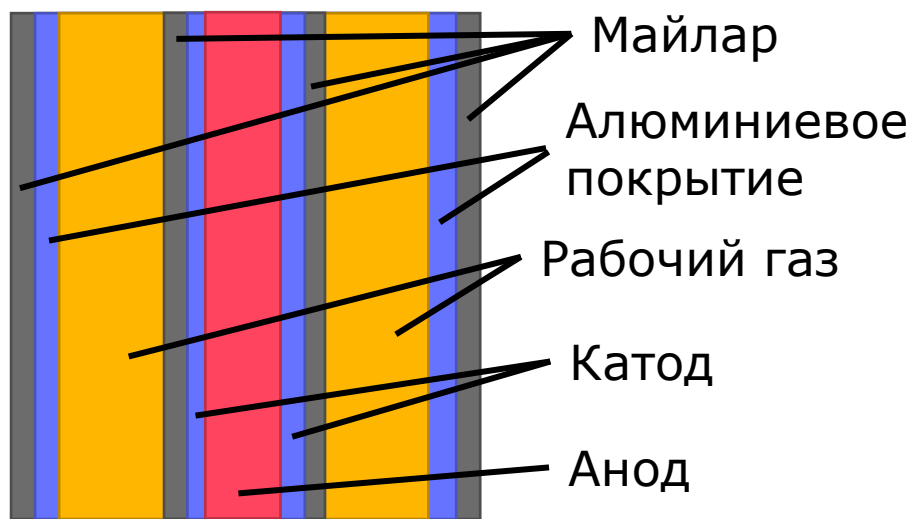
УМПК

Рабочий газ: 37 мм

Защитный слой: 12 мкм майлар и 3 мкм
алюминиевого покрытия

Катод: 20 мкм майлар и 5 мкм
углеродного покрытия

Анод: 25 мкм диаметр $0.95W+0.05Re$

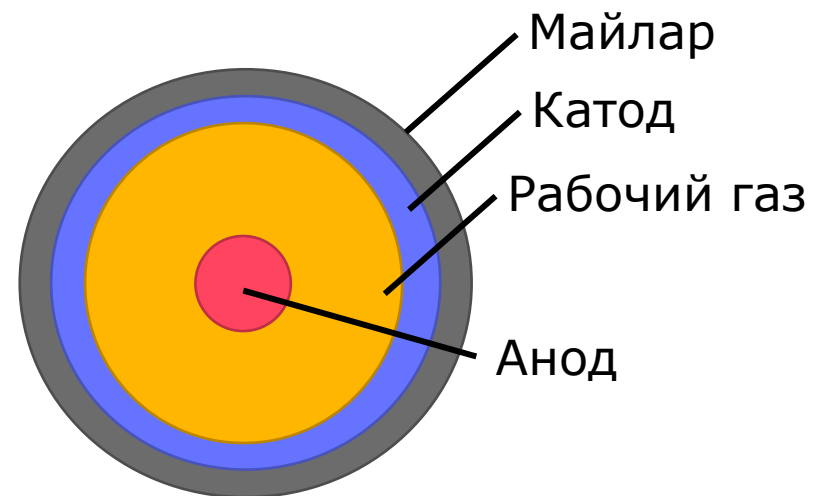


Строу-камера

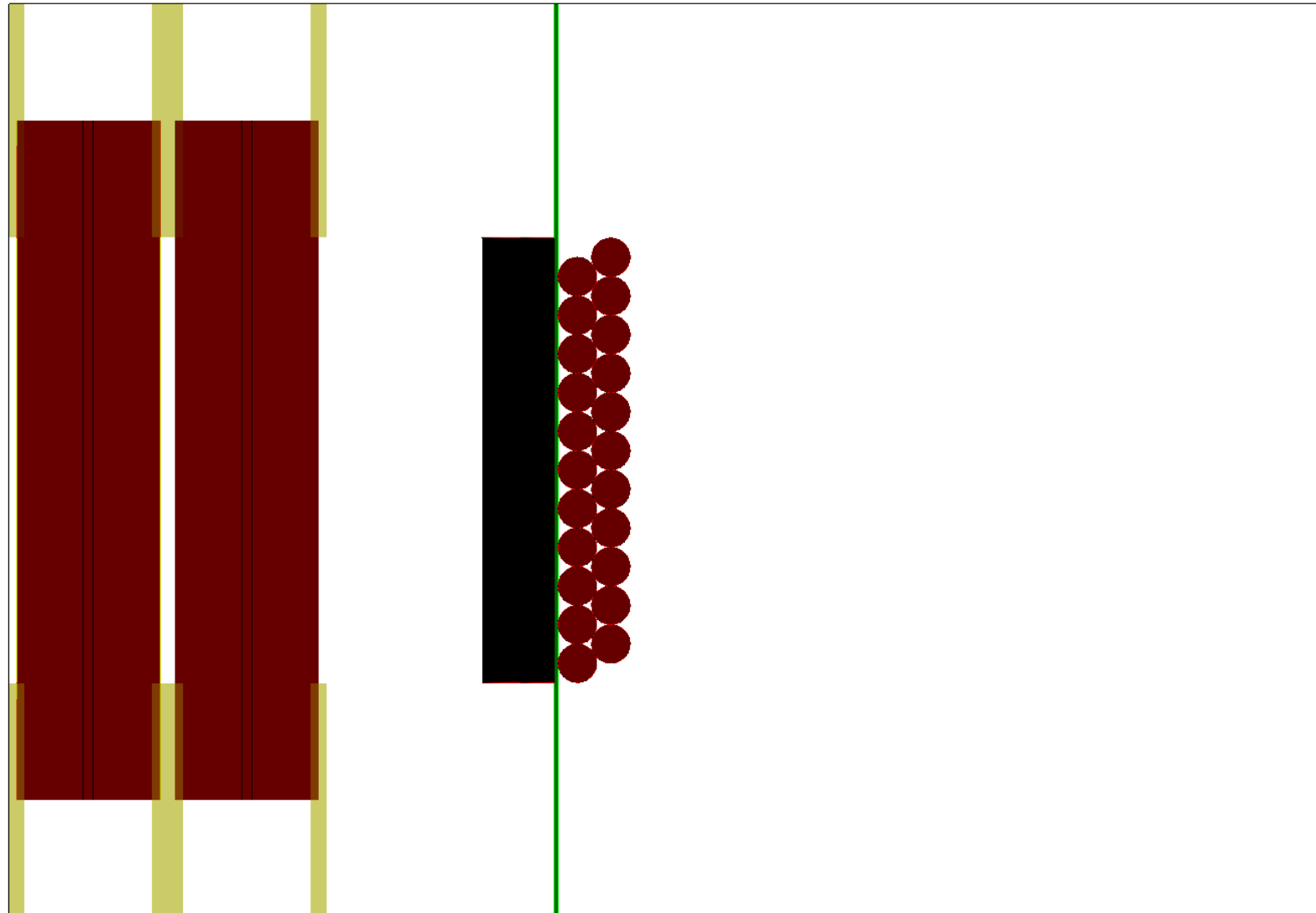
Рабочий газ: 10 мм

Катод: 20 мкм майлар и 20 нм
алюминиевого покрытия

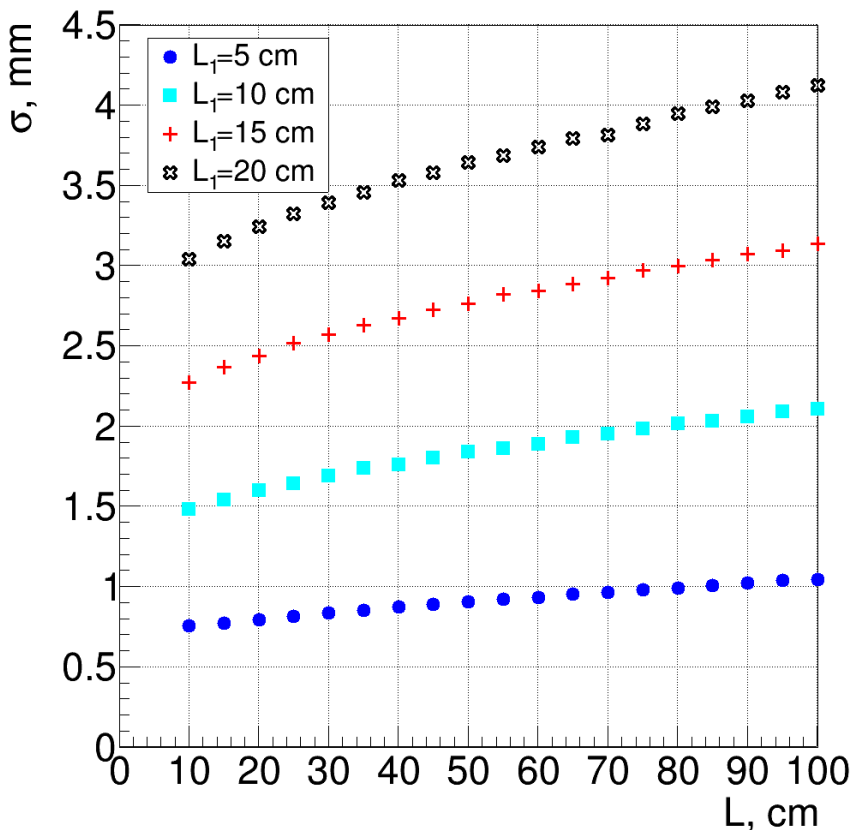
Анод: 25 мкм диаметр
 $0.95W+0.05Re$



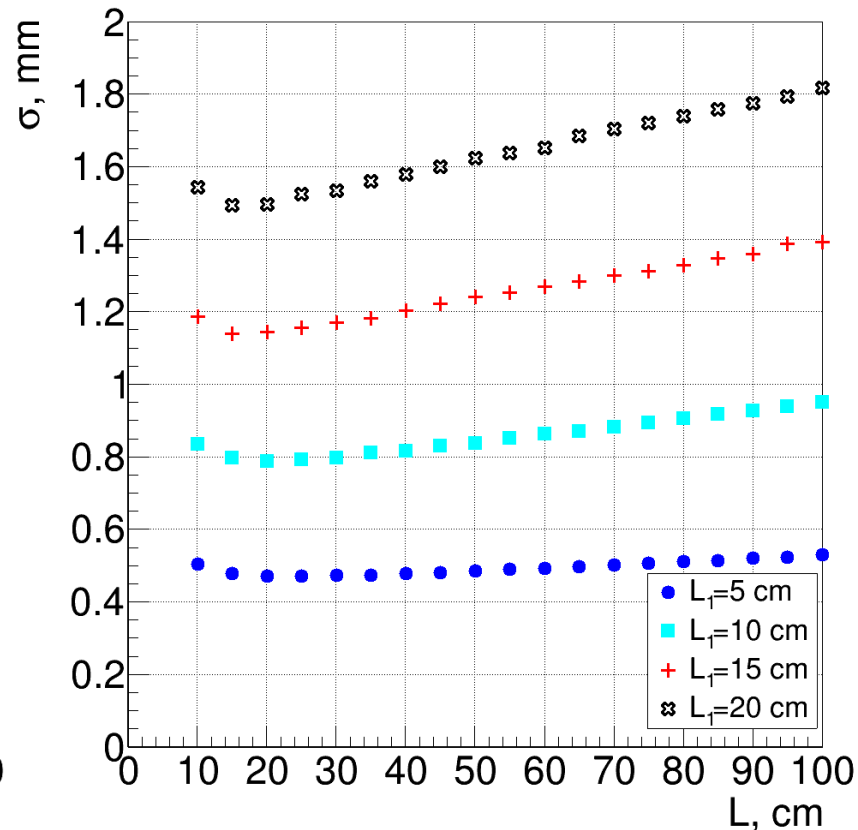
МОДЕЛЬ В GEANT4



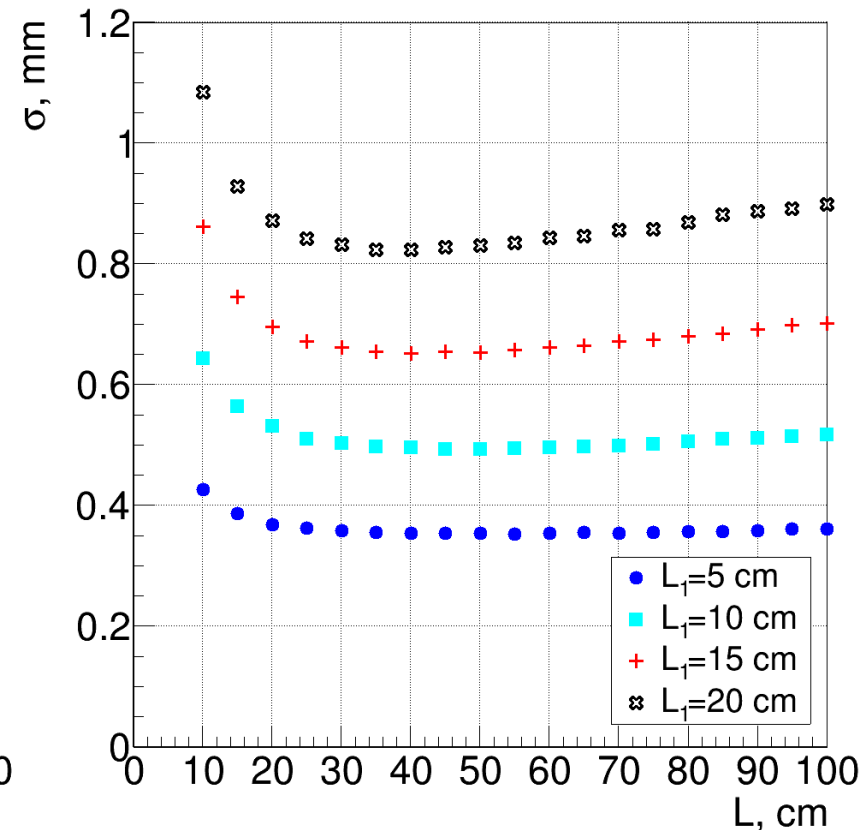
ТОЧНОСТЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



$E = 25$ МэВ



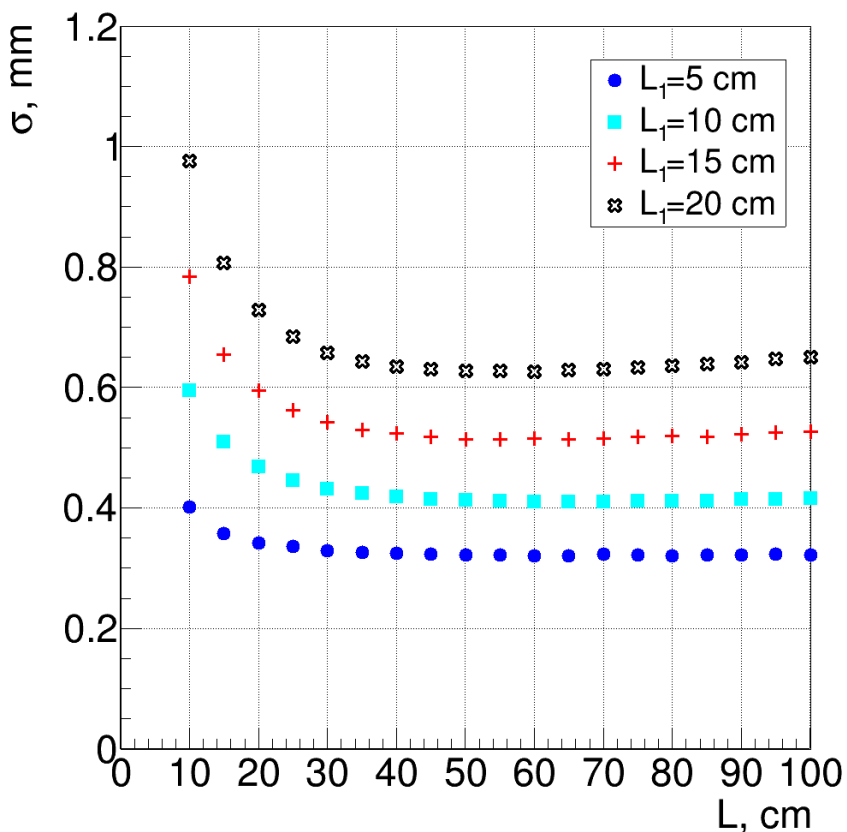
$E = 60$ МэВ



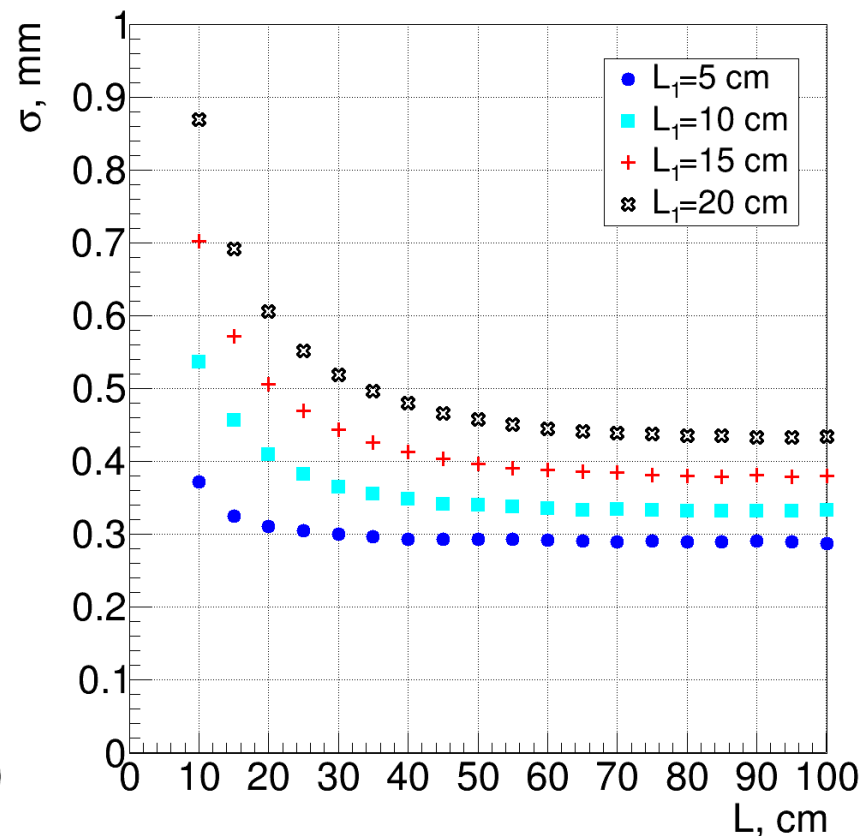
$E = 130$ МэВ

**1 станция: строу-камера
2 станция: УМПК**

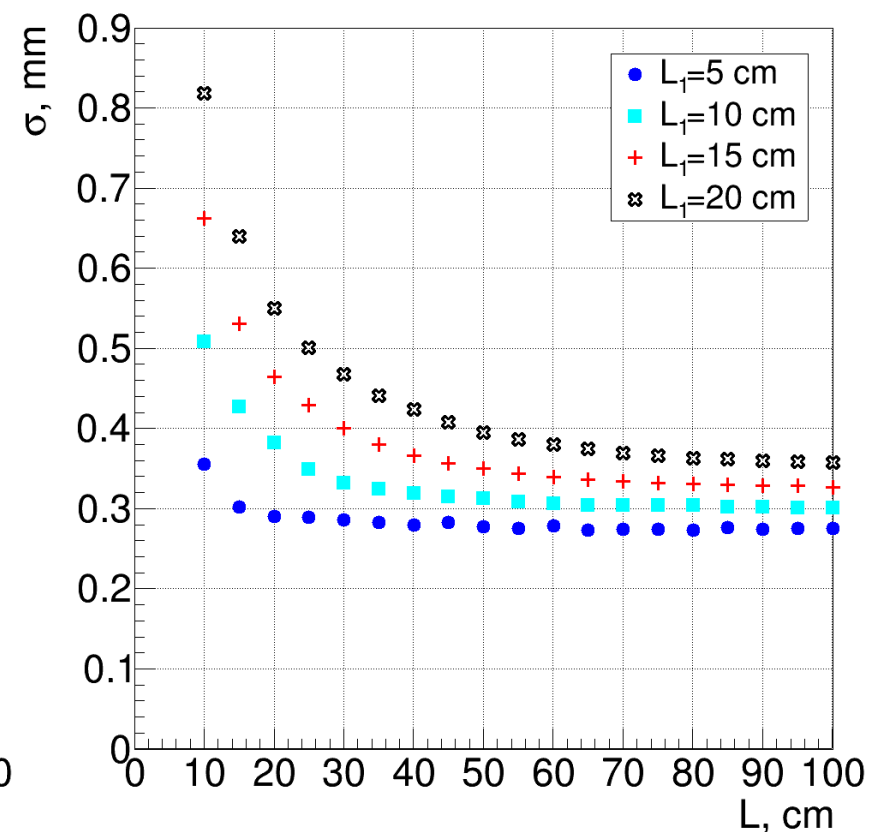
ТОЧНОСТЬ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ



$E = 200$ МэВ



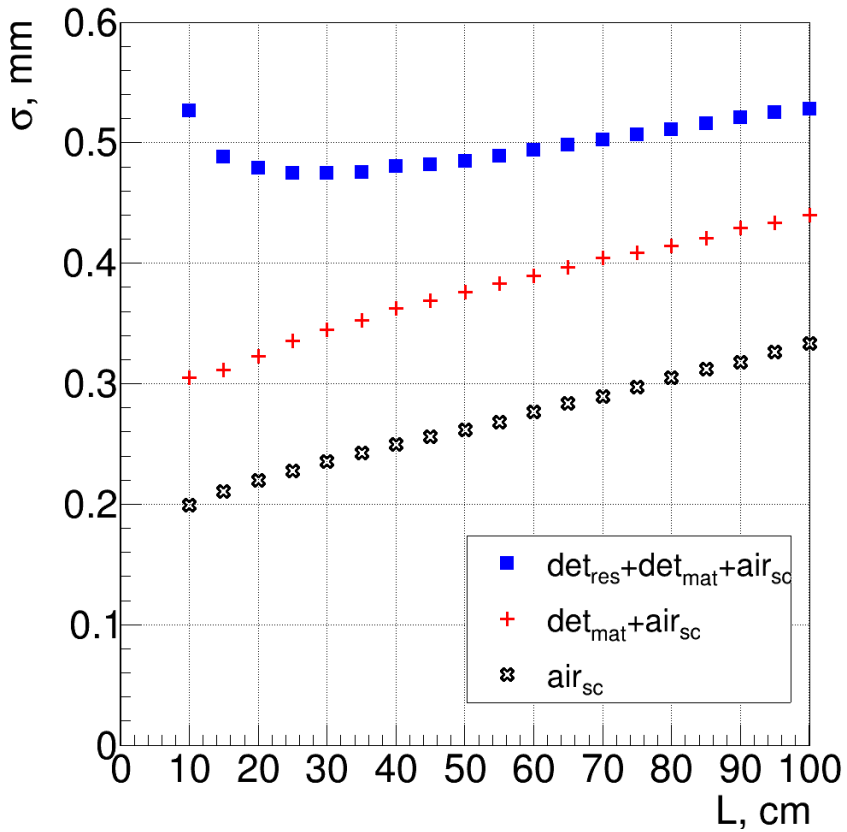
$E = 427$ МэВ



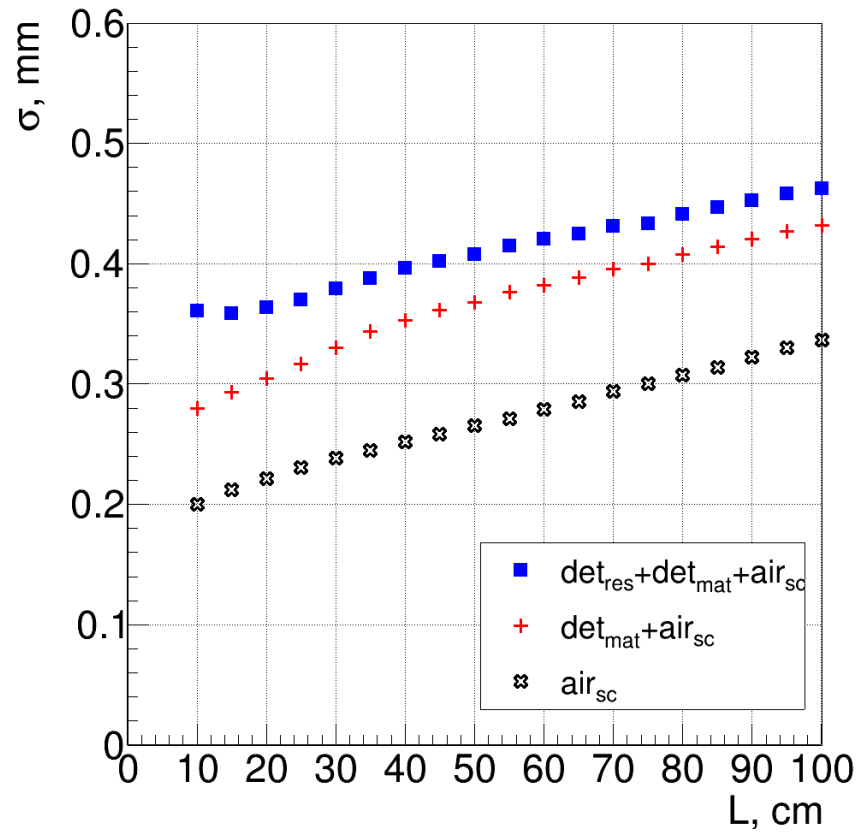
$E = 795$ МэВ

**1 станция: строу-камера
2 станция: УМПК**

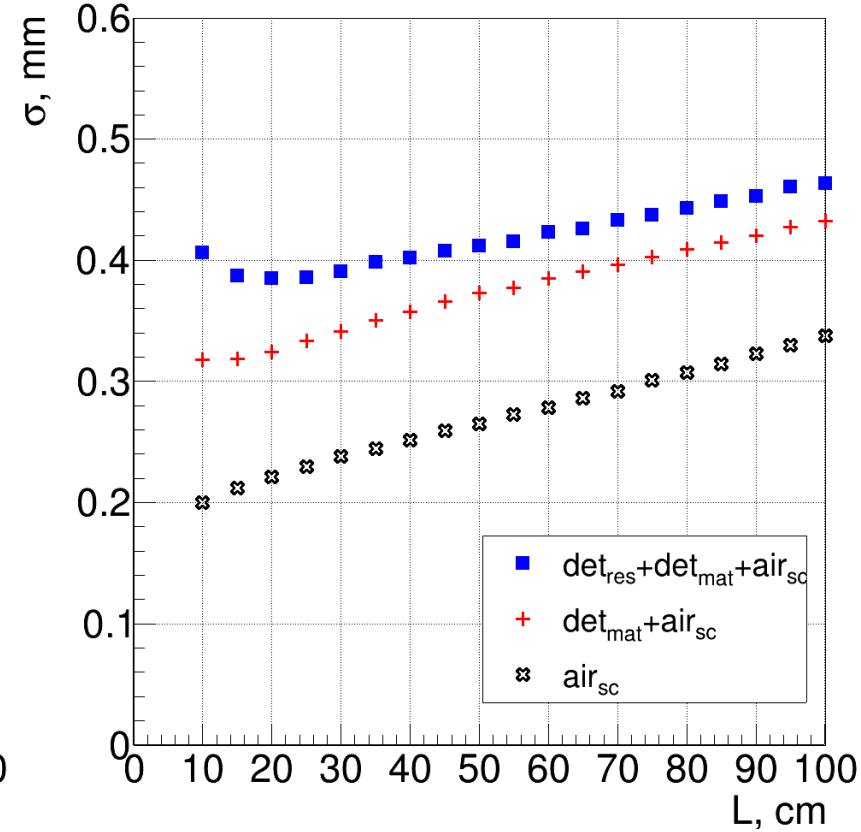
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



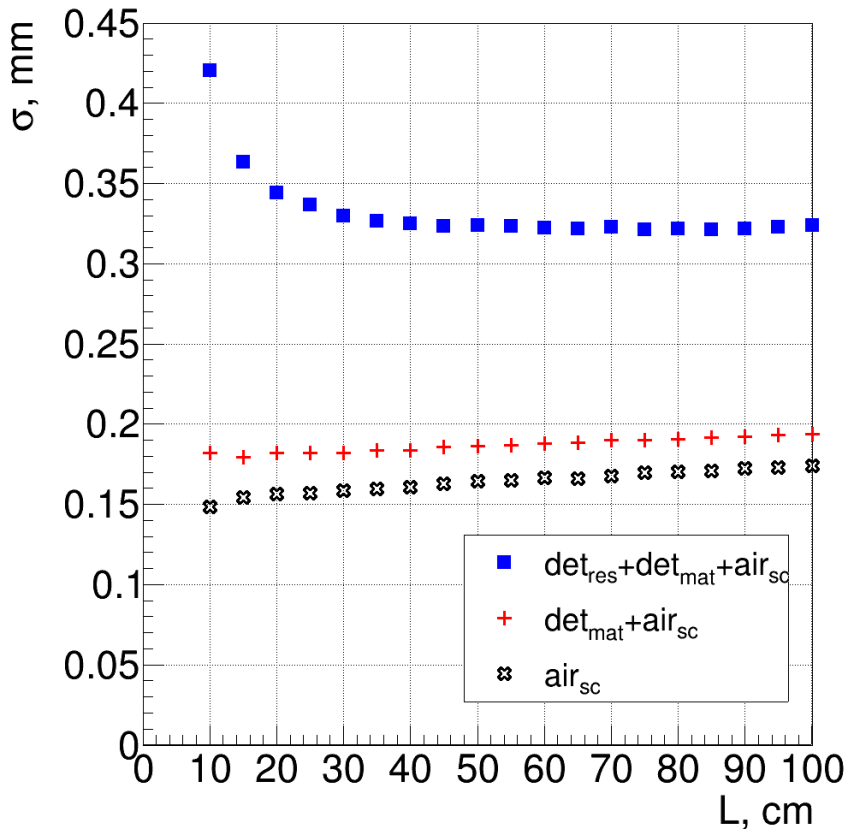
Строу-камера



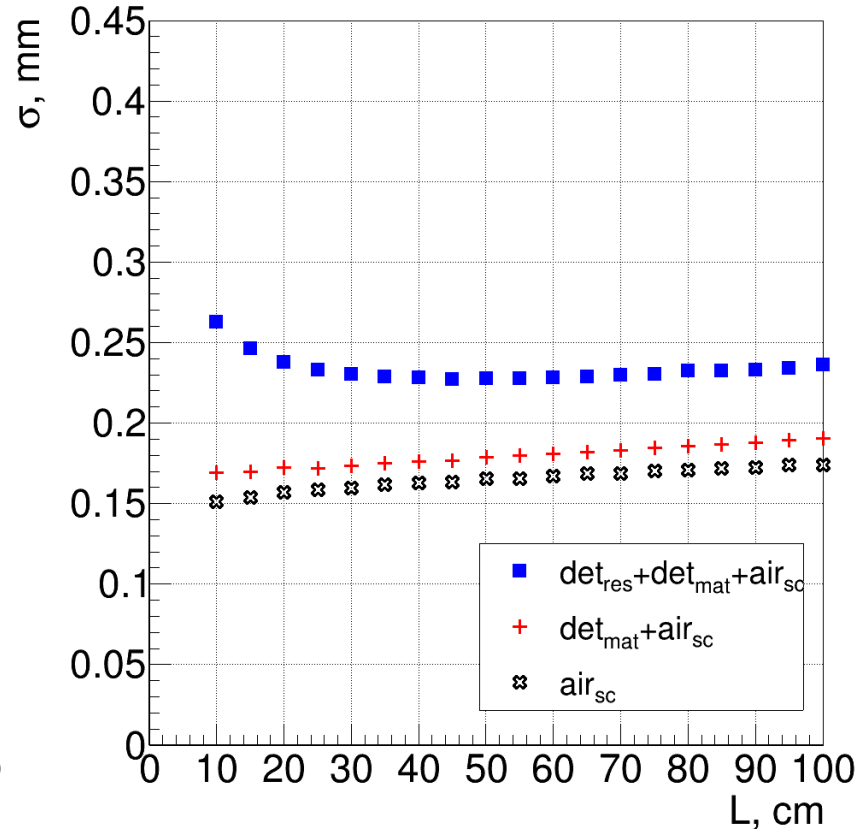
УМПК и строу-камера

$L_1 = 5$ см, $E = 60$ МэВ

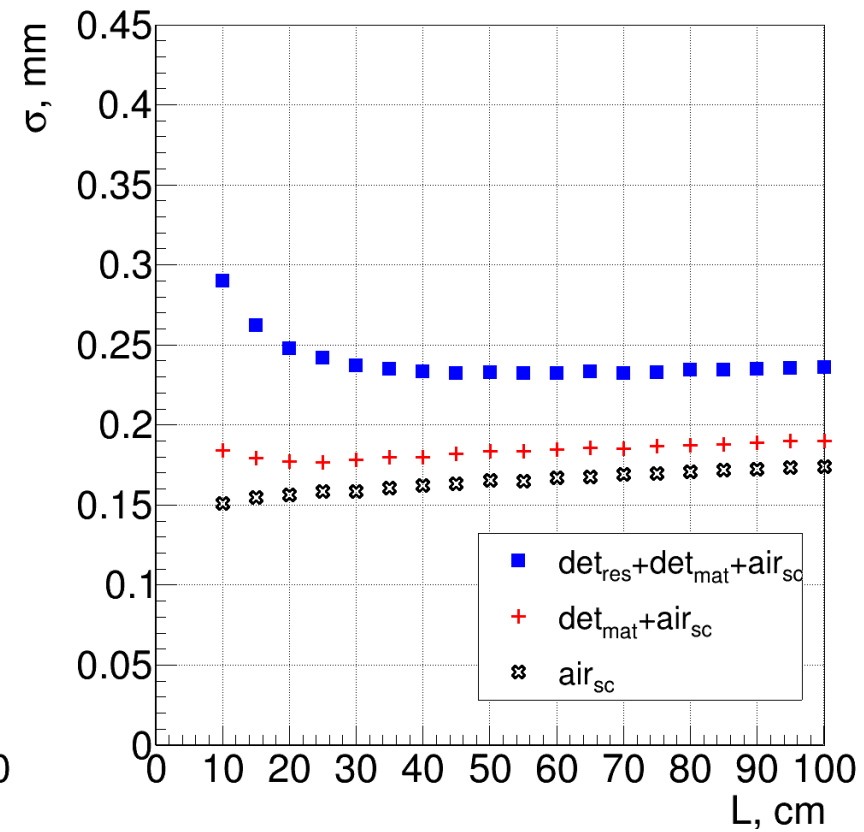
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



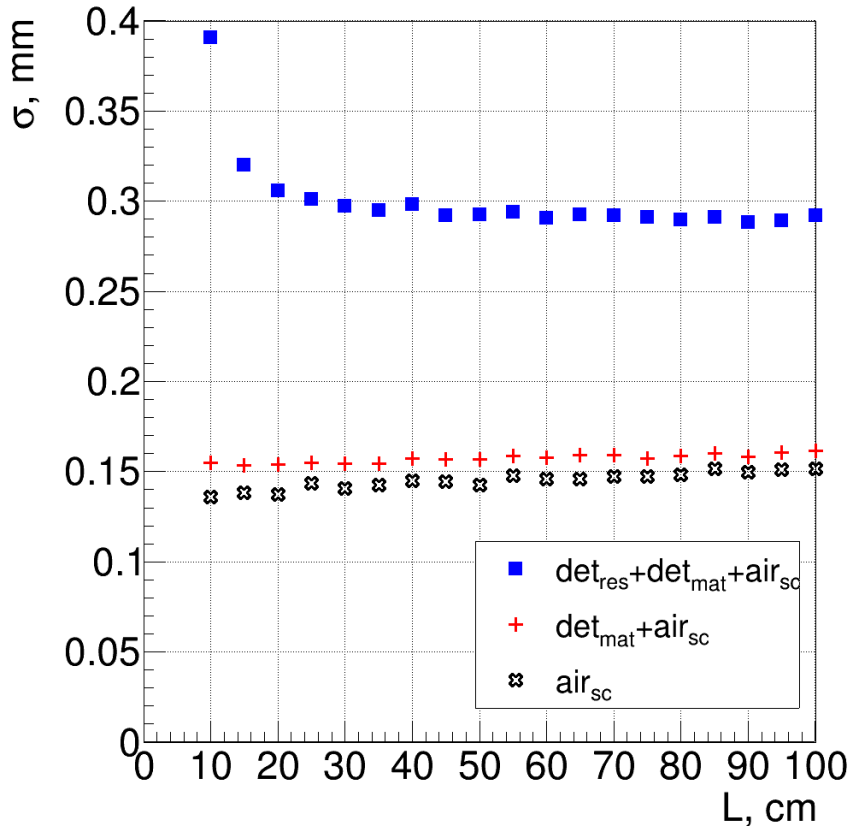
Строу-камера



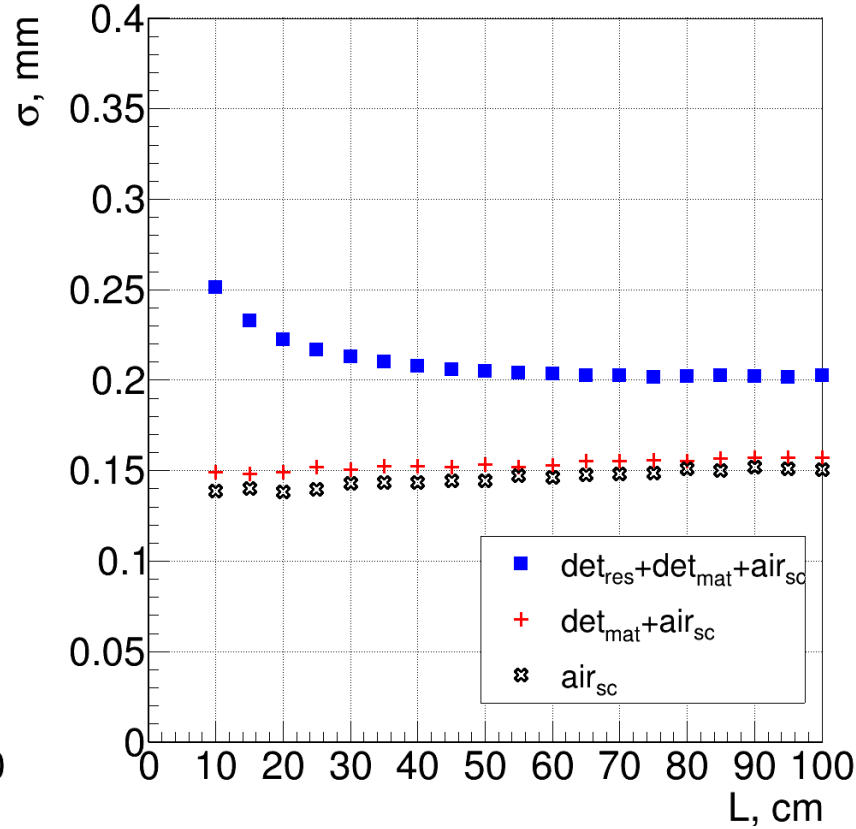
УМПК и строу-камера

$L_1 = 5$ см, $E = 200$ МэВ

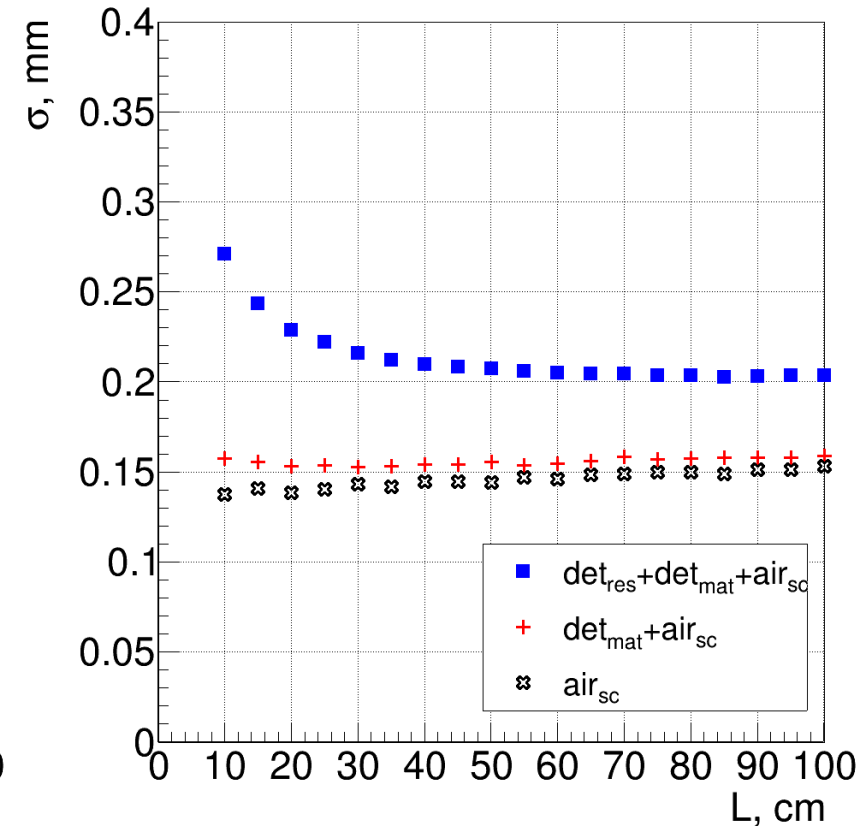
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



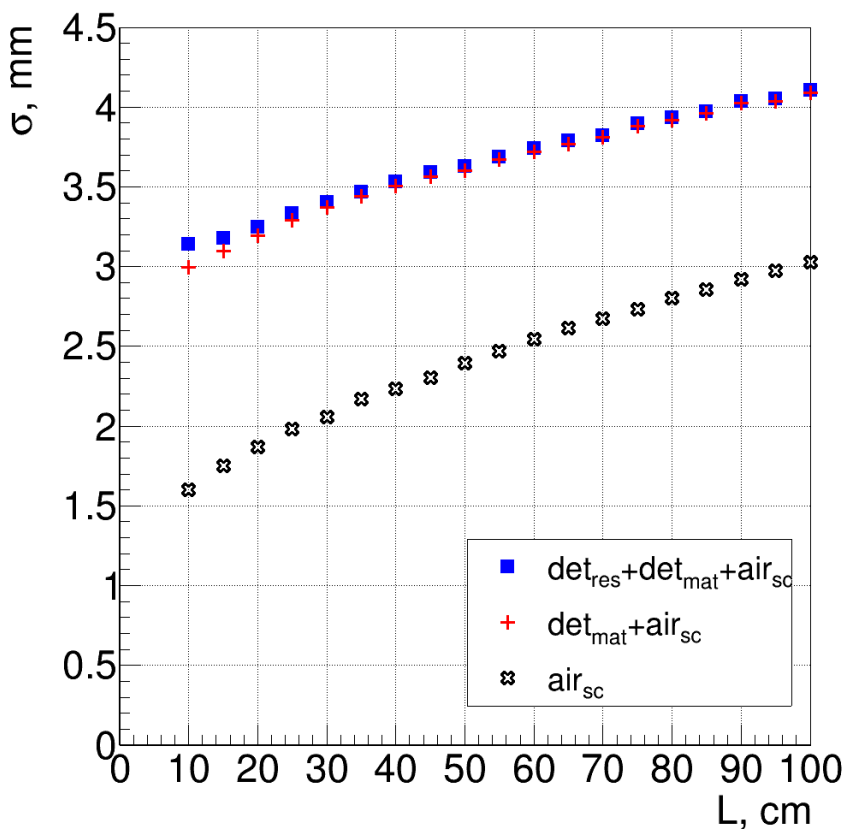
Строу-камера



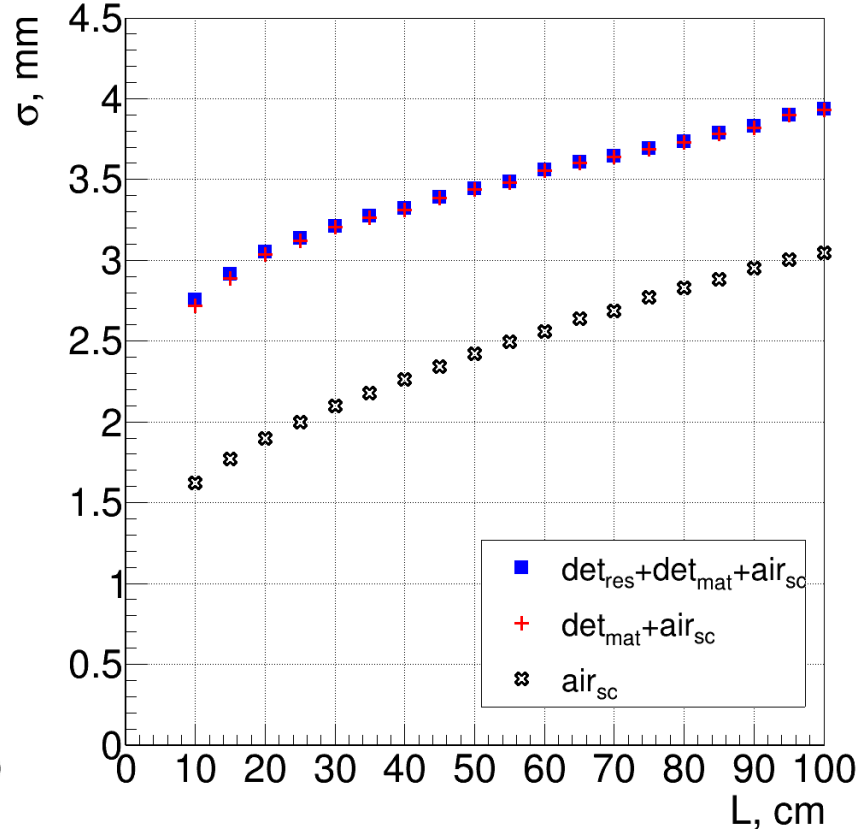
УМПК и строу-камера

$L_1 = 5$ см, $E = 427$ МэВ

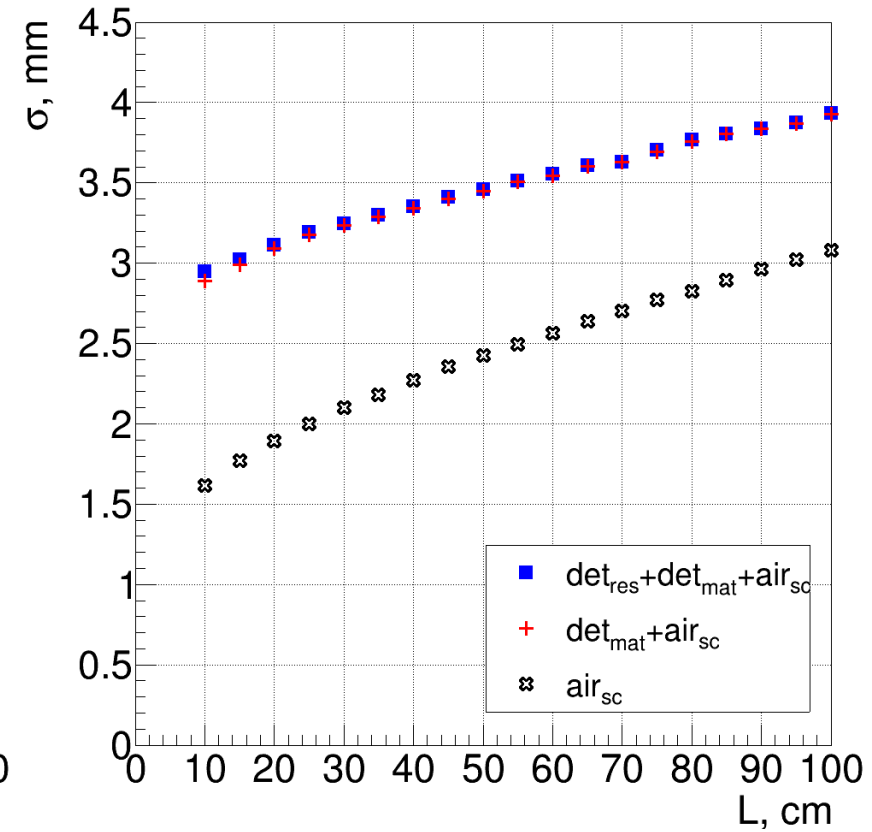
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



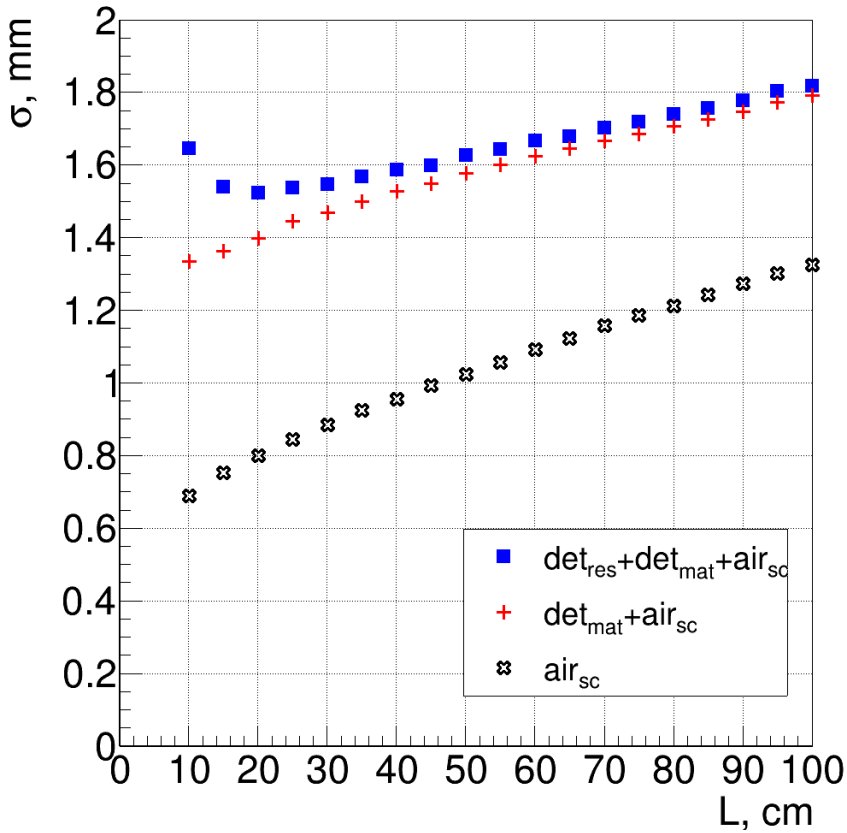
Строчу-камера



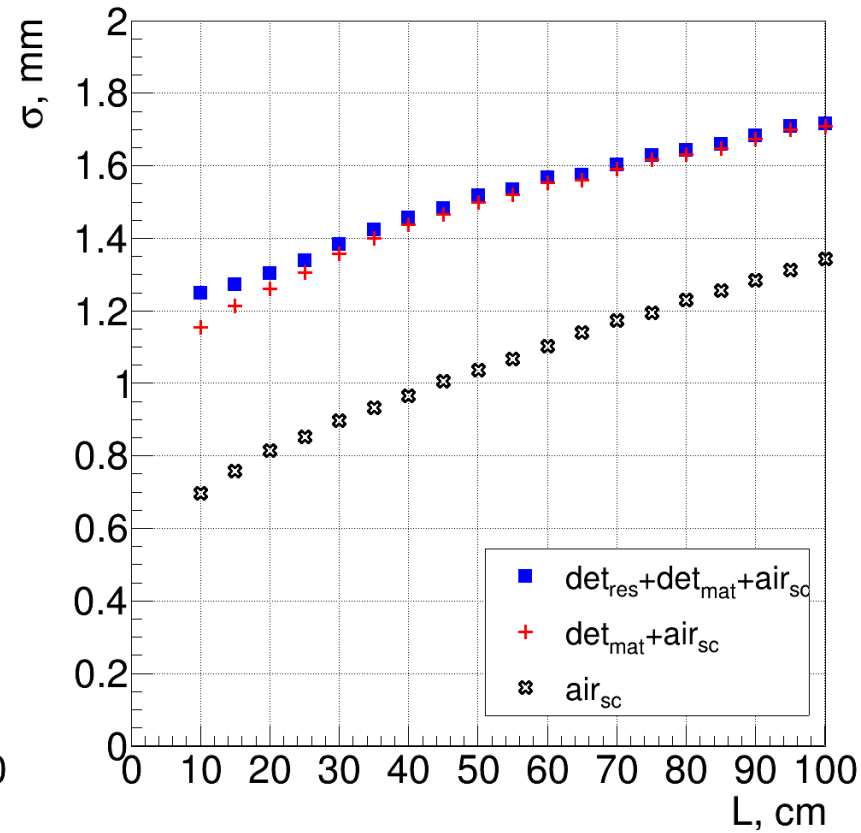
УМПК и строчу-камера

$L_1 = 20$ см, $E = 25$ МэВ

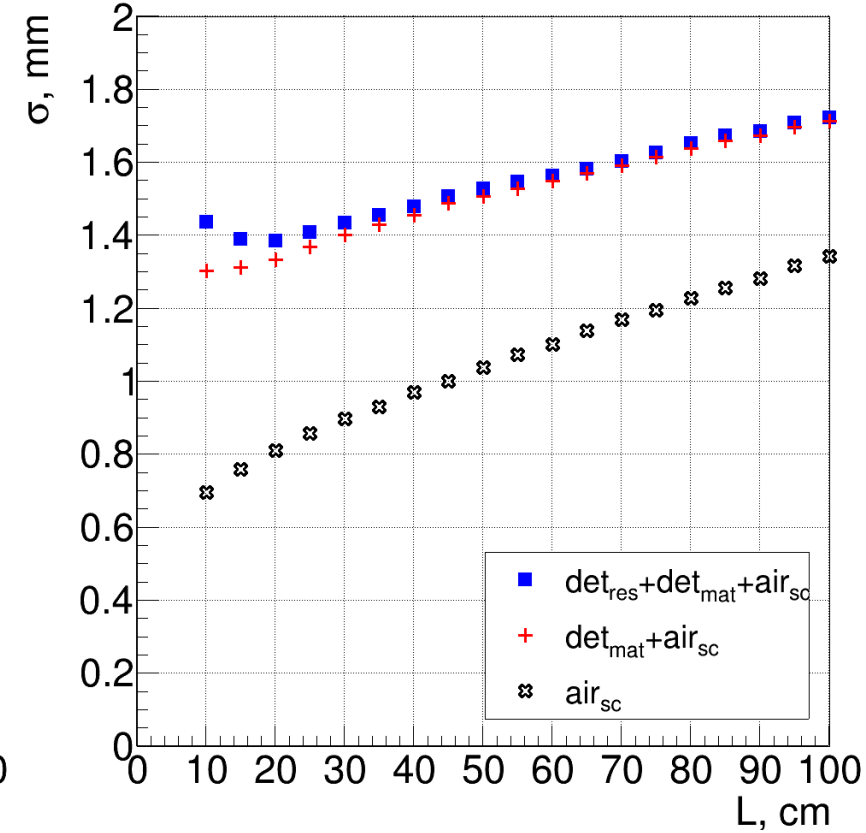
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



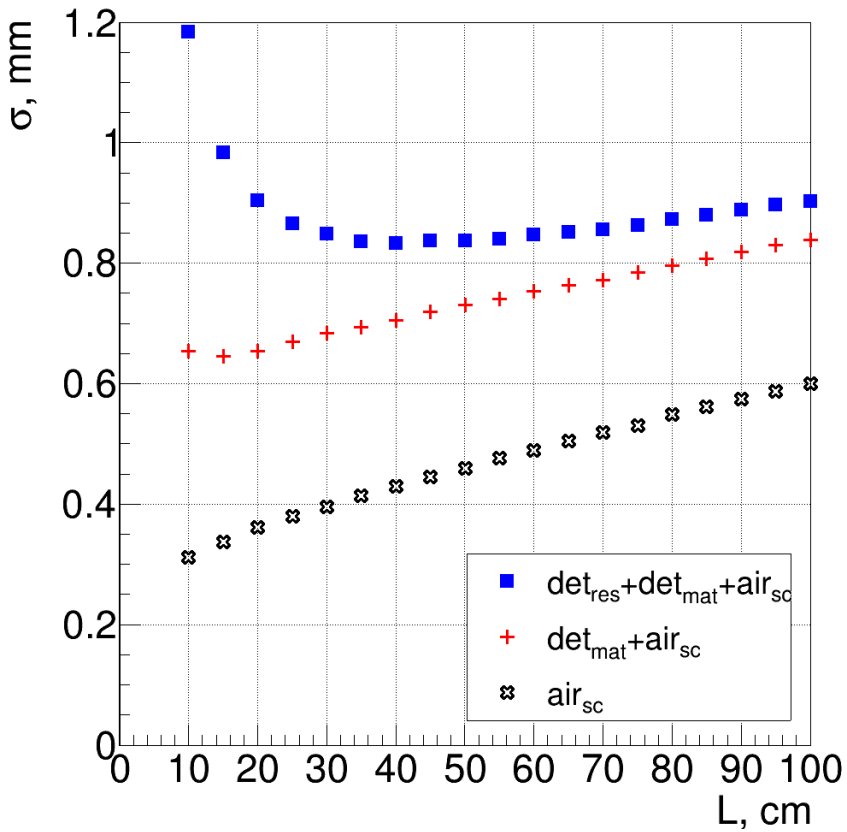
Строу-камера



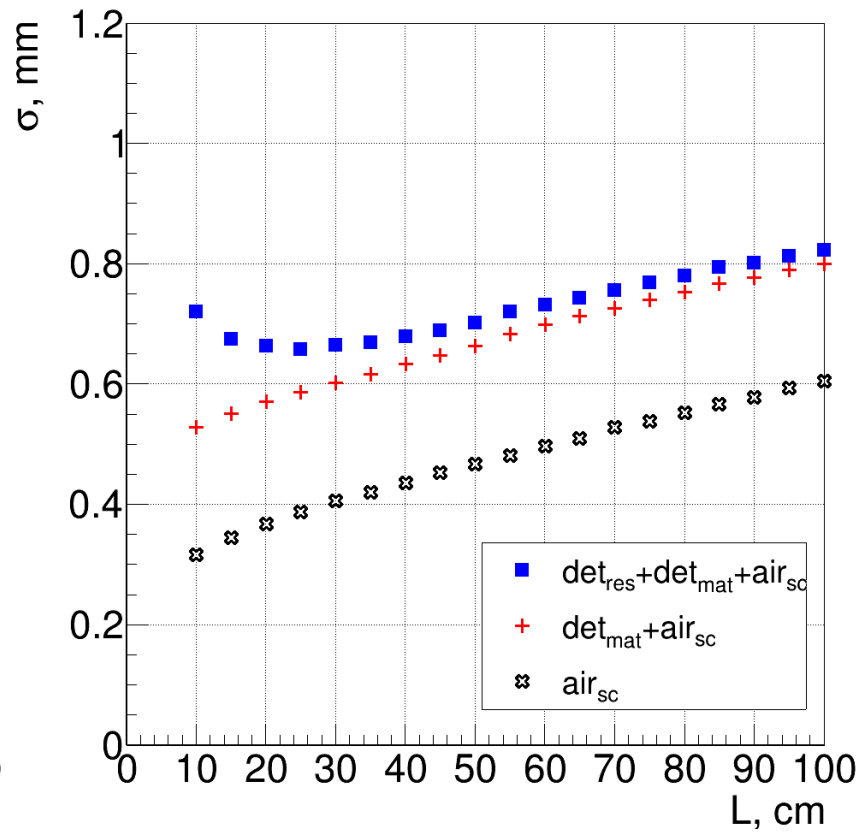
УМПК и строу-камера

$L_1 = 20$ см, $E = 60$ МэВ

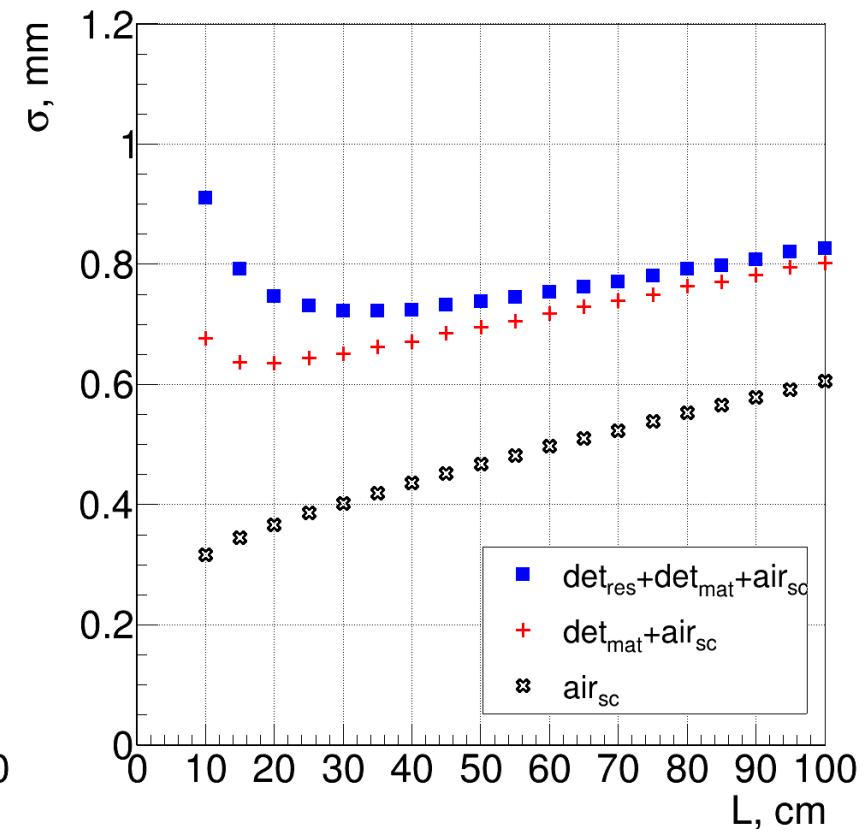
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



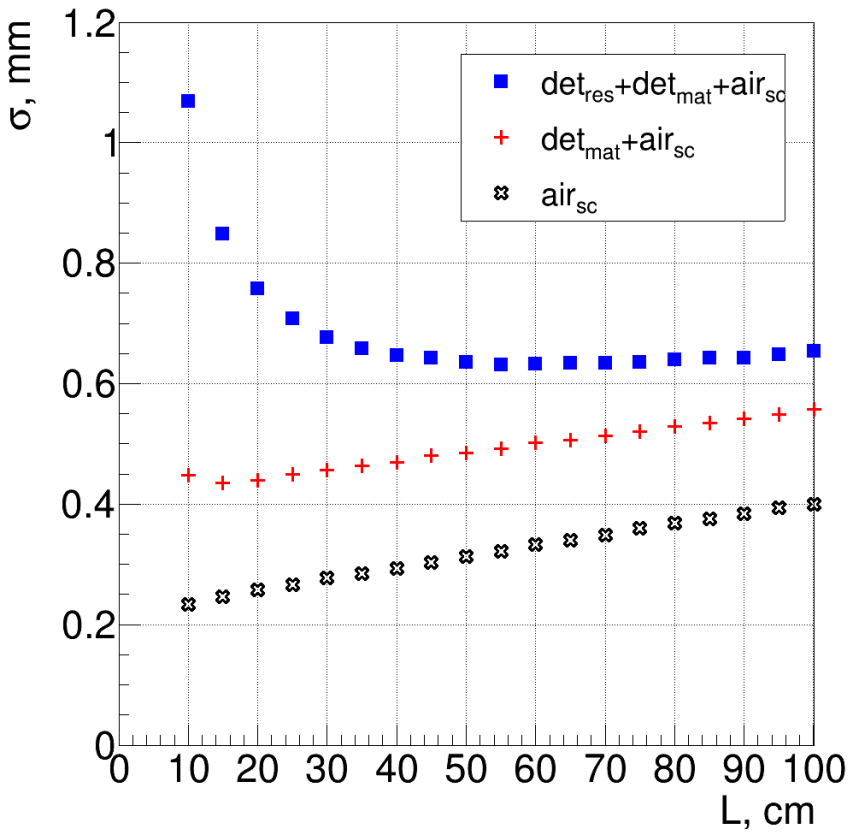
Строу-камера



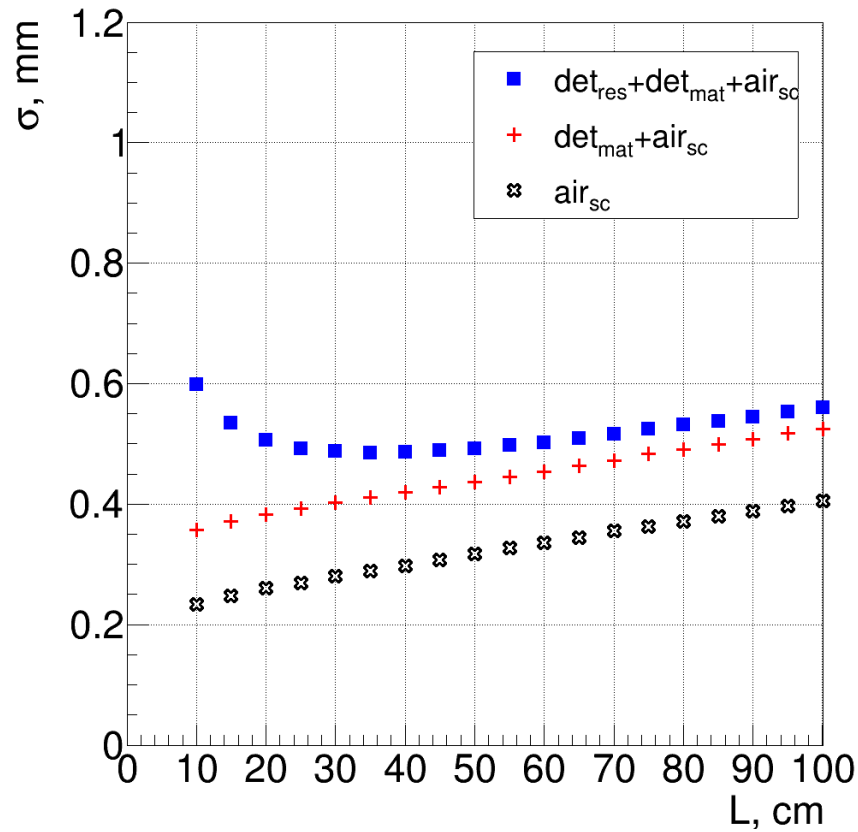
УМПК и строу-камера

$L_1 = 20$ см, $E = 130$ МэВ

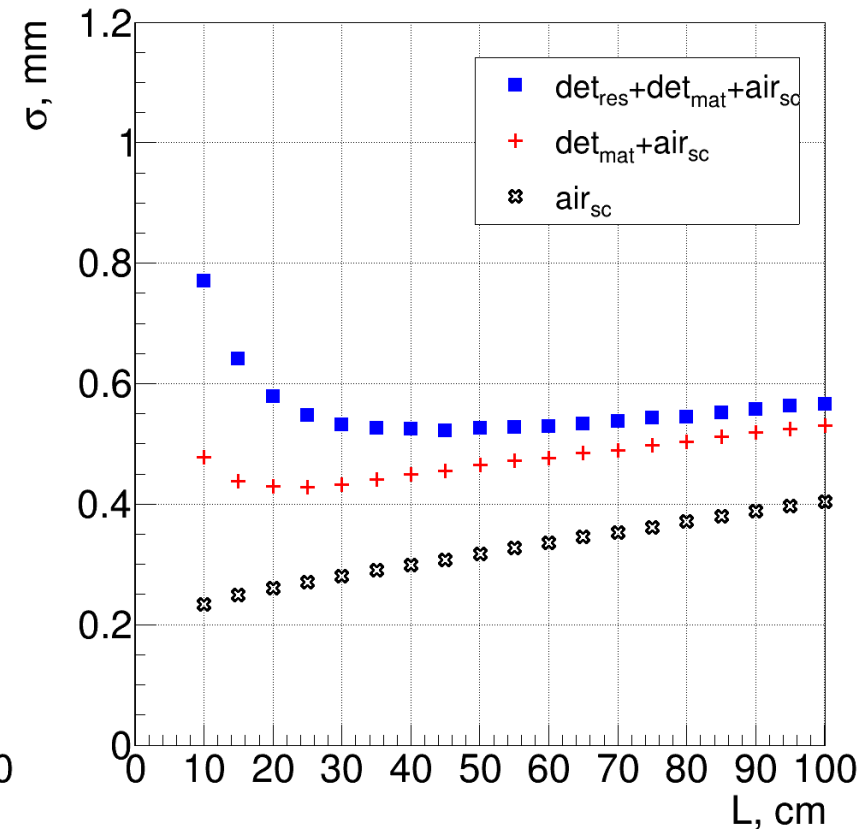
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



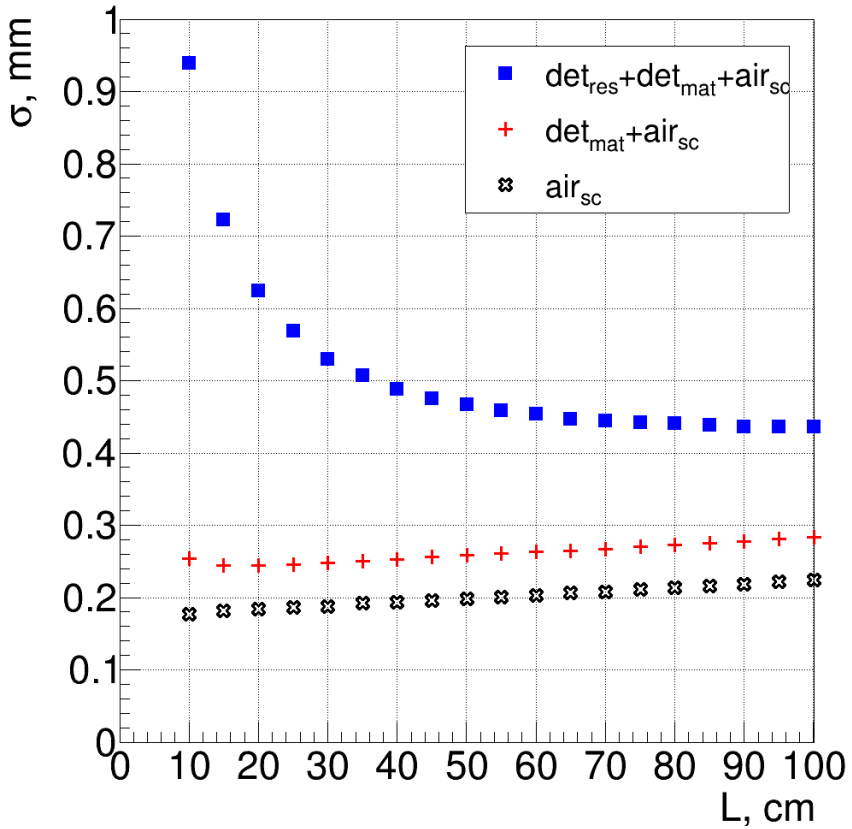
Строу-камера



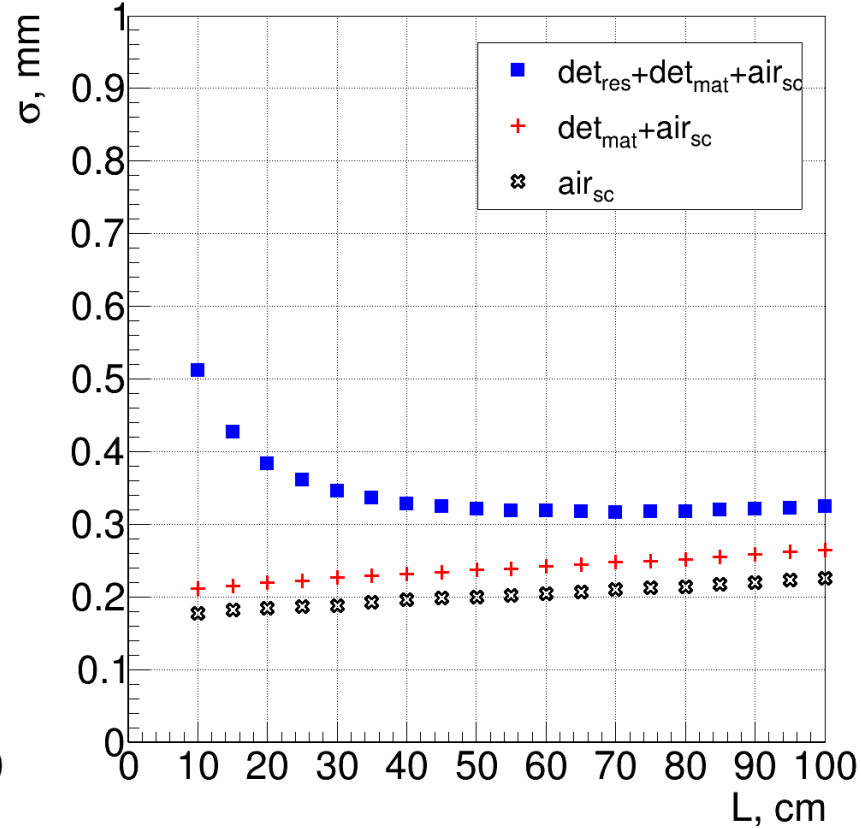
УМПК и строу-камера

$L_1 = 20$ см, $E = 200$ МэВ

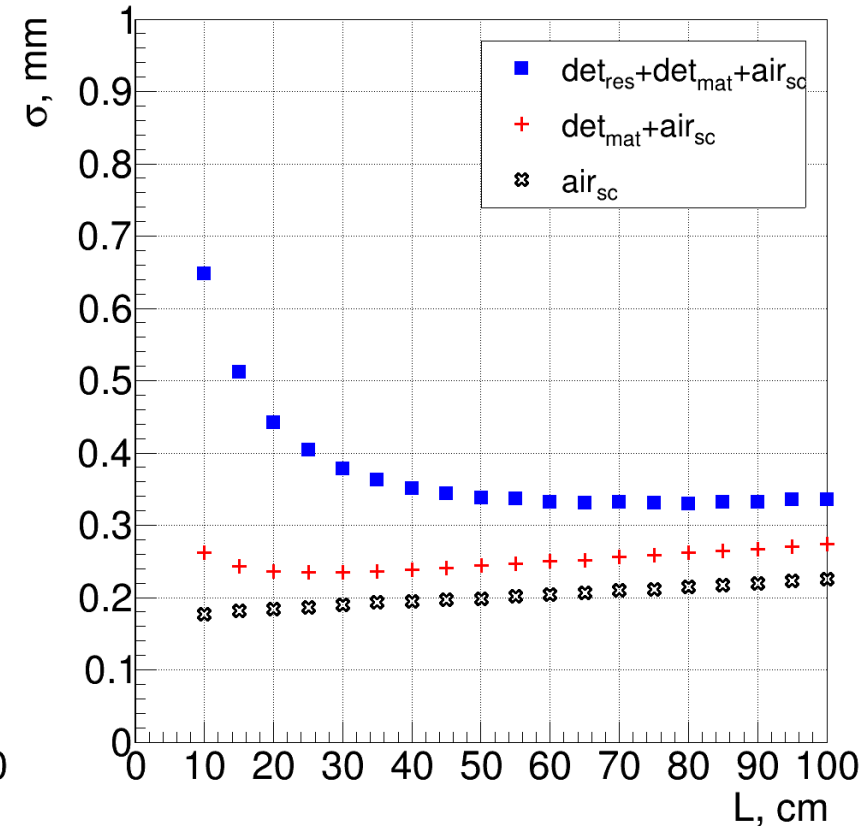
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



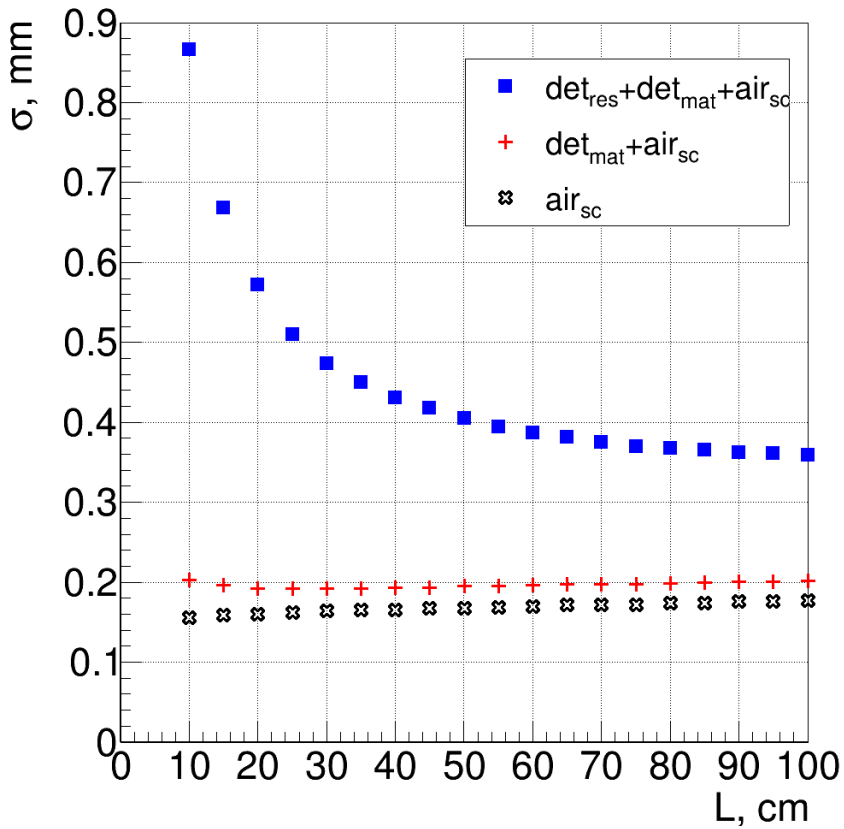
Строу-камера



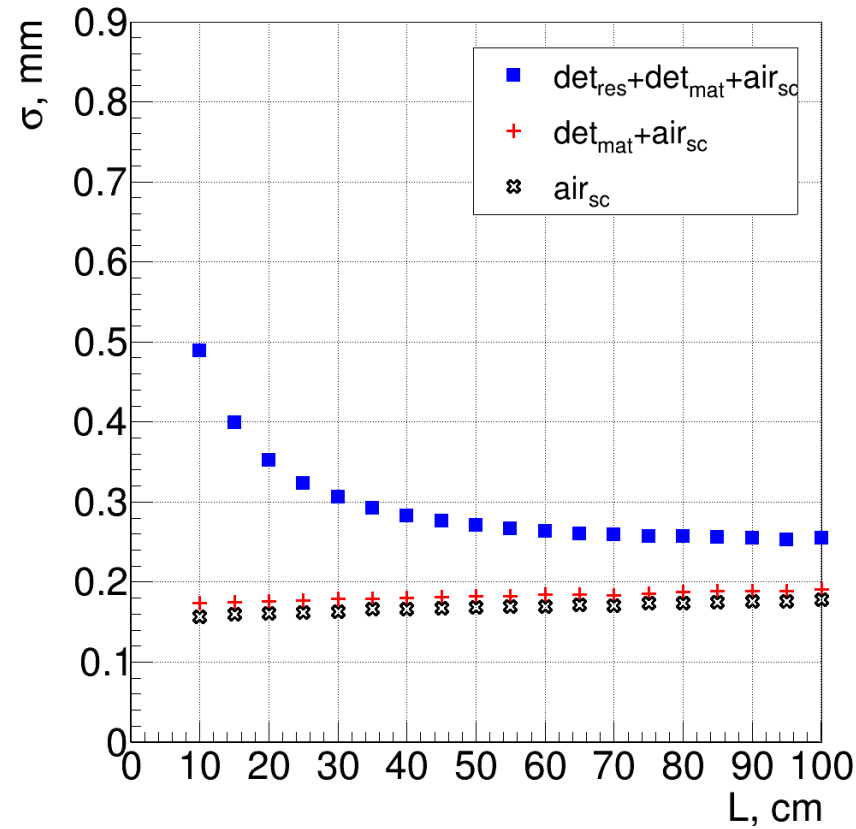
УМПК и строу-камера

$L_1 = 20$ см, $E = 427$ МэВ

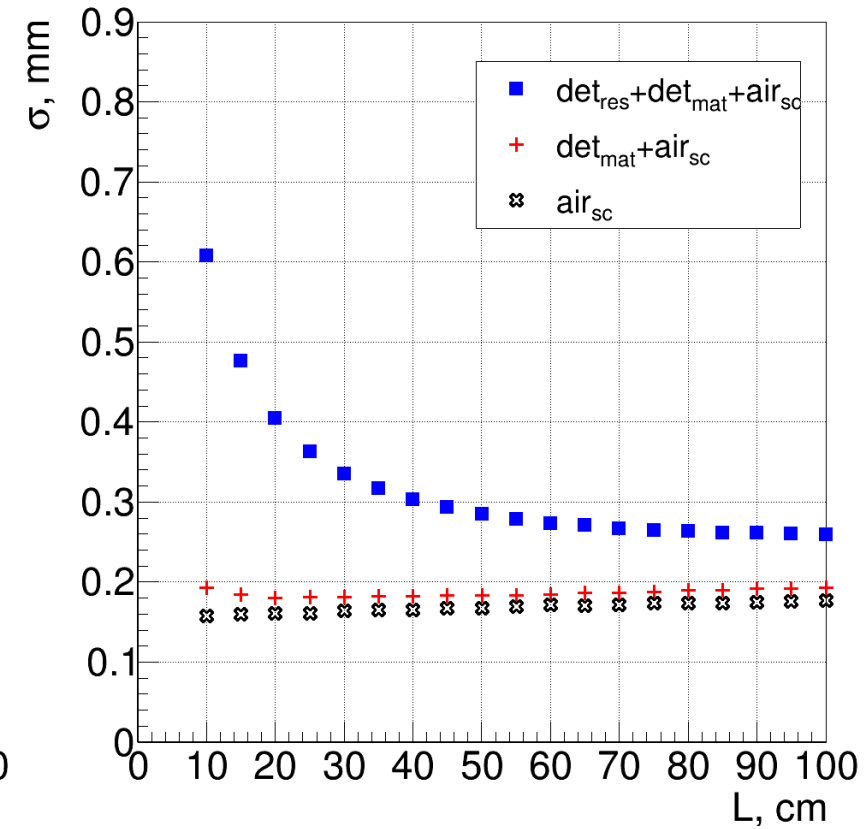
ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО РАССЕЯНИЯ И РАЗРЕШЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ



УМПК



Строу-камера



УМПК и строу-камера

$L_1 = 20$ см, $E = 795$ МэВ