

Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

Кафедра физики элементарных частиц №40

Выпускная квалификационная работа бакалавра на тему:

АНАЛИЗ КООРДИНАТНОЙ ТОЧНОСТИ
ПИКСЕЛЬНОГО ДЕТЕКТОРА ПЕРЕХОДНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ С СЕНСОРОМ ИЗ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Студент: Якобнюк Л.А.

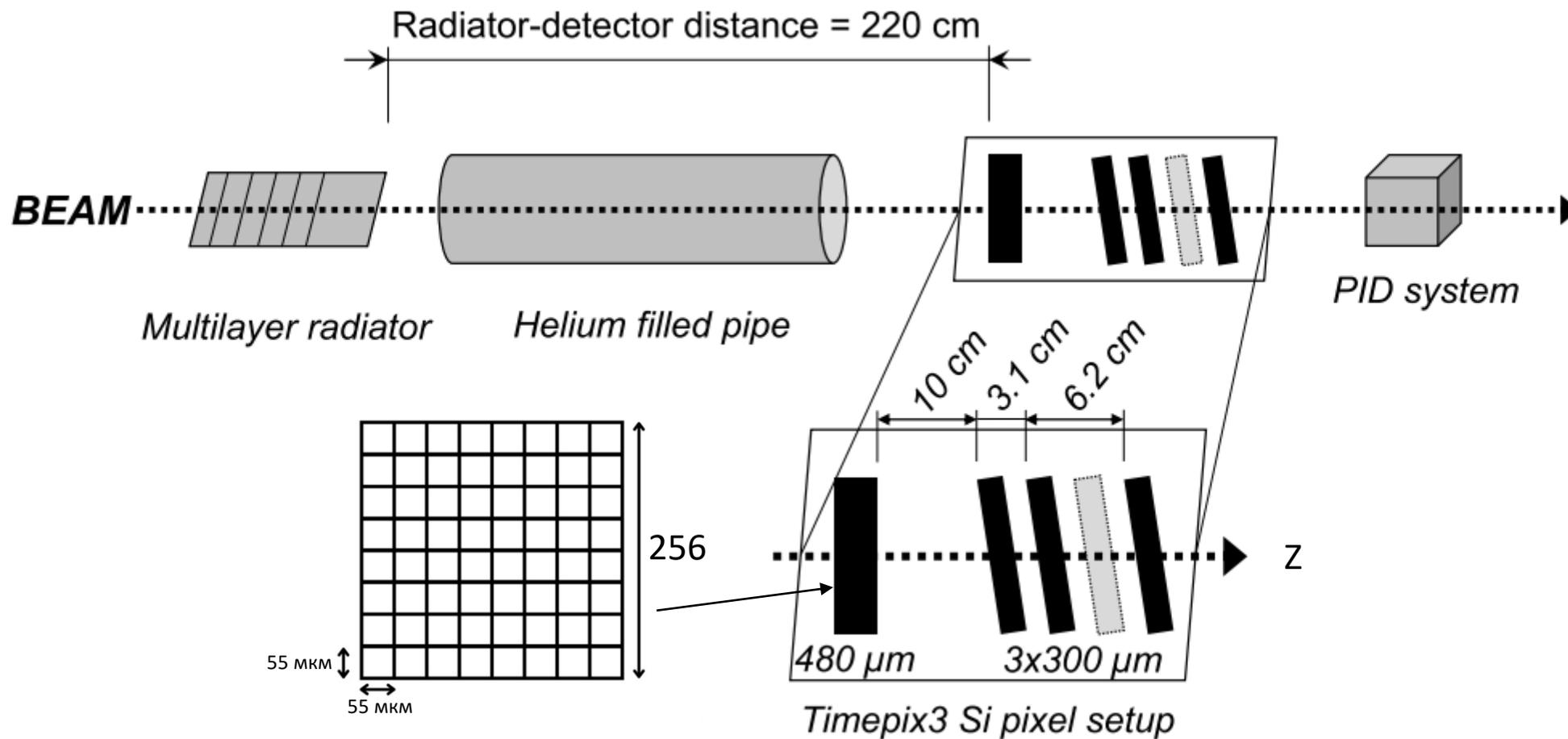
Научный руководитель: Смирнов С.Ю.

Москва 2023

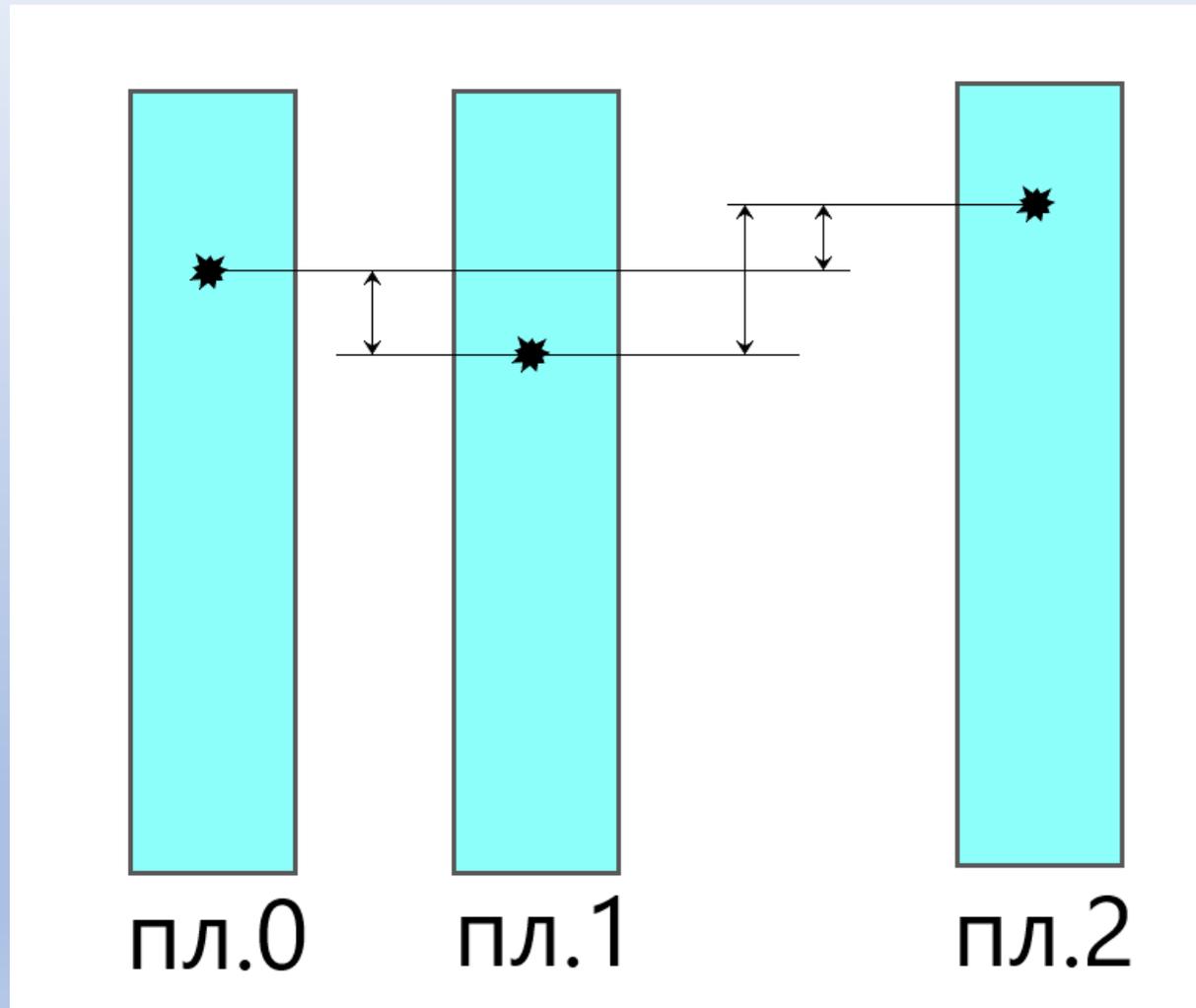
Цель работы

С 2017 по 2021 годы на пучке ускорителя SPS в ЦЕРН было проведено 3 эксперимента по изучению переходного излучения: в 2017 г. использовался сенсор из кремния, а в 2018 и 2021 гг. был использован сенсор из арсенида галлия. Целью работы является анализ координатной точности пиксельного детектора переходного излучения с сенсором из кремния

Экспериментальная установка (пучок мюонов с энергией 180 ГэВ с ускорителя SPS ЦЕРН)

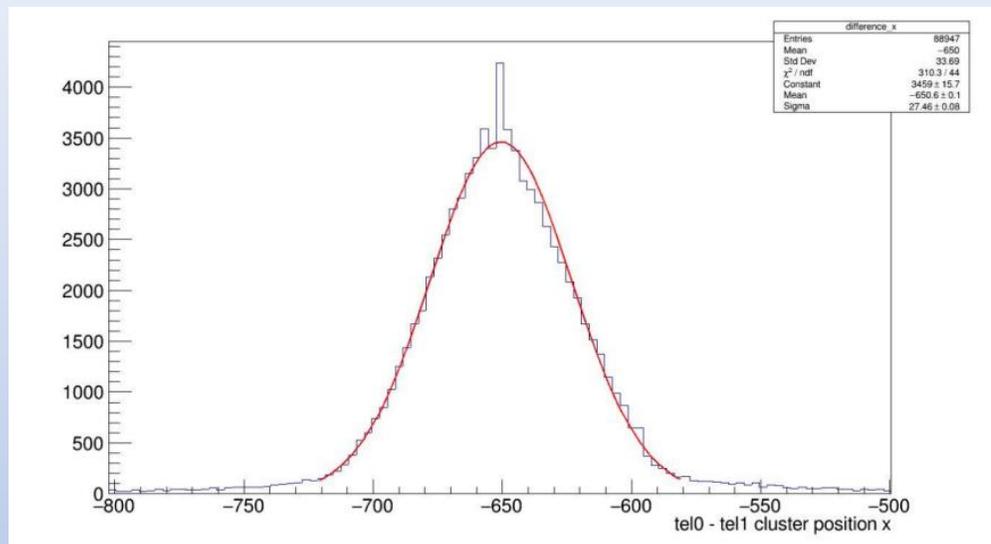


Юстировка пиксельных плоскостей. Отклонения в определении координаты кластера двумя разными пиксельными плоскостями

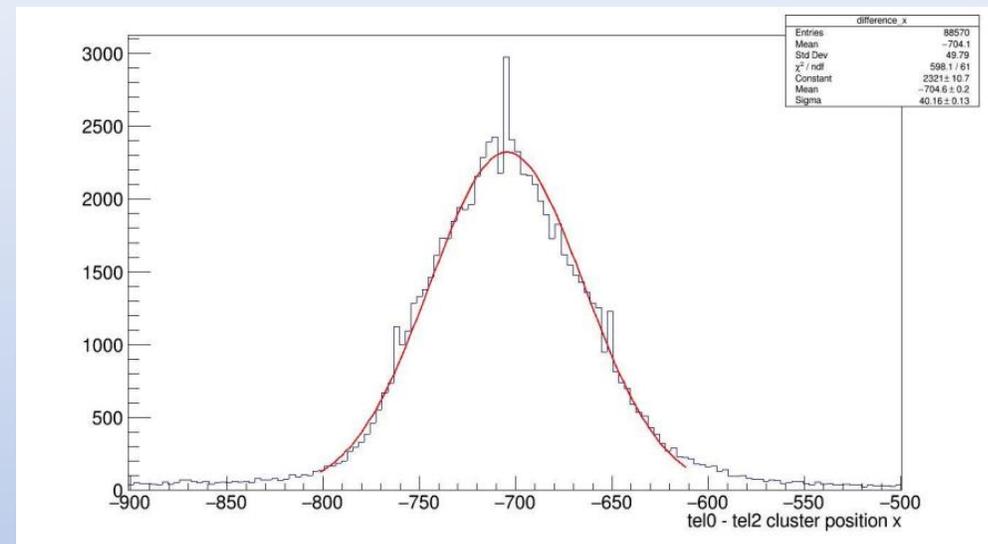


Юстировка пиксельных плоскостей. Отклонения в определении координаты кластера двумя разными пиксельными плоскостями (по оси абсцисс – мкм)

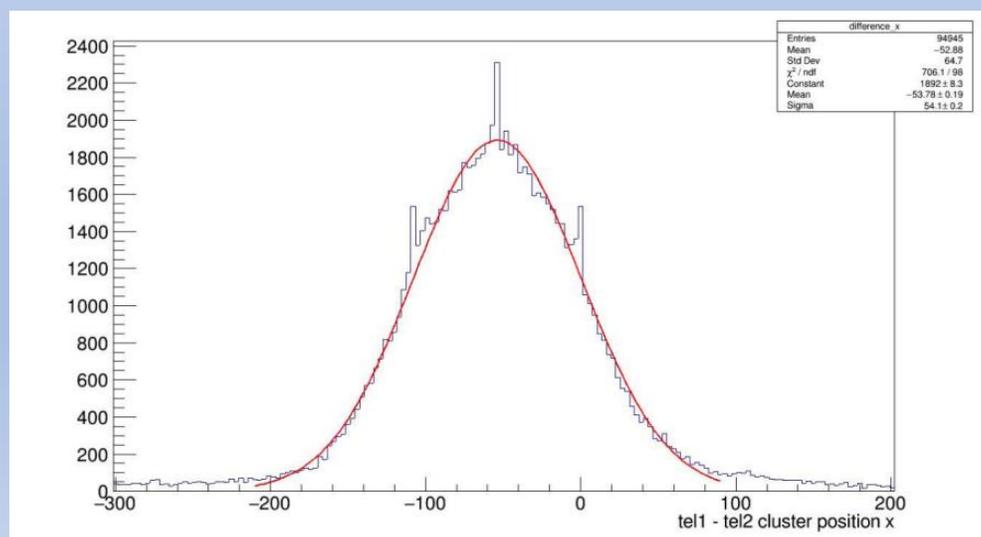
пл.0-пл.1



пл.0-пл.2

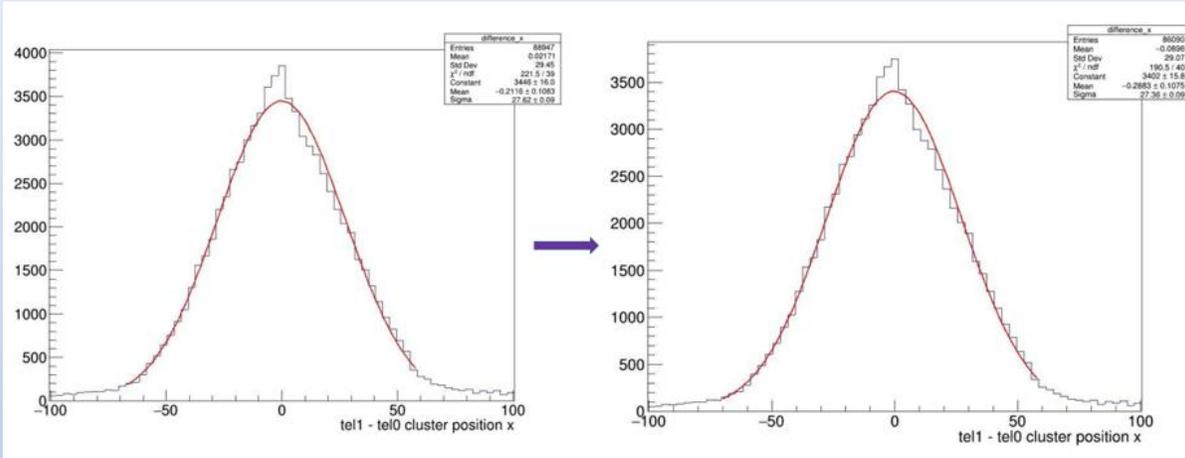


пл.1-пл.2

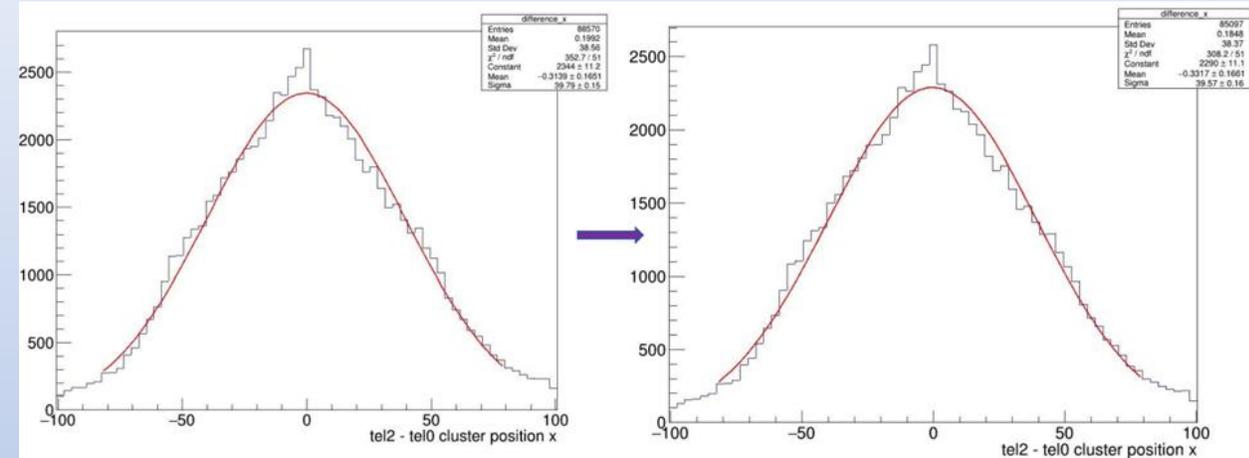


Юстировка пиксельных плоскостей. Результаты: слева – до отбрасывания кластеров из одного пикселя, справа - после

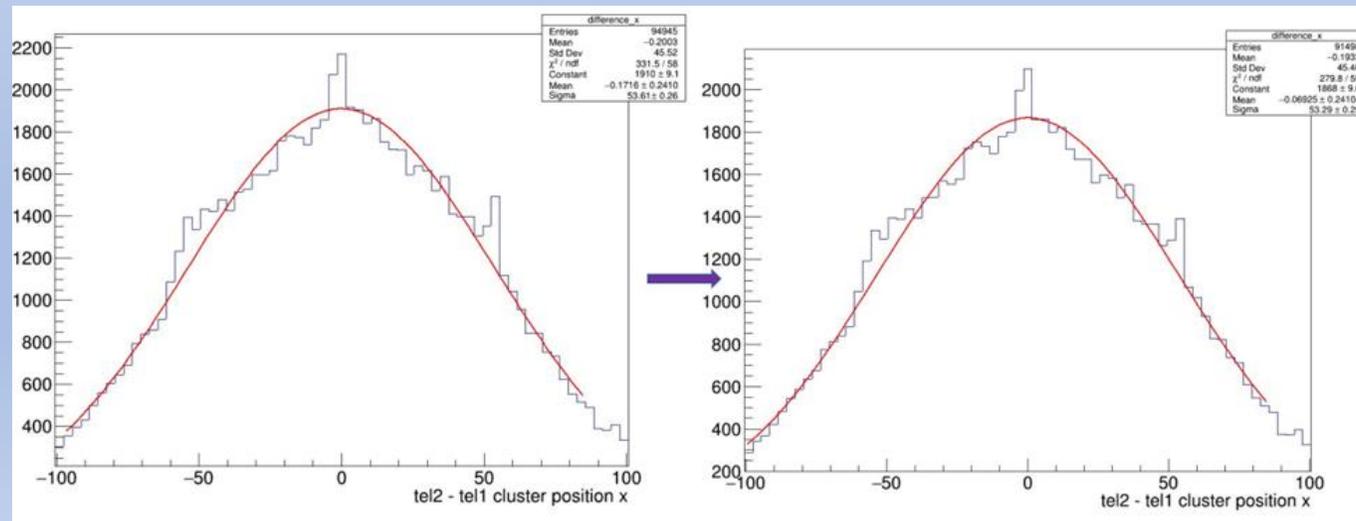
пл.1. - пл.0



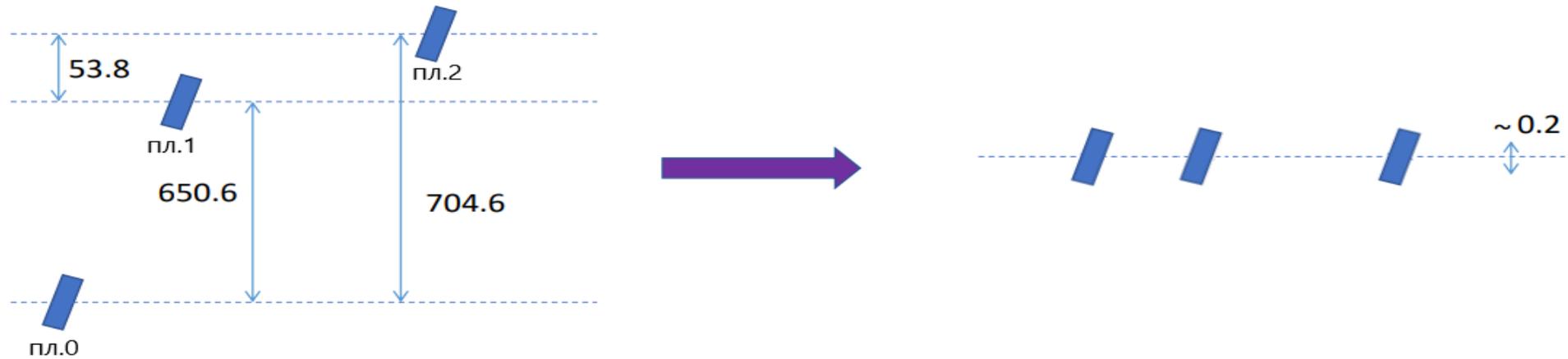
пл.2. - пл.0



пл.2. - пл.1



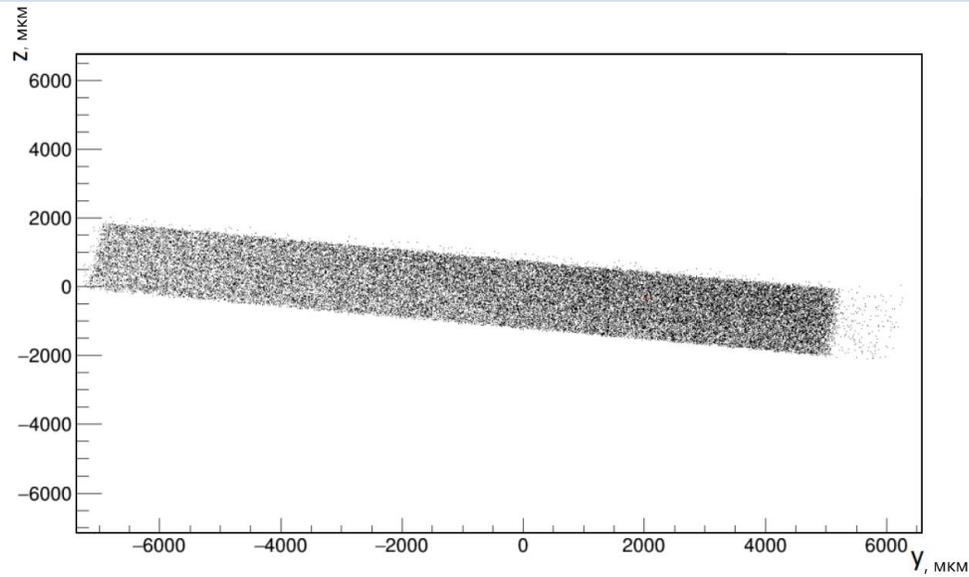
Юстировка пиксельных плоскостей. Итог



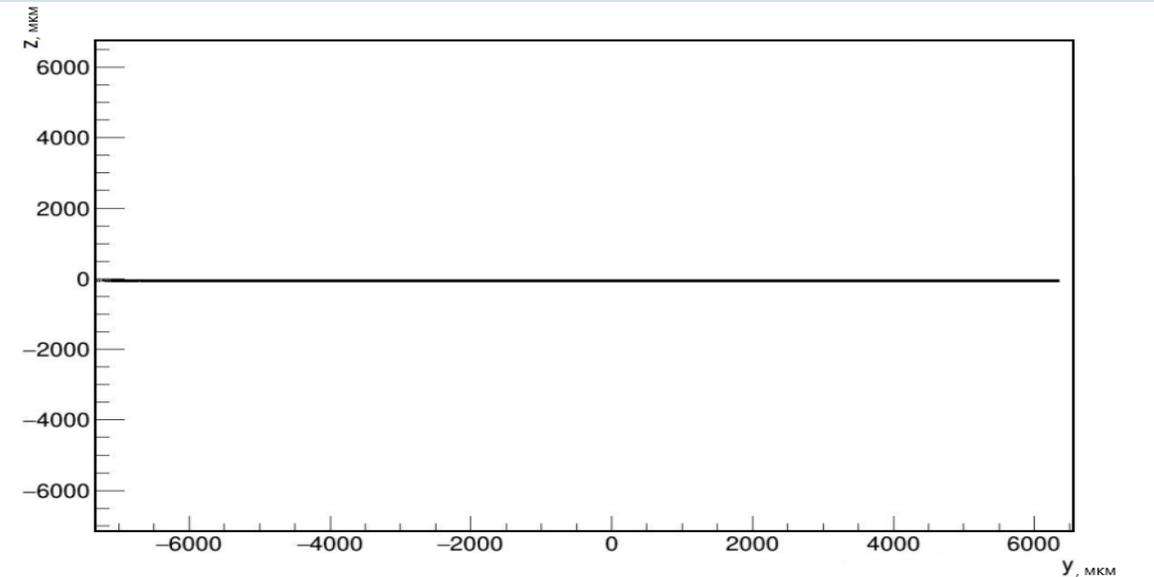
Х(1-3) и Y(5-7)	До юстировки	После юстировки
пл.1 – пл.0	650,6±0,1 мкм	-0,29±0,11 мкм
пл.2 – пл.0	704,6±0,2 мкм	-0,33±0,17 мкм
пл.2 – пл.1	53,8±0,2 мкм	-0,07±0,24 мкм
пл.1 – пл.0	-213,6 ± 0,2 мкм	-0,23 ± 0,07 мкм
пл.2 – пл.0	-370,8 ± 0,3 мкм	-0,11 ± 0,13 мкм
пл.2 – пл.1	-159,4 ± 0,1 мкм	-0,27 ± 0,12 мкм

Восстановление трека частицы. Учет наклона пиксельных плоскостей

До



После



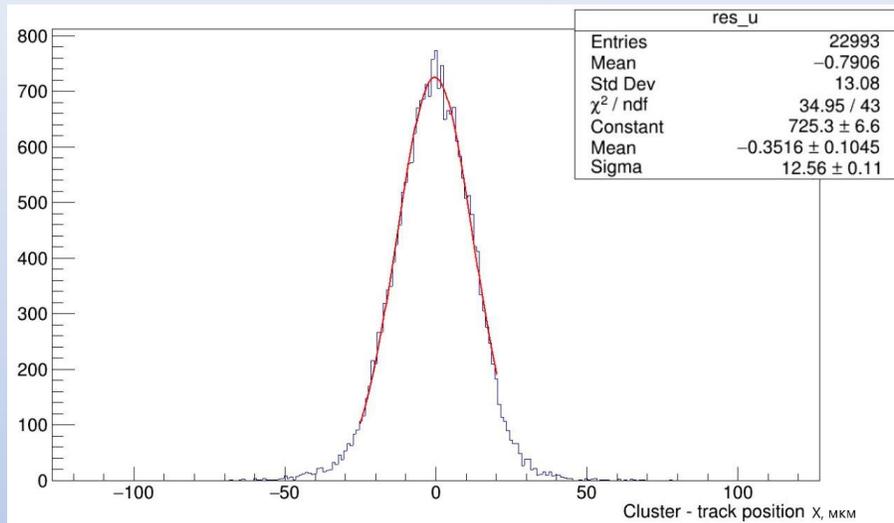
По вертикальной оси отложена Z -координата кластера, по горизонтальной - Y

Восстановление трека частицы. Построение гистограмм «Residuals»

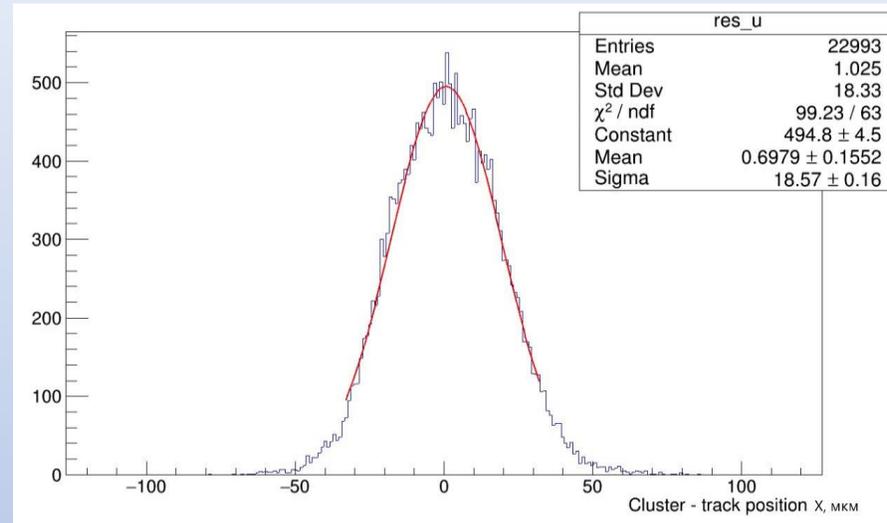
1. Берутся координаты кластера на любых двух пиксельных плоскостях
2. По этим двум точкам в пространстве проводится трек и проецируется на третью плоскость.
3. Строится гистограмма отклонения спроецированной на третью плоскость точки от позиции кластера, зафиксированной плоскостью.
4. Среднеквадратичное отклонение (σ) полученного отфитированного распределения Гаусса и даёт значение координатной точности.

Восстановление трека частицы. Координатная точность трёх дополнительных пиксельных детекторов по оси X

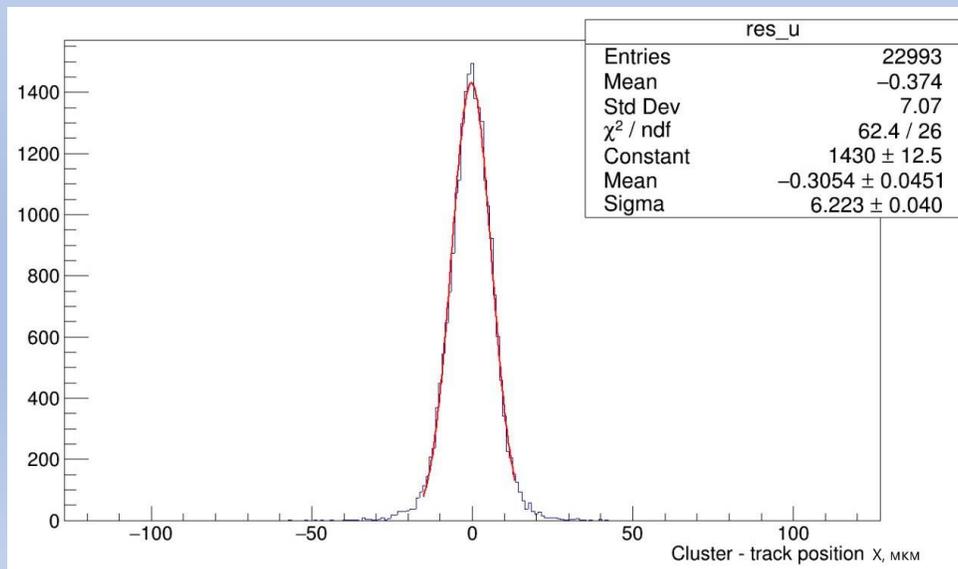
Пл.0



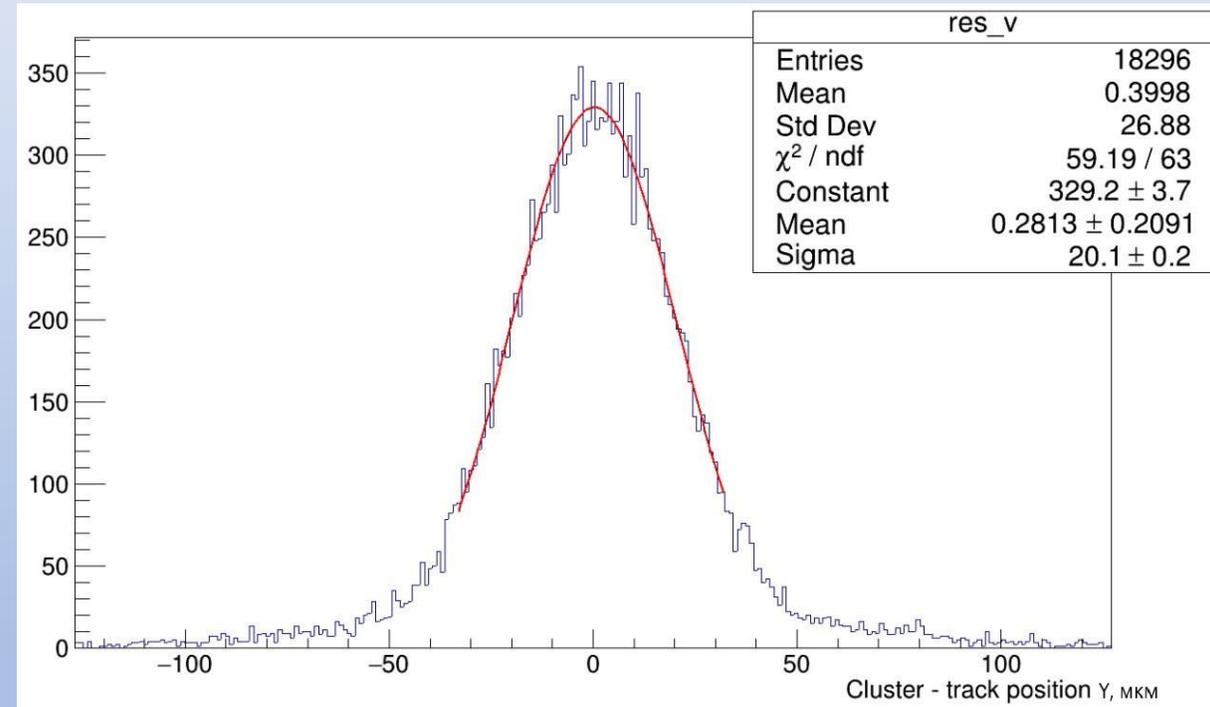
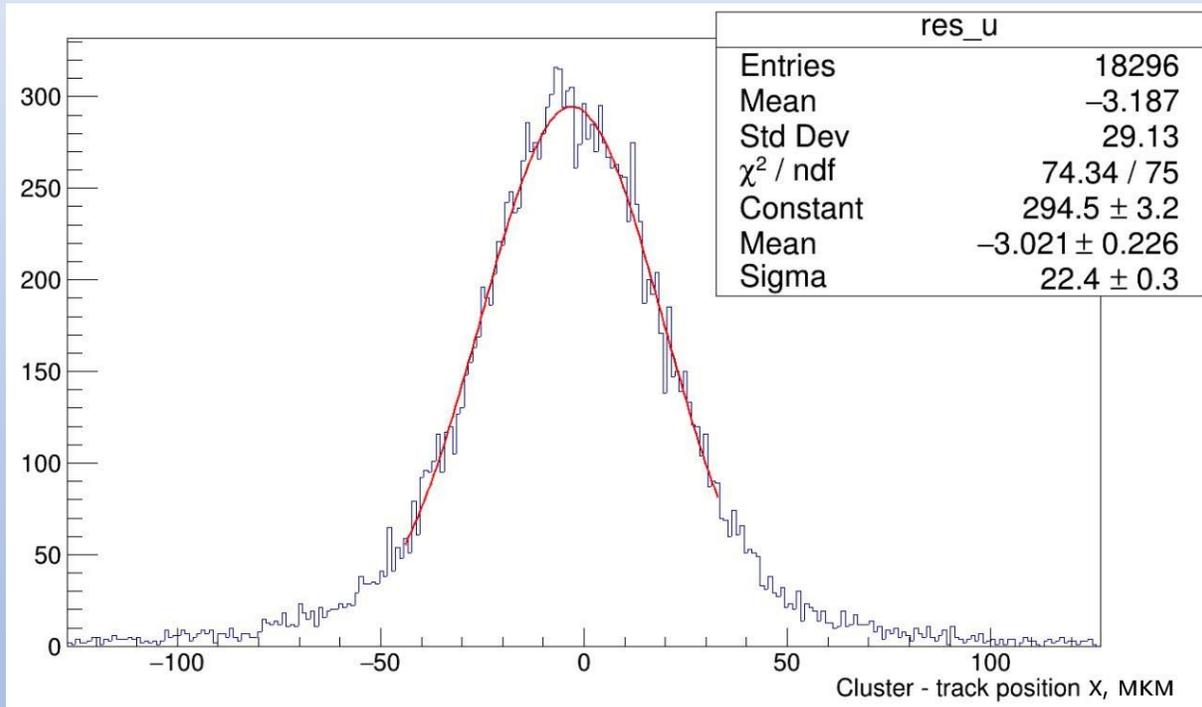
Пл.1



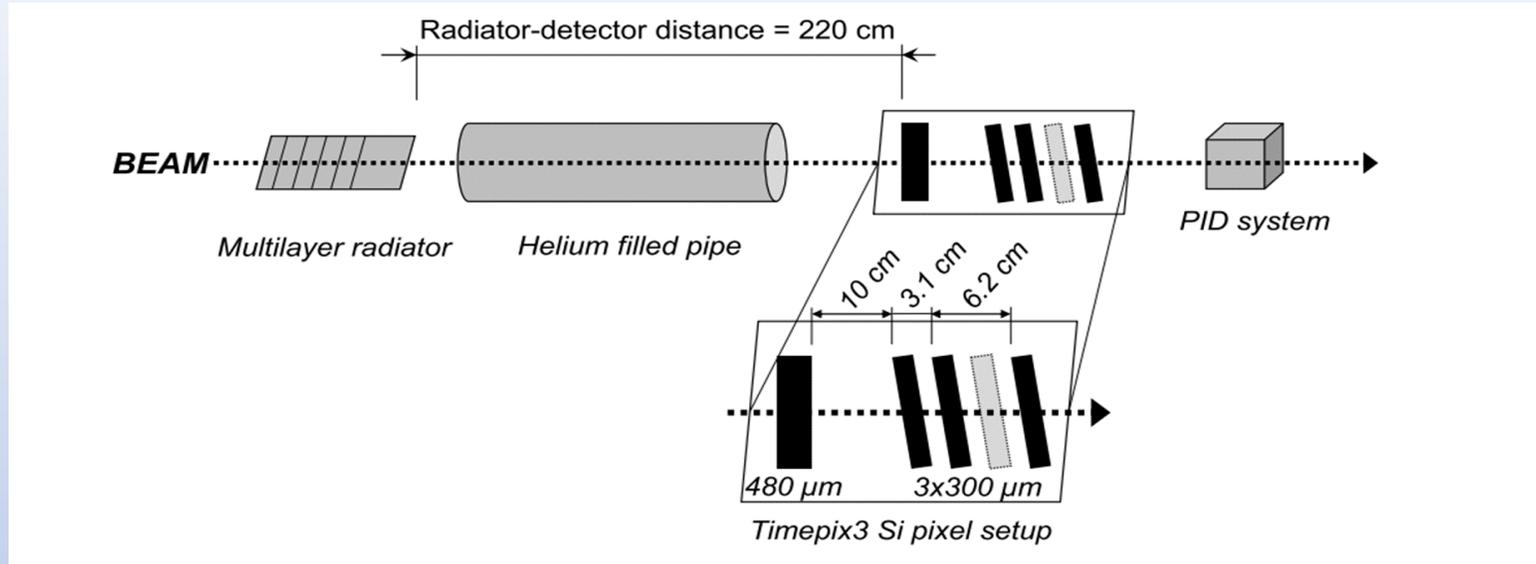
Пл.2



Получение координатной точности исследуемого детектора



Заключение



Для трёх дополнительных пиксельных плоскостей получены следующие значения координатной точности:

1. $12,6 \pm 0,1$ мкм для первой плоскости, $18,6 \pm 0,2$ мкм для второй и $6,22 \pm 0,04$ мкм для третьей плоскости по оси X;
2. $11,8 \pm 0,1$ мкм для первой плоскости, $18,0 \pm 0,1$ мкм для второй и $5,74 \pm 0,04$ мкм для третьей плоскости по оси Y.

Для исследуемого кремниевого детектора переходного излучения получено:

$22,4 \pm 0,3$ мкм по оси X, $20,1 \pm 0,2$ мкм по оси Y.

Приложение 1

Конфигурации сеансов измерений в эксперименте 2017 года

Radiator	Mylar		Polyethylene		Polypropylene			Fibre	Dummy	No radiator
	50 $\mu\text{m}/3\text{ mm}$	125 $\mu\text{m}/3.3\text{ mm}$	15 $\mu\text{m}/0.2\text{ mm}$	62 $\mu\text{m}/2.2\text{ mm}$						
Beam	1 set	3 sets	1 set	3 sets	5 sets	3 sets	5 sets			
e/ π 20 GeV	18-22	23-27	-	28-31	32-36	50+51	81	76	52+77	53
μ 120 GeV	68	69	71	72	73	70	-	67	74	-
μ 180 GeV	54+66	55+56	57	58+59	60+61	62+63	80	78	65+79	64

Приложение 2

Конфигурации сеансов измерений в эксперименте 2018 года

GaAs-2018 test beam summary

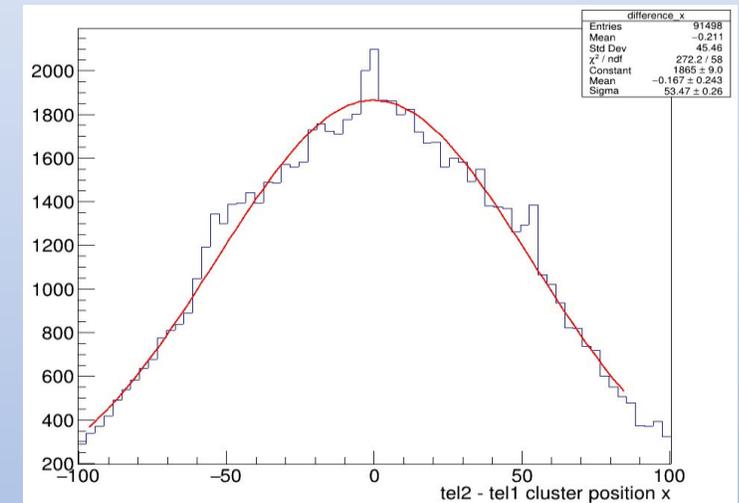
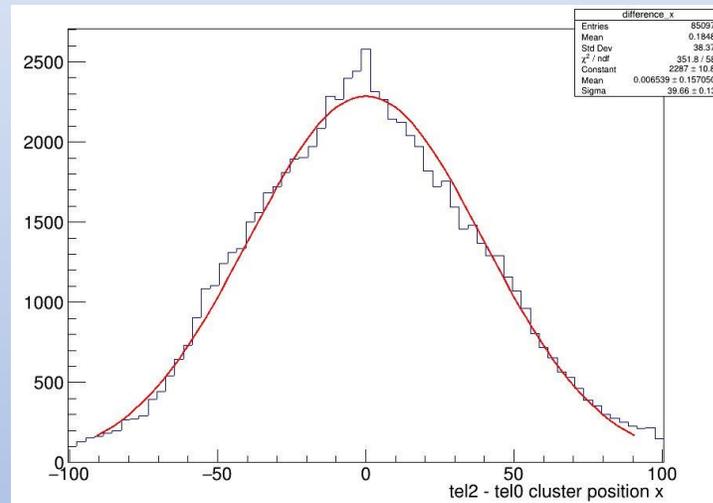
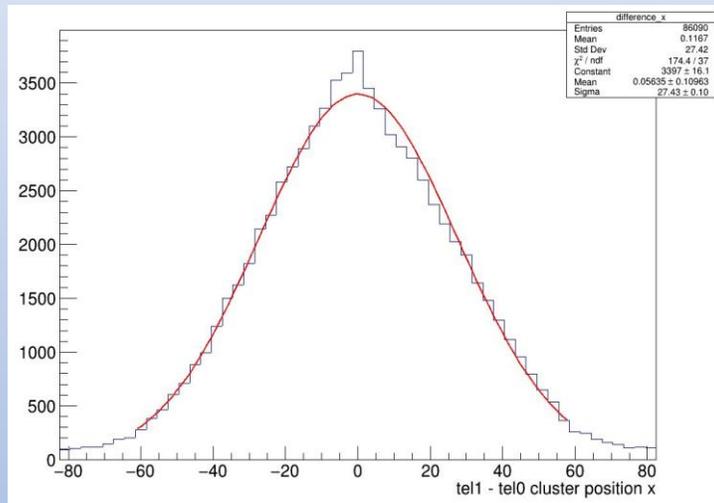
(run numbers and statistics)

/eos/atlas/atlascerngroupdisk/det-trt-tb/testbeam2018/GaAs/Analysis/pass2/run**_3.root

		Mylar		Polyethylene				No radiator	Dummy radiator
		50μ/3mm		67μ/3mm		67/2	91/2.3		
		30 foils	90 foils	30 foils	90 foils	90 foils	30 foils		
e/π 20 GeV	2 m	32+51 11943+31201 11604+30394	31+50 12139+31752 11835+31144	35+53 22881+17772 22154+17335	33+34+52 7822+18838+20040 7594+18297+19601	36+54 23544+20437 22854+19995	37+55 23442+19080 22719+18547	38 22351 21595	39 22413 21613
	4 m	43 49887 48510	40+41+42 20926+2768+14352 20267+2692+13897	45 33602 32768	44 40497 39846	46+47 3415+29565 3376+29093	48 32992 32208	-	49 19023 18399
μ 120 GeV	2 m	2 82565 81655	1 88941 87748	4 95270 94250	3 95959 94973	5 97810 96761	6 87722 86760	-	7 90656 89637
	4 m	9 87605 86598	8 98229 97162	11+12 43758+49781 43287+49126	10 95893 94932	13+14 77279+29131 76353+28783	15 97570 96352	-	16 94856 93606
μ 180 GeV	2 m	25 64876 63539	24 64193 62891	27 63361 62100	26 64685 63400	28 61135 59937	29 42204 41321	-	30 21662 21187
	4 m	18 66070 64830	17 65147 63900	20 67245 65846	19 65876 64594	21 65643 64367	22 65069 63802	-	23 63830 62493
μ 290 GeV	2 m	61 40339 38906	62 29374 28325	59 36357 35019	60 38116 36849	57 45124 43592	56 36037 34703	-	58 39528 38142
	4 m	68 28001 26979	63 28443 27546	67 26626 25709	64 38173 36955	65 28100 27158	66+70 18556+17853 17911+17160	-	69 25963 24965

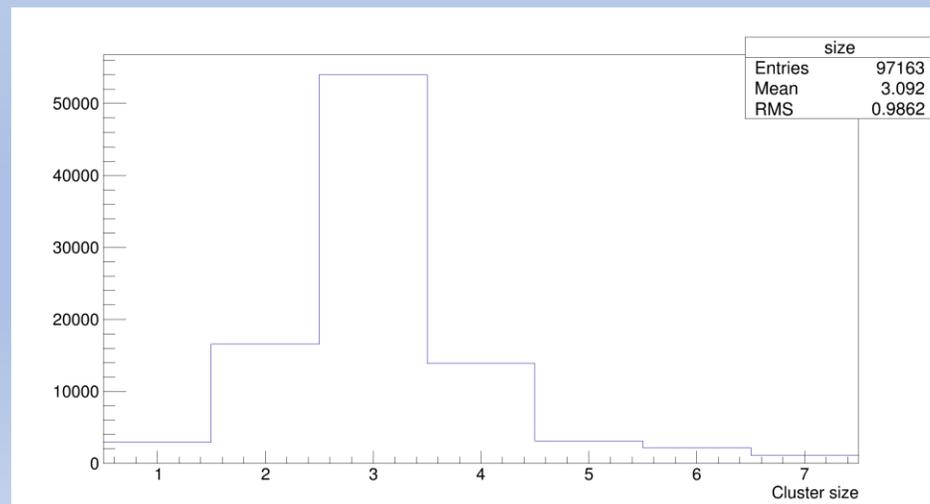
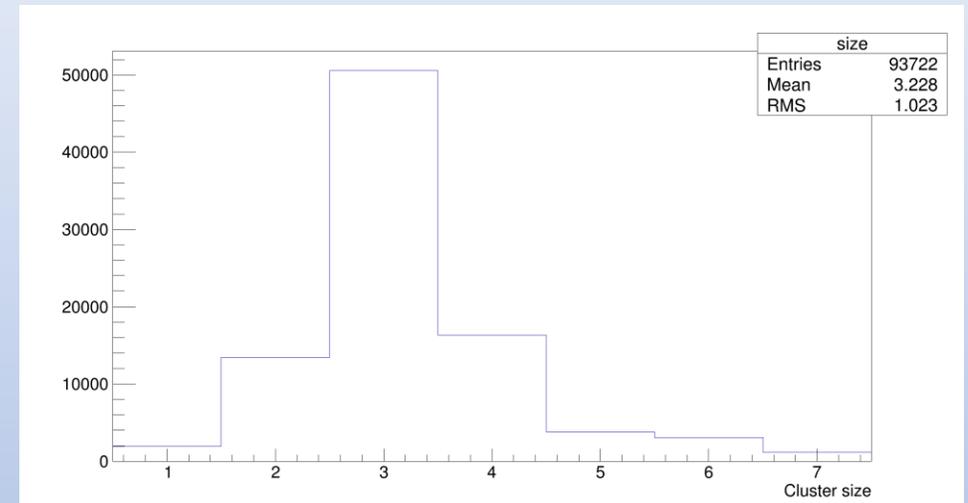
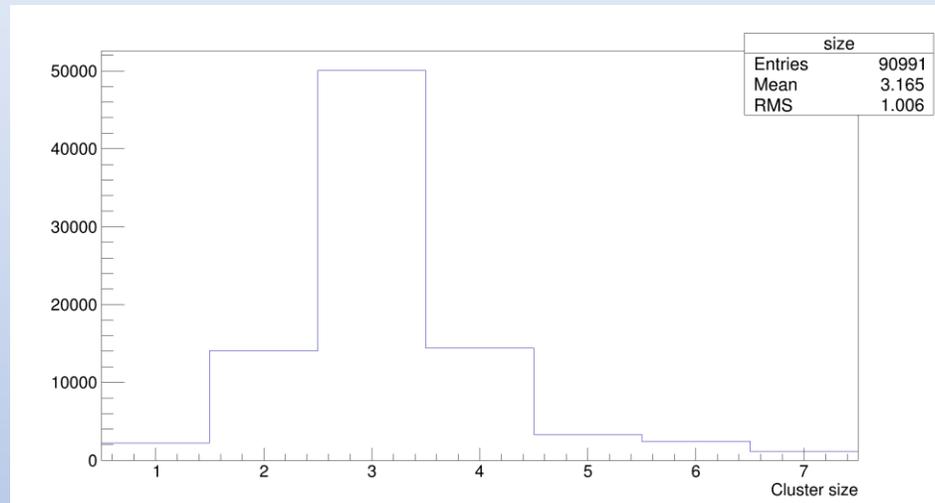
Приложение 3

Первая итерация выравнивания



Приложение 4

Распределение по размерам кластеров: плоскости 0, 1 и 2 соответственно



Приложение 5

S-кривая

