

Координатные системы для дефектоскопии и позиционирования пучка при тестировании детекторов

ДУРОВ АНДРЕЙ, МОСКВА

Цель работы

Цель работы – совершенствование и дополнение методик дефектоскопии детекторов:

1. Обработка результатов рентгеновского тестирования детекторов sTGC, произведенных в институте Вайцмана, с целью выявления систематики в дефектных областях детекторов
2. Создание установки для мониторинга пучка заряженных частиц во время теста на пучке

Тестируемый детектор – sTGC (small-strip thin gap chamber)

- ▶ Детектор представляет собой конструкцию, изображенную на рис. 2.
- ▶ Основные компоненты детектора: стрипы (strips), проволочки (wires) и катодные платы
- ▶ Также используется квадруплетная структура из sTGC

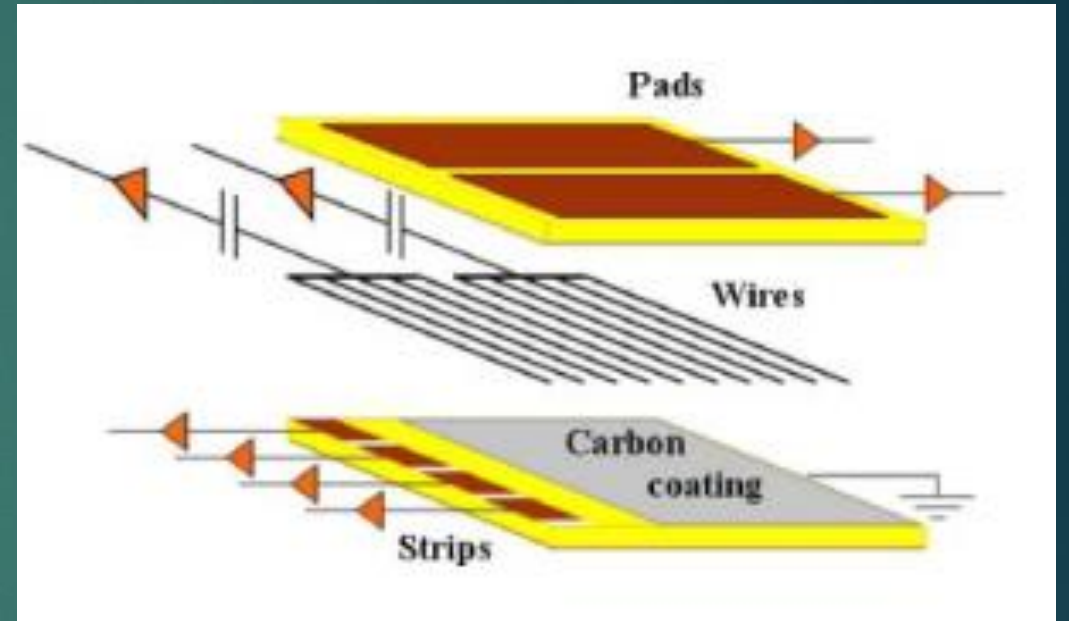


Рис. 2

Некоторые виды тестирований для контроля параметров детекторов

- ▶ Высоковольтный тест
- ▶ Калибровка на космических мюонах
- ▶ Различные RLC-тесты (например, импульсный)
- ▶ Рентгеновский тест
- ▶ Тест на пучке

Калибровка на космических мюонах

- + Позволяет оценить однородность детектора по газовому усилению
- + Позволяет оценить шумы электроники
- Требуется считывающая электроника, которая:
 - Может не существовать на момент измерений
 - Может отличаться от той, что будет установлена в эксперименте

Рентгеновский тест

Рентгеновский сканер представляет собой установку для сканирования всей площади sTGC в сочетании с рентгеновской трубкой Amptek Mini-X и специализированным программным обеспечением QScanner для измерения высоковольтной токовой характеристики анодных проволочек с высоковольтным источником питания



Рис. 3

Результаты рентгеновского теста

Рентгеновский тест позволяет определить:

1. Распределение газового усиления по площади
2. Выявление «горячих» и «холодных» областей детектора
3. Пространственную ориентацию различных элементов конструкции в детекторе – например, проволочек
4. Поиск несоосностей (см. рис. 4)
5. Проверка выравнивания проволочек между слоями в дублете (см. рис. 5)

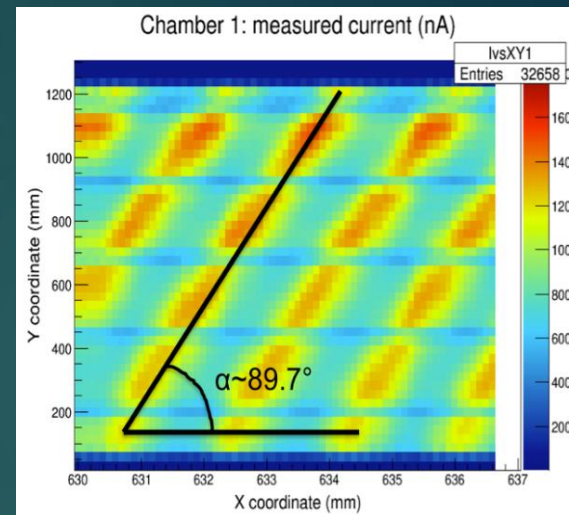


Рис. 4

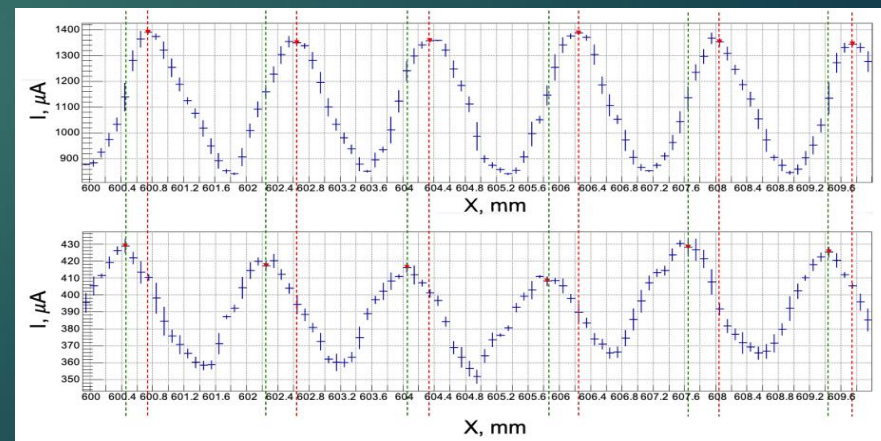


Рис. 5

Результаты анализа

- ▶ Сначала была получена цветовая диаграмма значений сил тока от координат измерения на плоскости детектора типа QL1
- ▶ По координатным осям – координаты измерения
- ▶ По цветной оси – значение силы тока

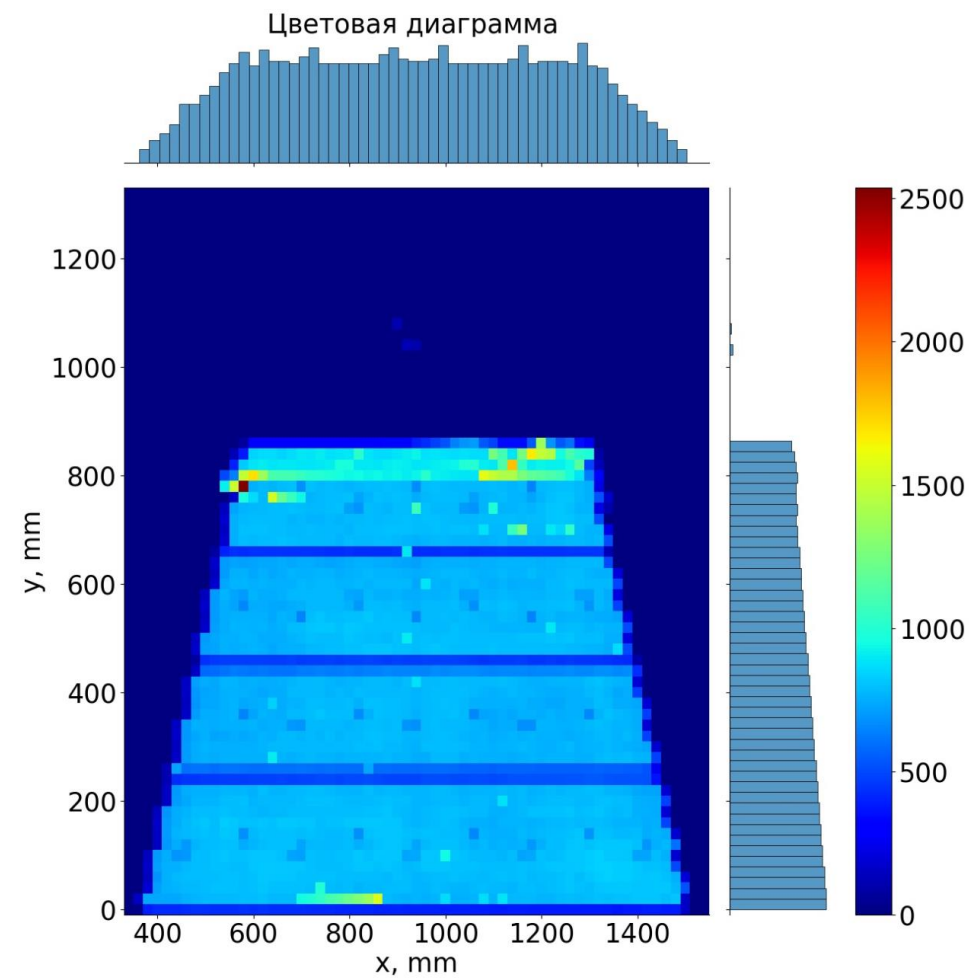


Рис. 7

Результаты анализа

Были получены цветные диаграммы числа превышений среднего значения силы тока на некоторый процент от среднего значения по детектору в конкретной серии испытаний

На рис. 9 показаны цветные диаграммы превышения на 20%, 40%, 60%, 80% от среднего

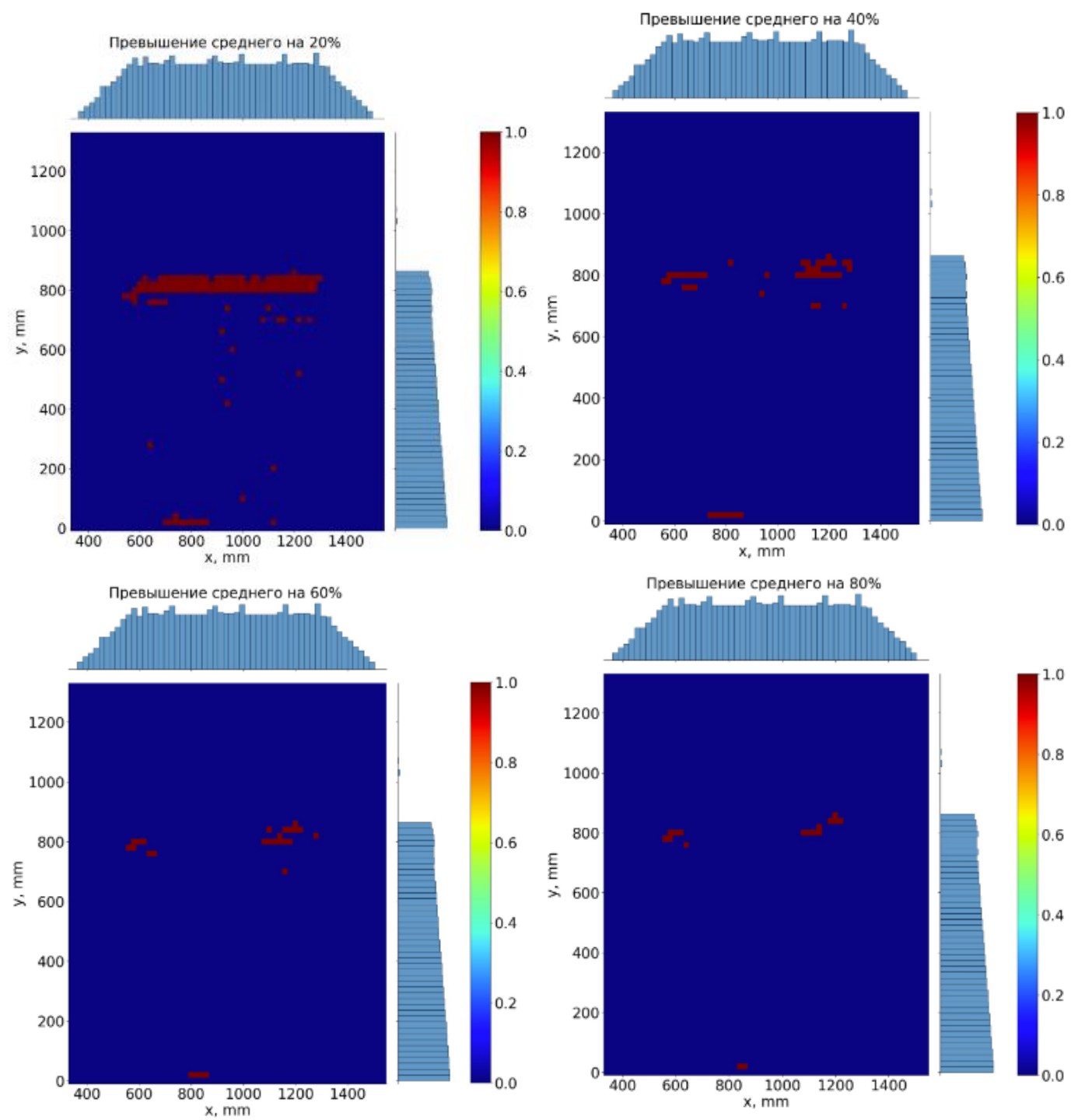


Рис. 9

Результаты анализа массива файлов

Теперь была получена цветовая диаграмма числа превышений среднего значения силы тока по детектору в конкретной серии испытаний

Массив состоял из 701 файла, в каждом – примерно 30 000 испытаний (суммарно по всей плоскости детектора)

На рис. 11 (и далее) показаны цветовые диаграммы массива испытаний для типа детектора QL1

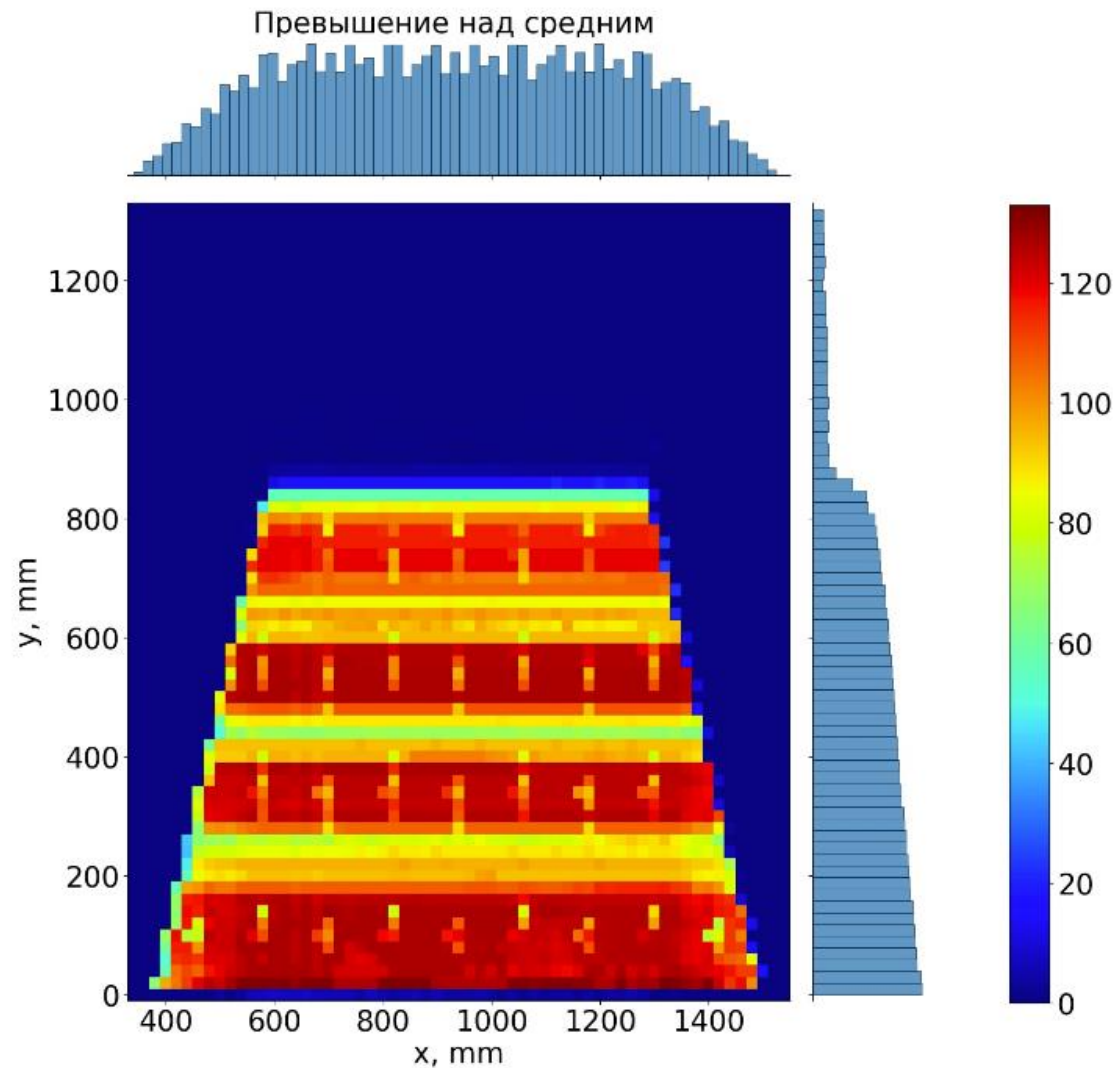


Рис. 11

Результаты анализа для массива файлов

Аналогично были получены Color map'ы числа превышений среднего значения силы тока на некоторых процент от среднего значения по детектору в конкретной серии испытаний для массива файлов

На рис.12 показаны цветные диаграммы превышения на 10 - 40% от среднего

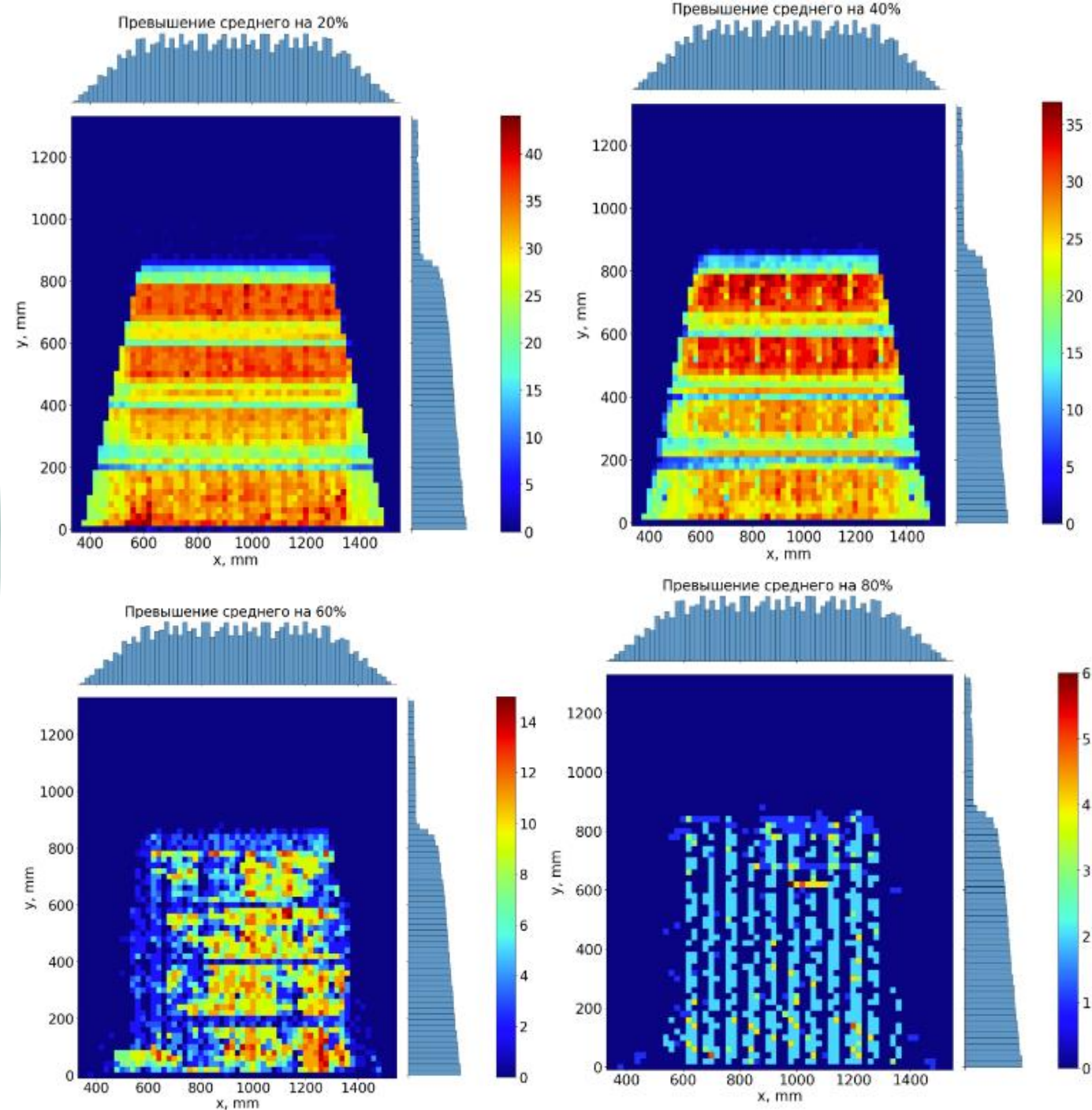


Рис. 12

Анализ «ХОЛОДНЫХ ЗОН»

Аналогичным образом были получены цветные диаграммы событий, в которых сила тока ниже на некоторый процент от среднего значения

На рис. 15 показаны цветные диаграммы событий, в которых сила тока ниже на 10 - 40% от среднего

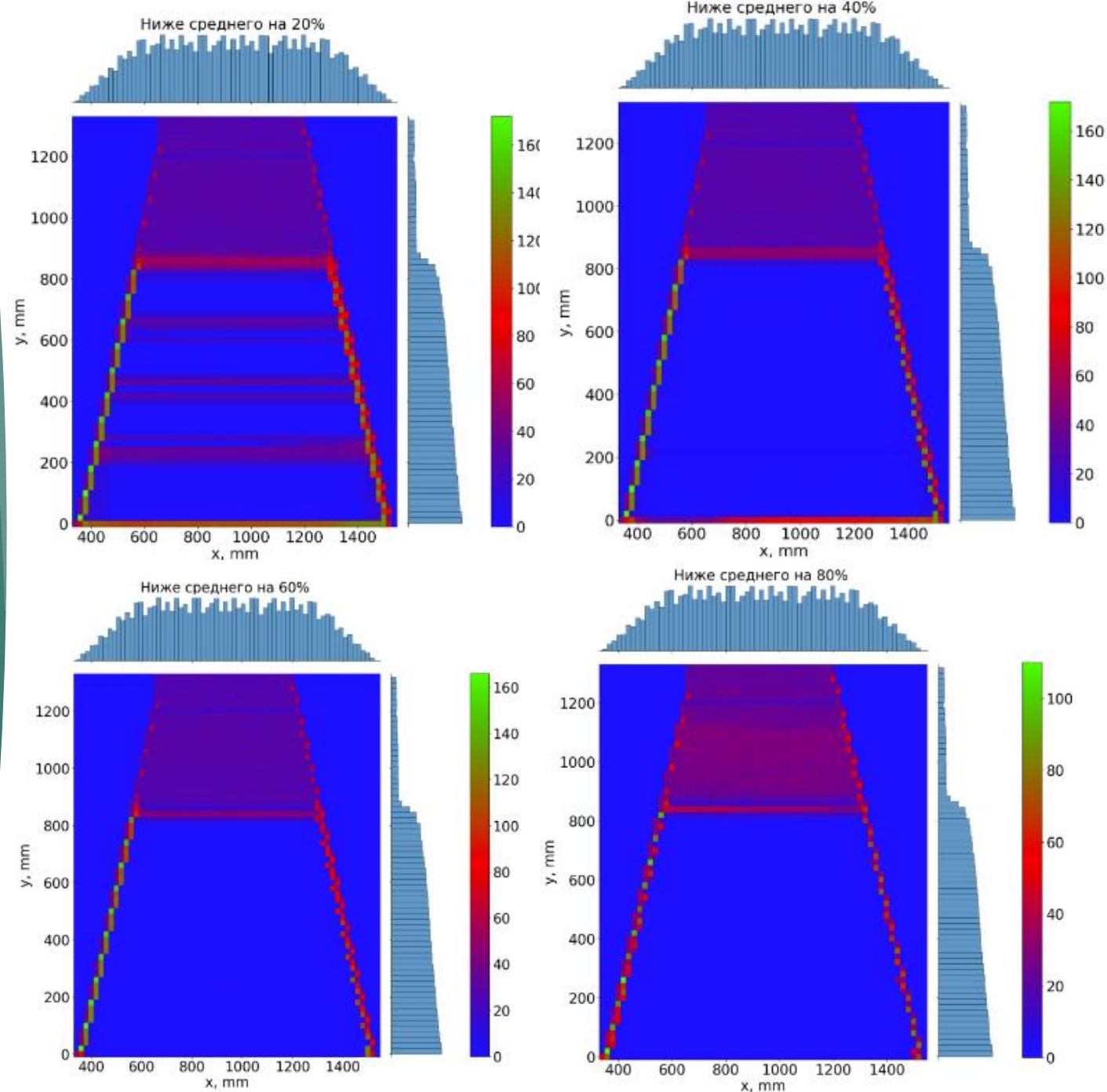
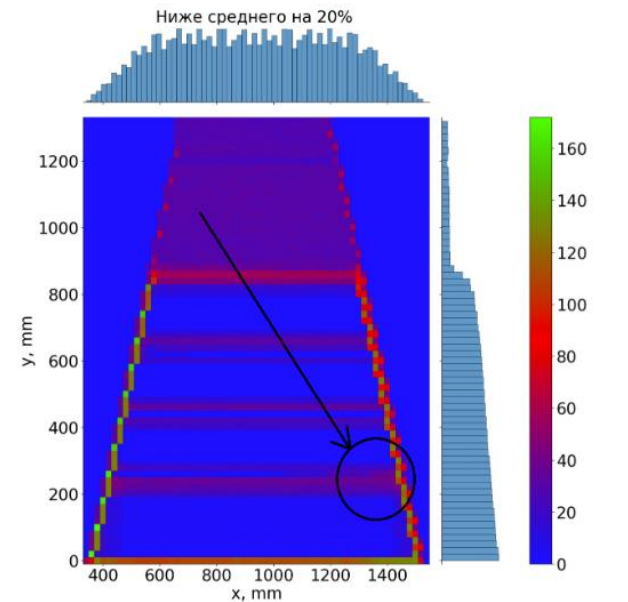


Рис. 15

Результаты анализа

Основываясь на составленных выше цветовых диаграммах были выявлены зоны детекторов, которые требуют доработки технологии сборки, а также особого внимания при анализе физических данных во время сеансов на ускорителе, например, повышенной частоты ложных срабатываний. Преимущественно, такие зоны расположены по углам детекторов. Полученные результаты могут быть учтены при анализе данных с экспериментов с использованием протестированных детекторов sTGC.

На рис. 17 показано предполагаемое расположение «холодных» зон, основываясь на соответствующем анализе



(а)

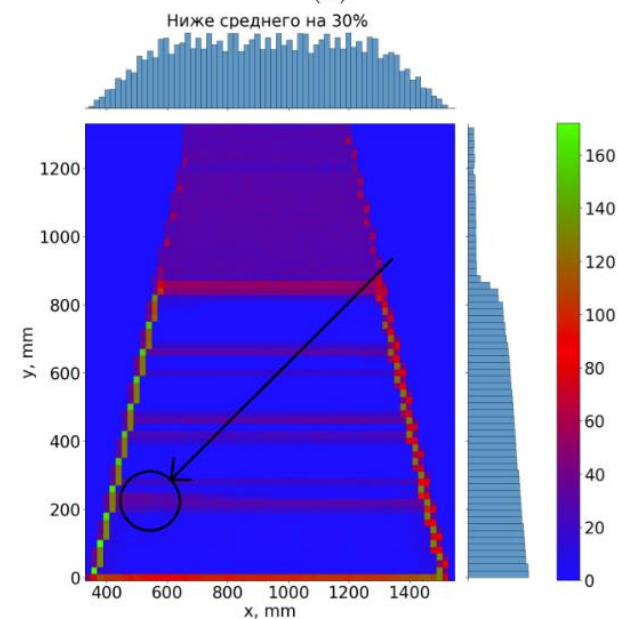


Рис. 17



Результаты анализа

Предполагаемое расположение дефектных зон, сделанное на основе цветowych диаграмм превышения снимаемой силы тока над средним показаны на рис. 18

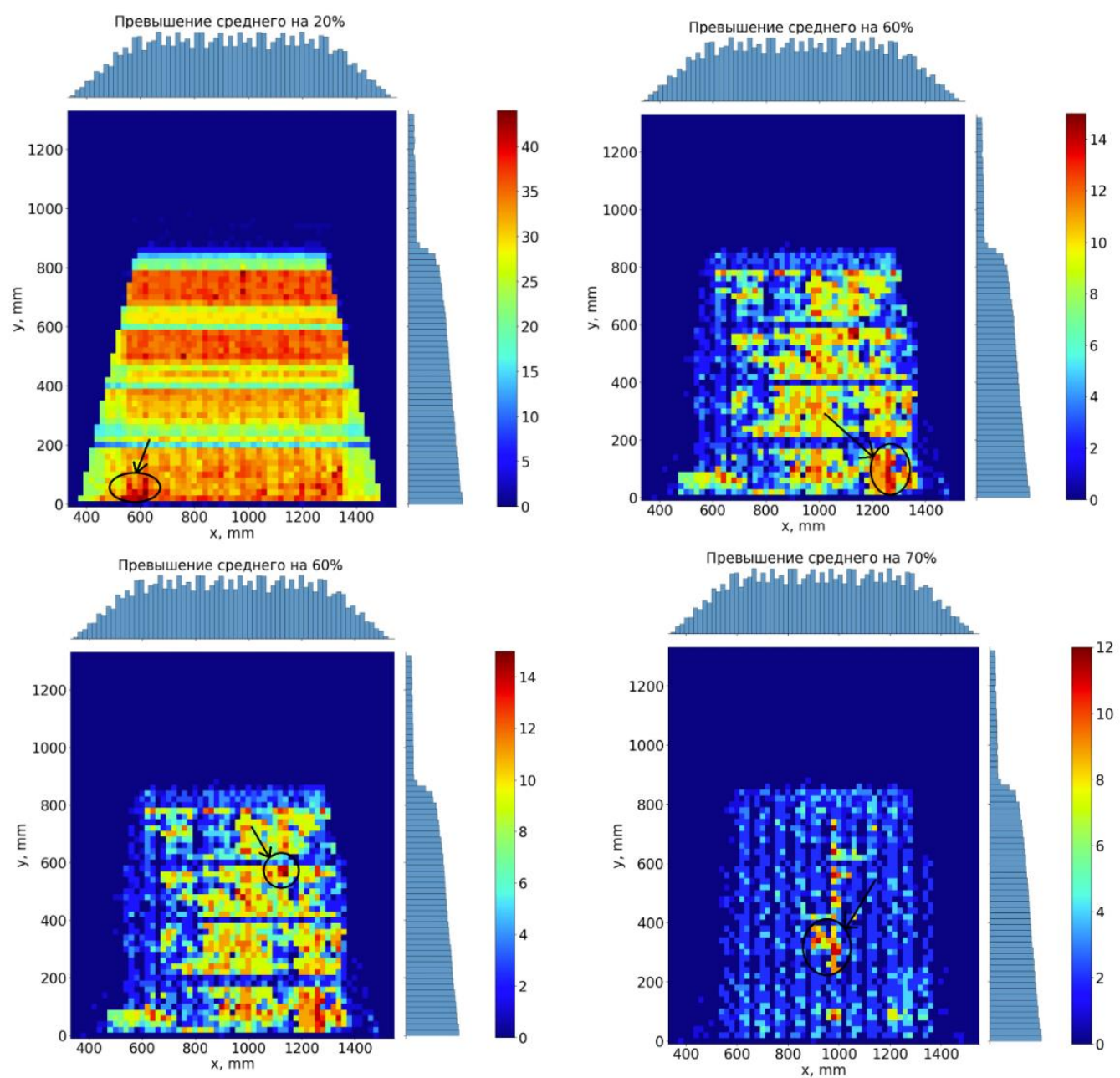


Рис. 18

Установка для мониторинга положения пучка заряженных частиц

Во время теста на пучке существует проблема позиционирования экспериментальной установки относительно пучка в условиях, когда исследуемый детектор находится на пучке ограниченное время



Рис. 19

Решения

1. Использование сцинтилляционных волокон (см. рис. 20)
2. Использование чистых кварцевых волокон
3. Использование легированного кварца и оптоволокон (см. рис. 21)

- Предлагаемое решение - дистанционное управление положением координатного стола с детектором на кремниевом фотоумножителе (SiPM) в режиме ограниченного времени

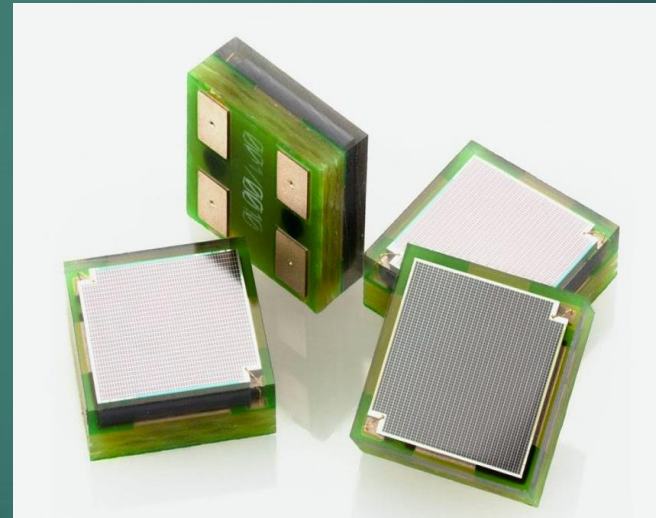


Рис. 22

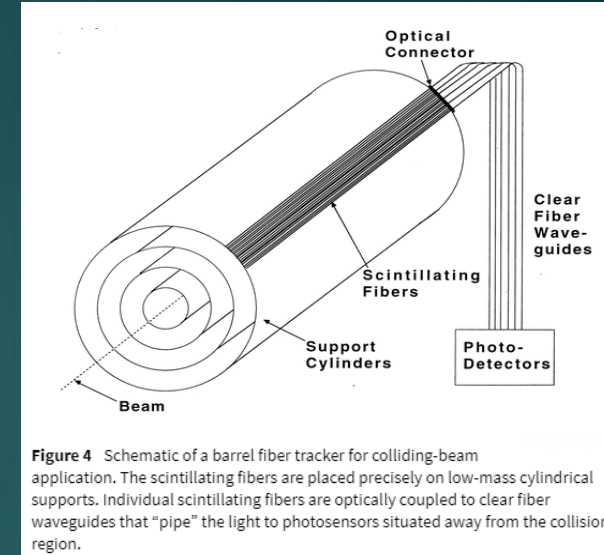


Figure 4 Schematic of a barrel fiber tracker for colliding-beam application. The scintillating fibers are placed precisely on low-mass cylindrical supports. Individual scintillating fibers are optically coupled to clear fiber waveguides that "pipe" the light to photosensors situated away from the collision region.

Рис. 20

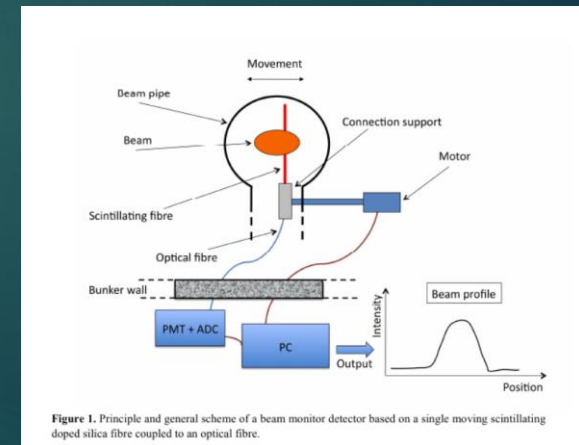


Figure 1. Principle and general scheme of a beam monitor detector based on a single moving scintillating doped silica fibre coupled to an optical fibre.

Рис. 21

Преимущества кремниевых фотоумножителей

1. Не требует постоянной калибровки
2. Относительно дешевая реализация
3. Более простая и удобная установка
4. Управление может быть как ручным, так и дистанционным
5. Маневренность платформы с детектором, что обеспечивает быстрое перемещение детектора

ВНЕШНИЙ ВИД УСТАНОВКИ

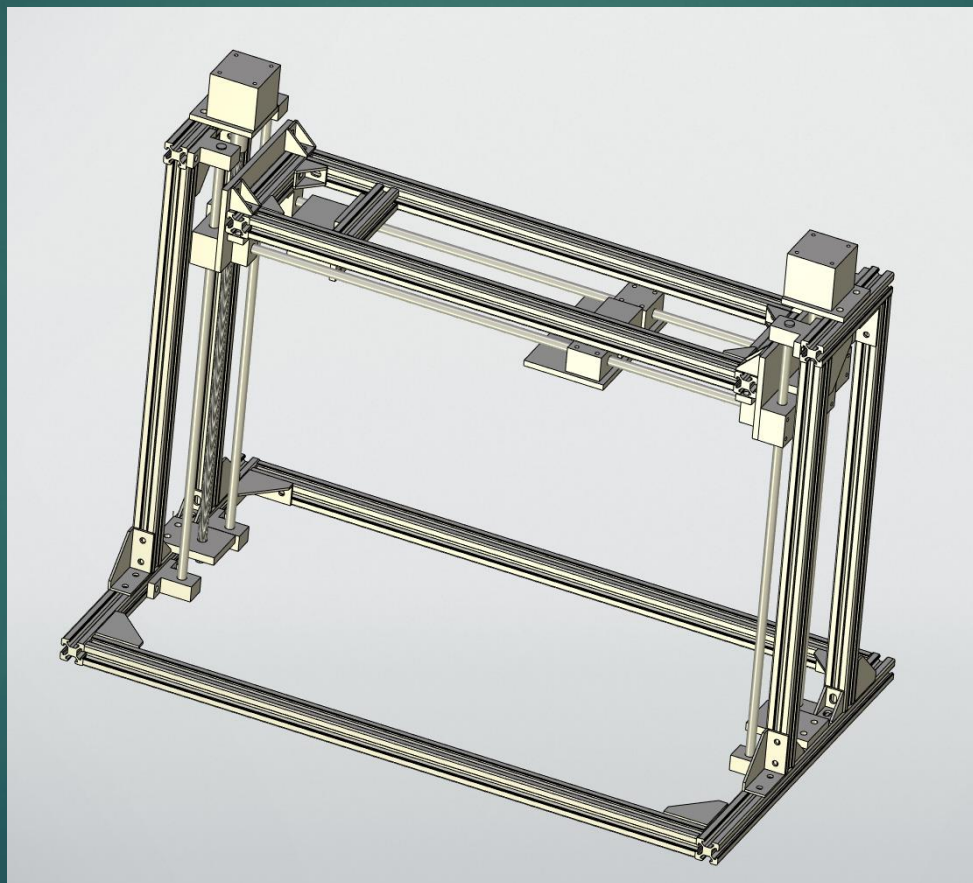


Рис. 22

ВНЕШНИЙ ВИД УСТАНОВКИ

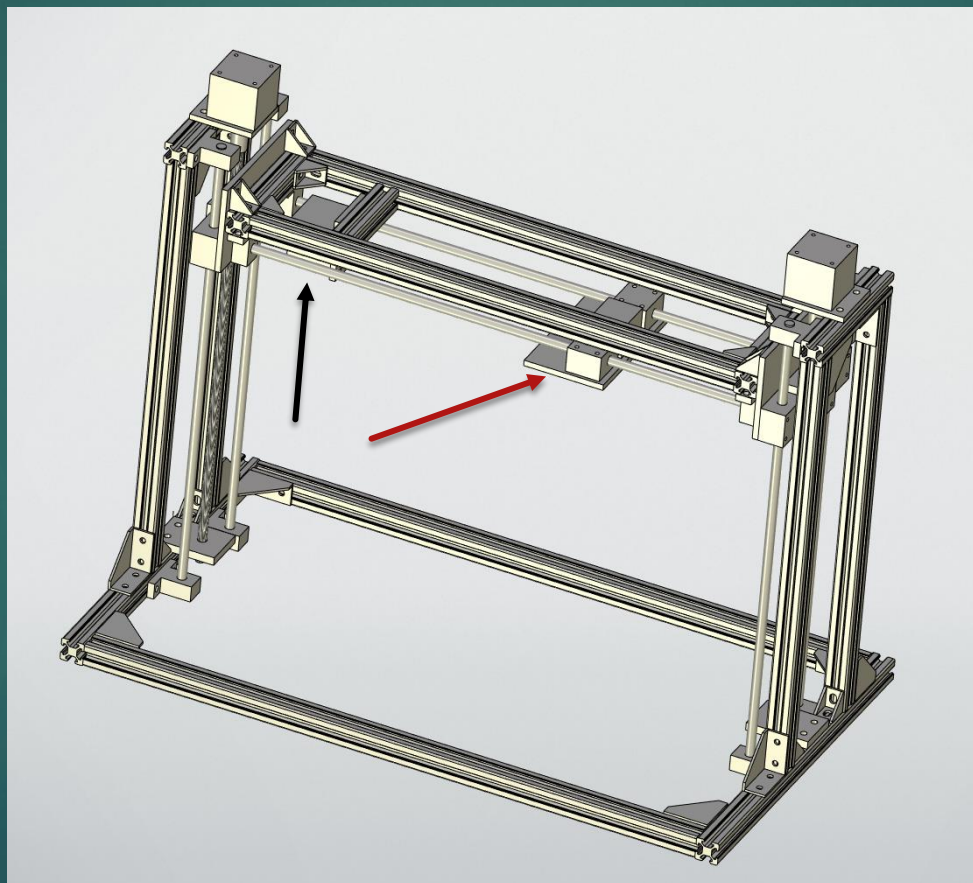


Рис. 22

ВНЕШНИЙ ВИД УСТАНОВКИ

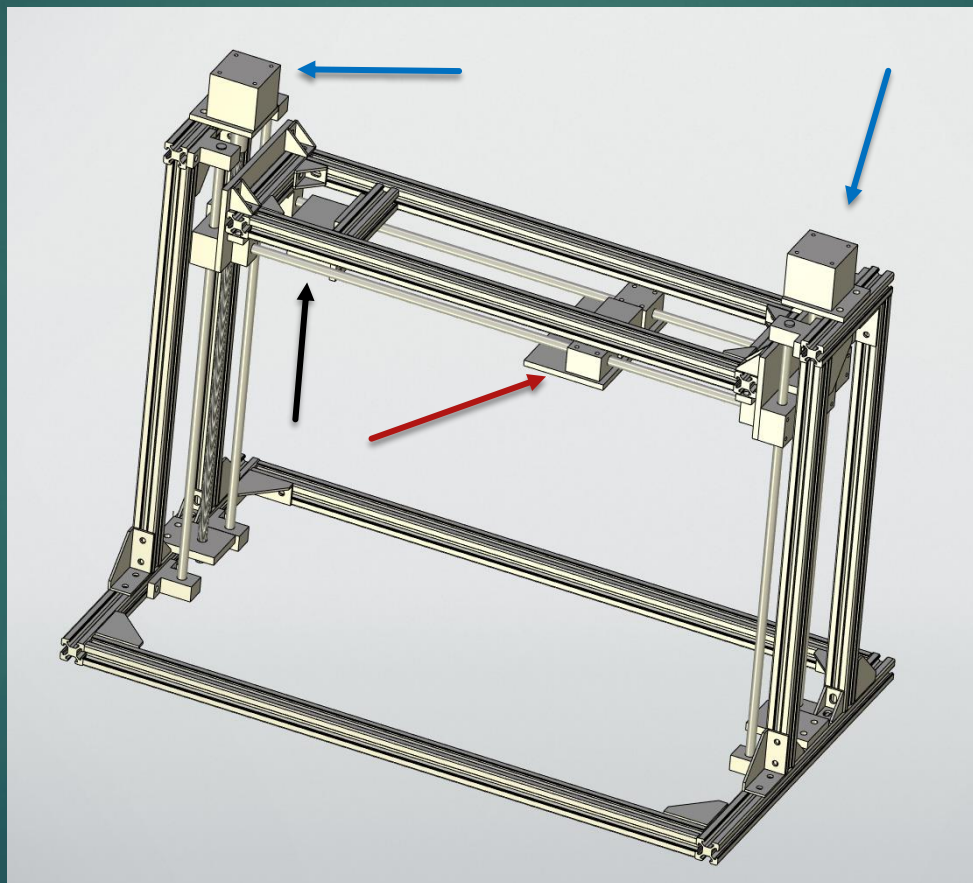


Рис. 22

Результат

В результате была собрана и испытана установка, финальный вид можно увидеть на рис. 23

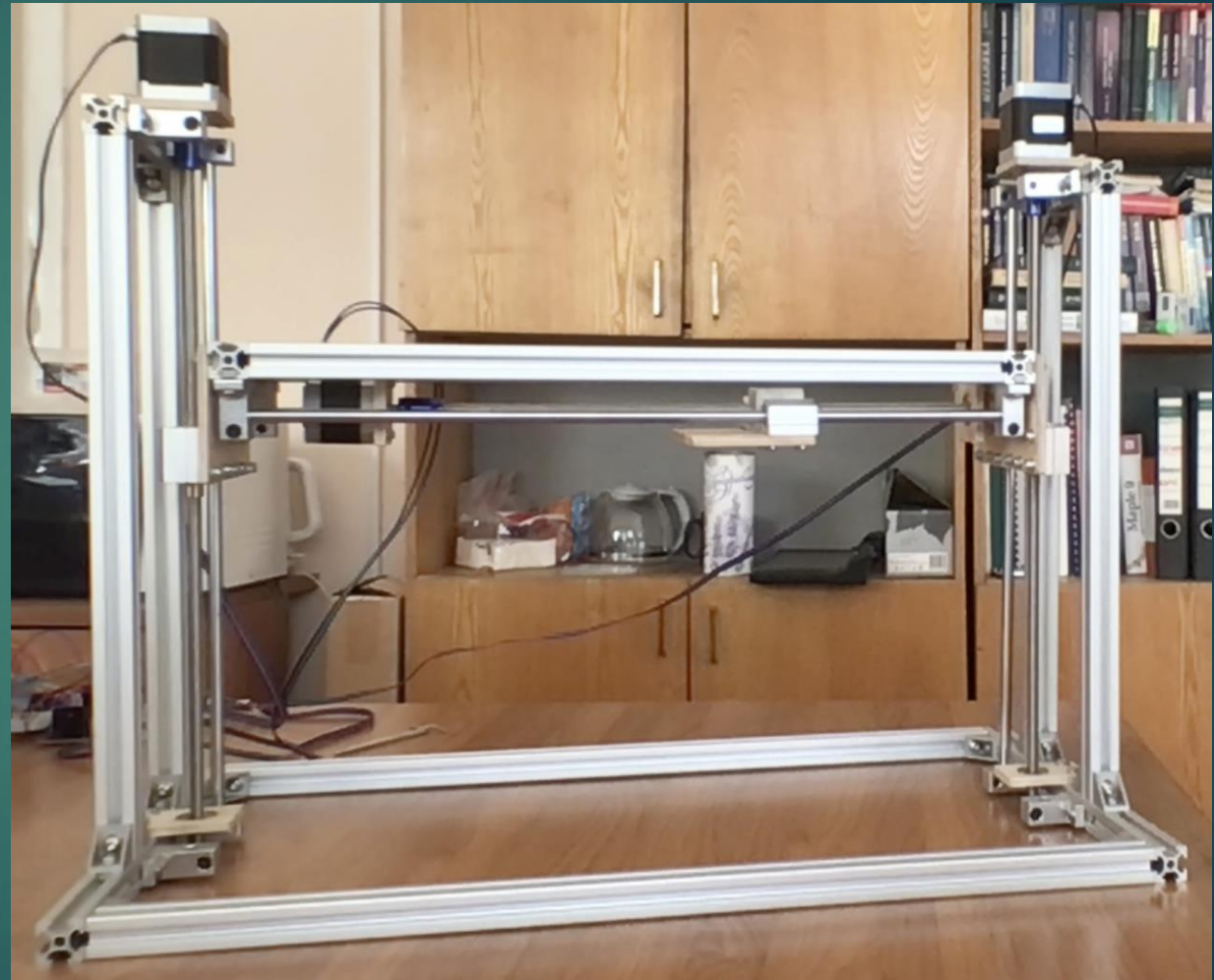


Рис. 23

Испытание установки

Для испытания установки был проведен следующий эксперимент. На передвижную площадку был установлен и закреплен детектор на основе кристалла $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ и SiPM SensL FC-30035. Детектор был подключен в цепь, схему которой можно увидеть на рис. 24. В качестве источника был использован цезий-137 (^{137}Cs).

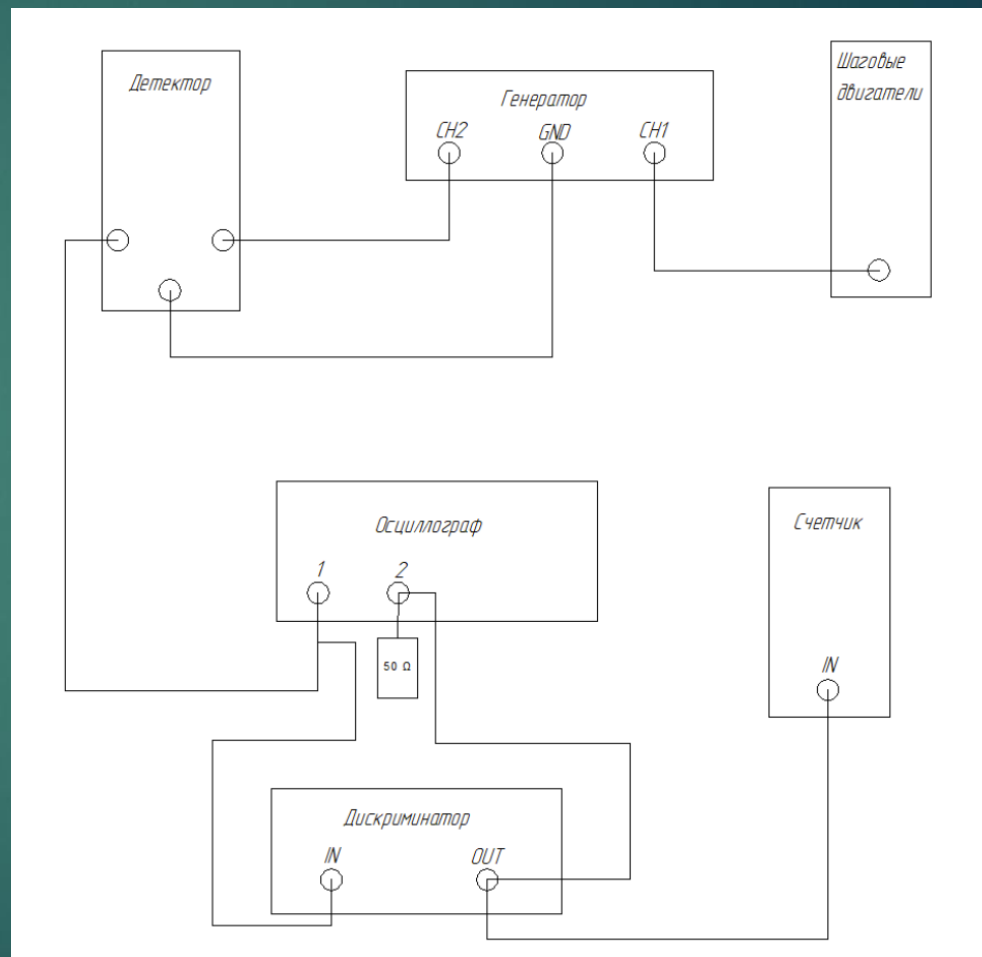


Рис. 24

Испытание установки

В результате испытания была получена цветовая диаграмма, позволяющая определить координату центра пучка

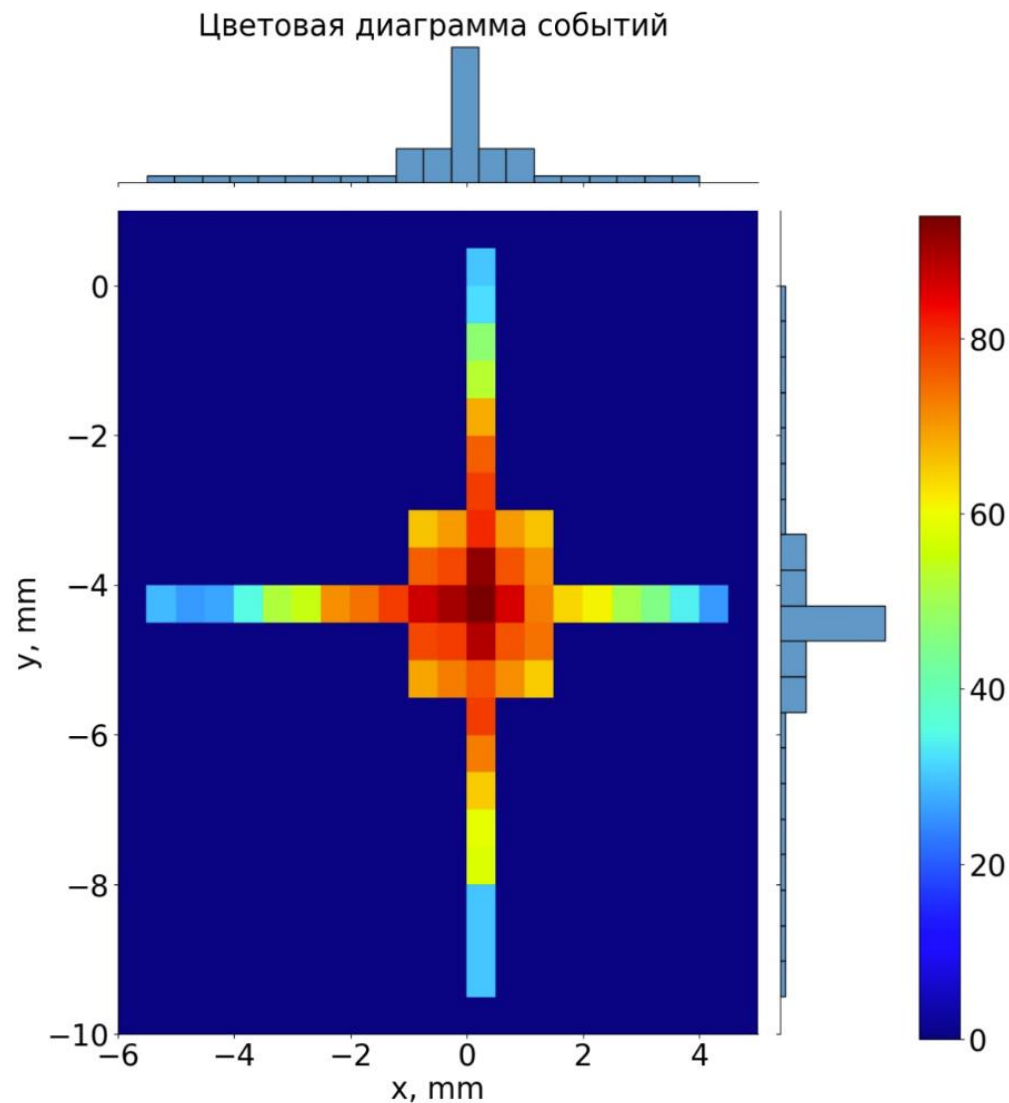


Рис. 25

Заключение

- ▶ В данной работе был произведен анализ результатов, полученных после рентгеновского сканирования детекторов sTGC, произведенных в институте Вайцмана с целью выявления дефектных областей детектора
- ▶ Были получены цветовые диаграммы событий, в которых снимаемая сила тока ниже/выше среднего на некоторый процент
- ▶ Основываясь на полученных цветовых диаграммах, сделано предположение о местонахождении дефектных зон
- ▶ Также была изготовлена и испытана установка, предназначенная для определения позиции пучка заряженных частиц на тестовых экспериментах на ускорителях



Дополнительные слайды

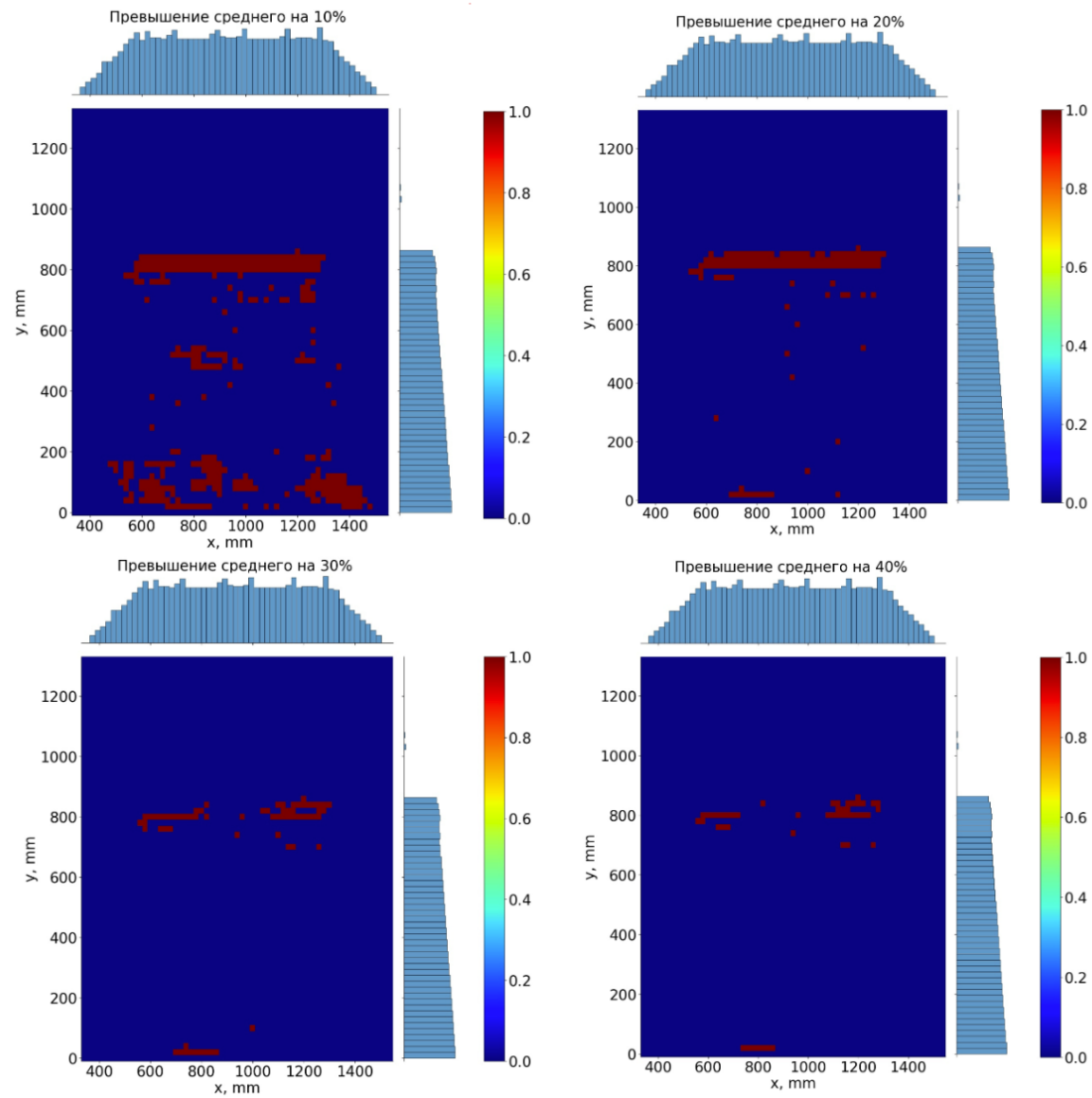
Пример файла

```
# ***** Output of QScanner program *****
# Program version: 1.11 for MEPHI cite. Compiled on Mar 9 2017 with ROOT version 5.34/30
# Thu, 09 Mar 2017 20:18:14 +0000 (GMT) +422468000 nsec

# Test measurements

<>FFVERSION 2      File format version
<>HVFREQ 1000      Data measurement frequency (msec)
<>XMIN -7.5        Lower limit of histogram on X (mm)
<>XMAX 202.5       Upper limit of histogram on X (mm)
<>XSTEP 15         Histogram step on X (mm)
<>NBINSX 14        Number of bins on X
<>YMIN -7.5        Lower limit of histogram on Y (mm)
<>YMAX 112.5       Upper limit of histogram on Y (mm)
<>YSTEP 15         Histogram step on Y (mm)
<>NBINSY 8         Number of bins on Y
<>ScanMode 0 (CONTINUOUS)
<>BackMoveMode 0 (SNAKE)
<>ScanDirection 0 (HORIZONTAL)
<>RectangularArea 1 (Yes)
<>Xmax 200 (mm)
<>Ymax 100 (mm)
<>ScanSpeed 15 (auto, mm/sec)
<>XCollimatorSize 30 (mm)
<>YCollimatorSize 30 (mm)
<>XCalibration 0.0938025 (mm/step)
<>YCalibration 0.0938025 (mm/step)

# Before scan of next raw/column: x=0.000000, y=0.000000, time=0.000494, direction=right, distance=195.000000
# X Y t I1 I2 I3 I4 HV1 HV2 HV3 HV4 XRayV XRayI XRTemp
# 0.00 0.00 0.99 956.6 210.4 38.62 7.679 2898.1 2900.4 2900.4 2901.0 51.4 73.5 30.8
# 9.94 0.00 1.99 1084 187.3 41.74 8.089 2900.5 2898.0 2898.4 2898.9 49.1 78.5 30.2
# 24.48 0.00 2.99 1046 201.6 39.83 7.691 2899.7 2900.4 2899.1 2899.5 48.6 76.4 30.4
# 39.02 0.00 3.99 1008 204.4 41.44 8.105 2898.9 2900.2 2901.4 2899.6 49.9 76.0 30.9
# 53.47 0.00 4.99 1011 209.5 40.43 8.003 2900.3 2899.9 2899.3 2899.2 51.5 71.8 30.0
# 68.10 0.00 5.99 998.2 210.1 38.7 8.045 2900.1 2899.8 2900.7 2899.1 52.4 74.9 32.0
# 82.64 0.00 6.99 992.5 189.6 40.35 7.96 2900.2 2899.5 2898.5 2899.7 51.8 72.3 30.8
```



Результаты анализа

Превышения на 50 - 80%
от среднего

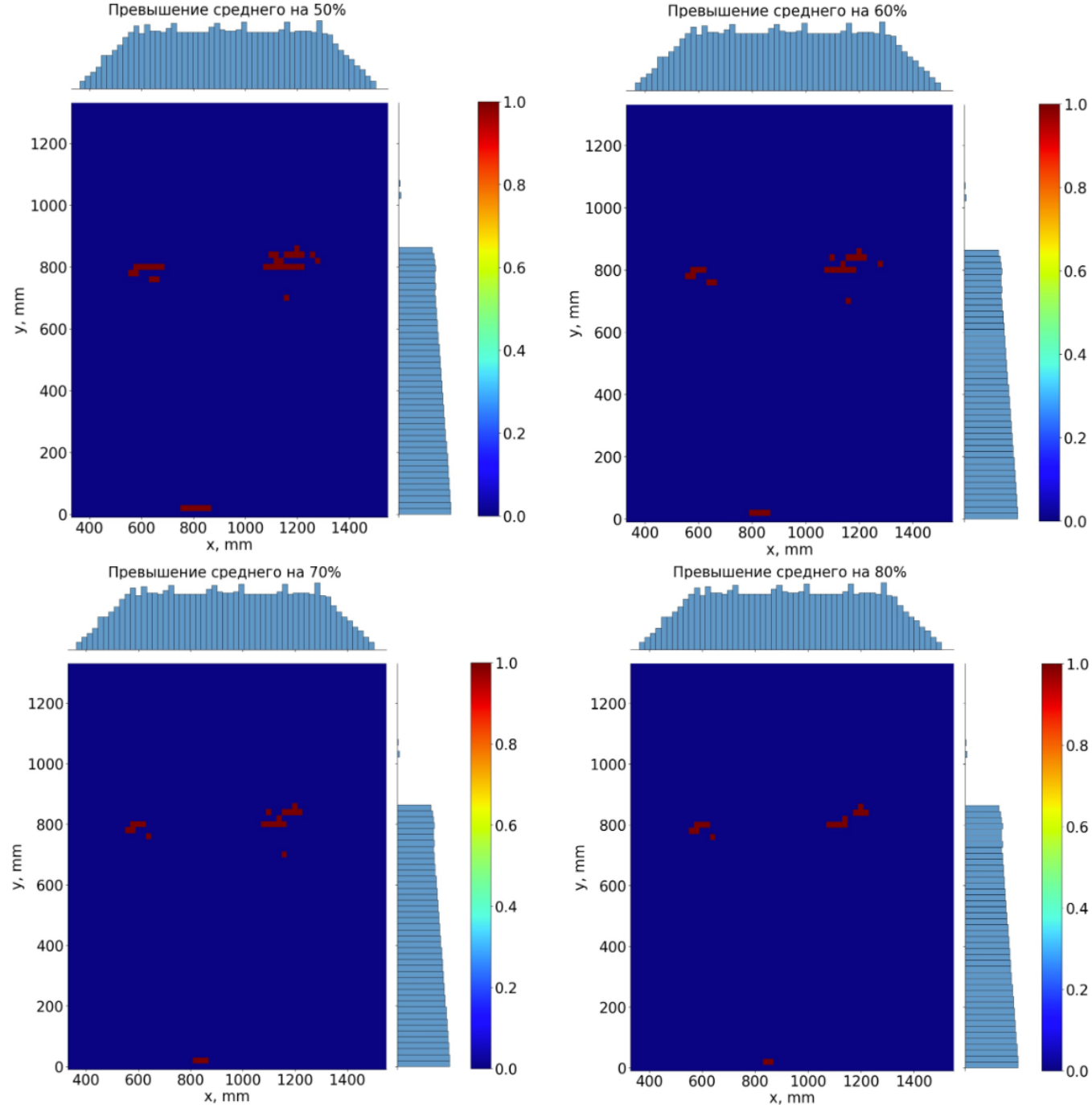
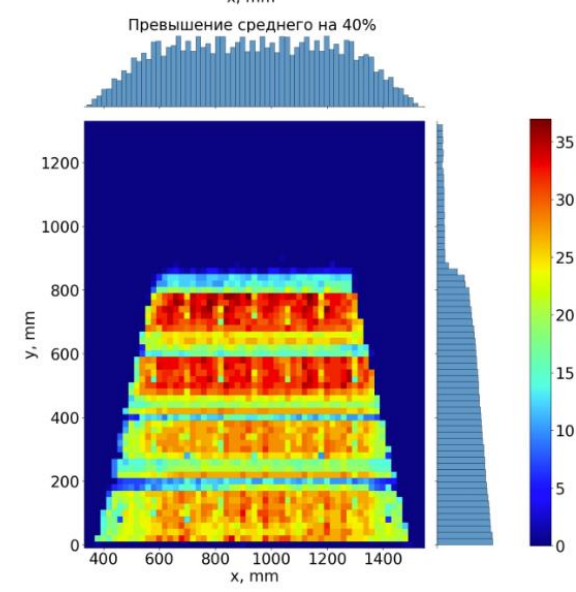
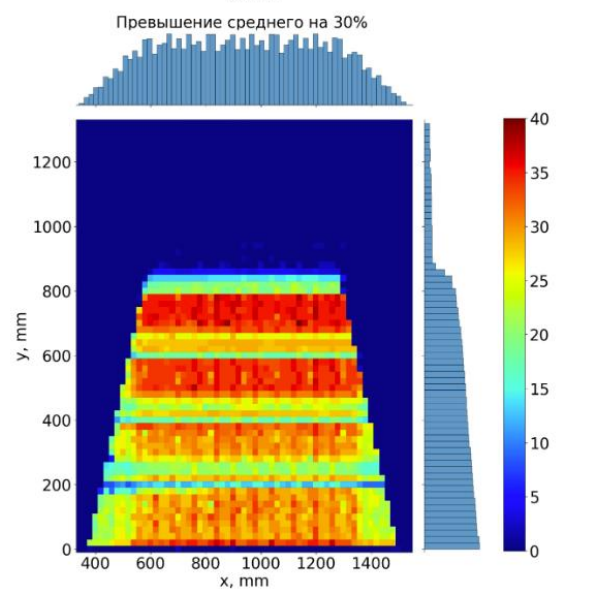
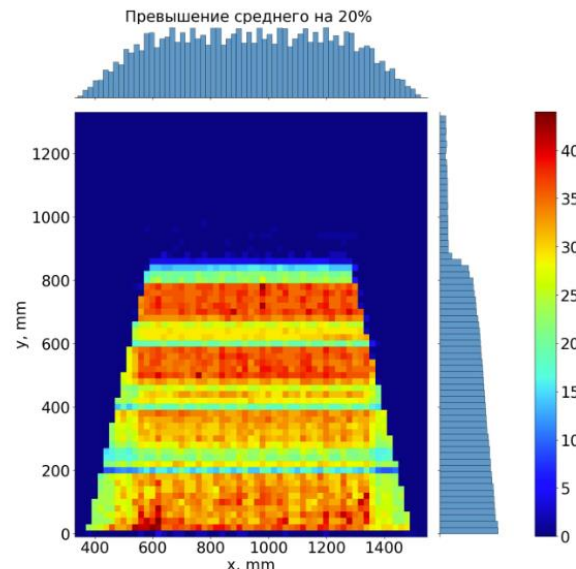
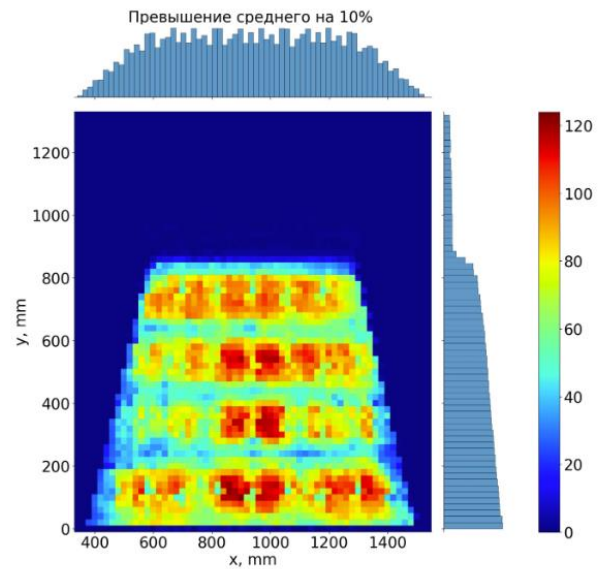


Рис. 10



Результаты анализа для массива файлов

Превышения на 50-80% от среднего

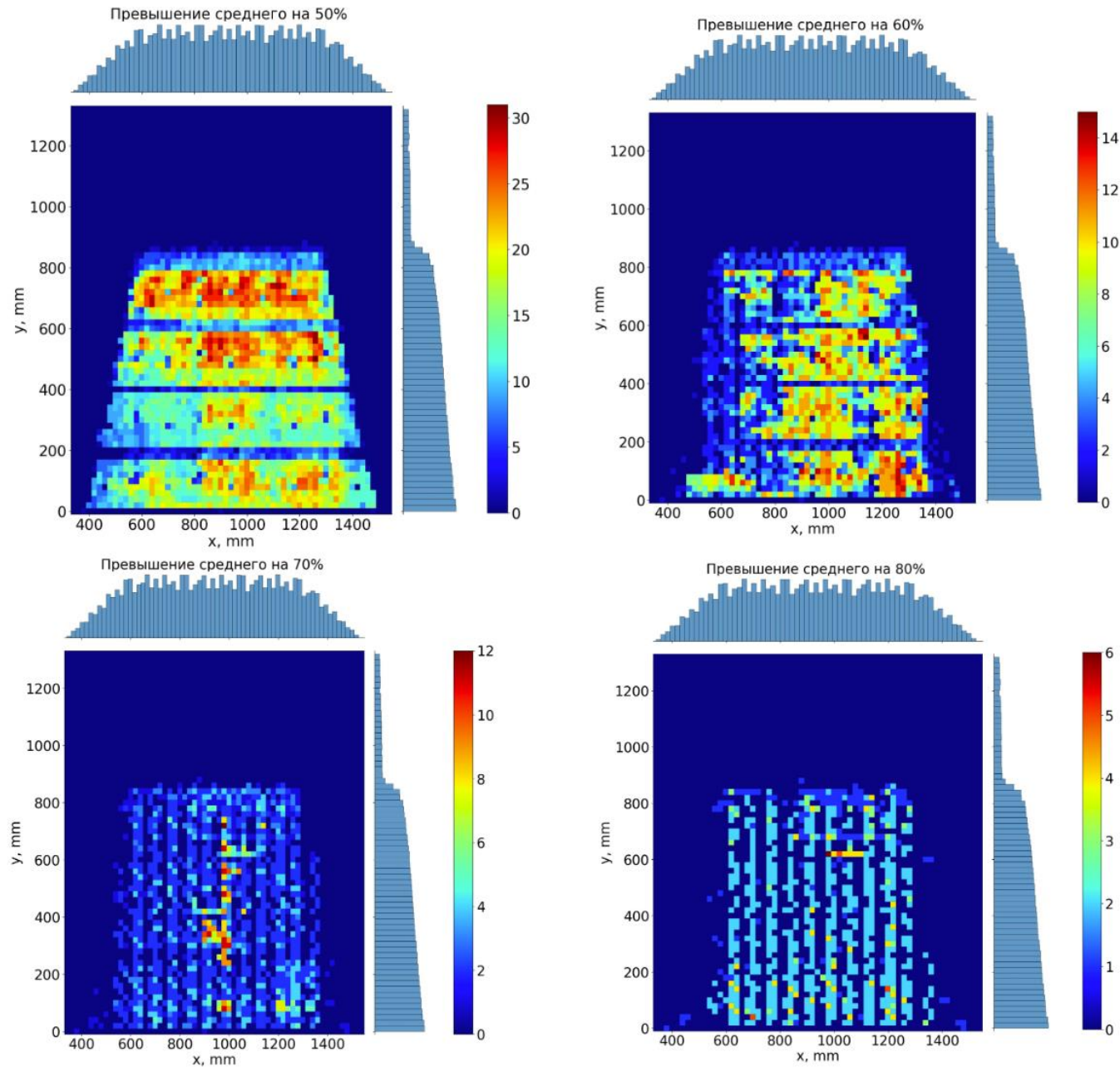


Рис. 13

Анализ «ХОЛОДНЫХ ЗОН»

- ▶ Также был проведен анализ событий, когда снимаемая сила тока ниже средней по детектору
- ▶ На рис. 14 показана полученная цветовая диаграмма числа всех событий, когда снимаемый ток ниже среднего

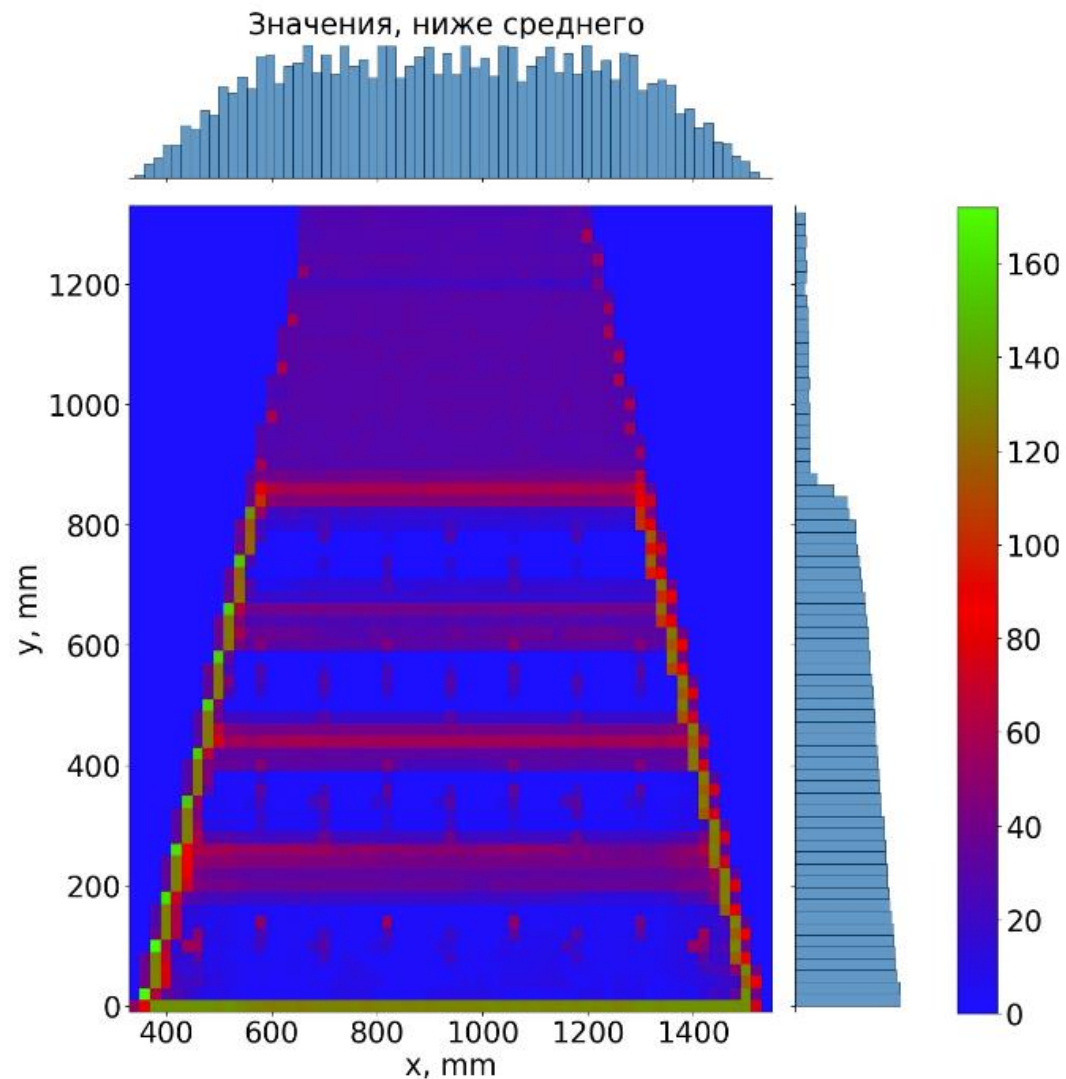
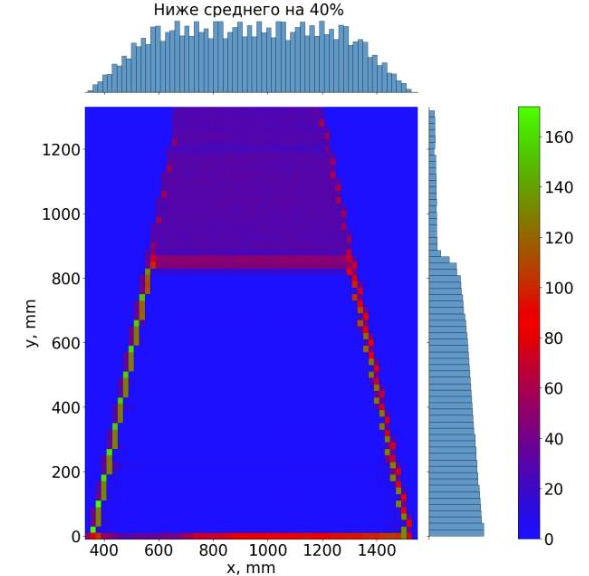
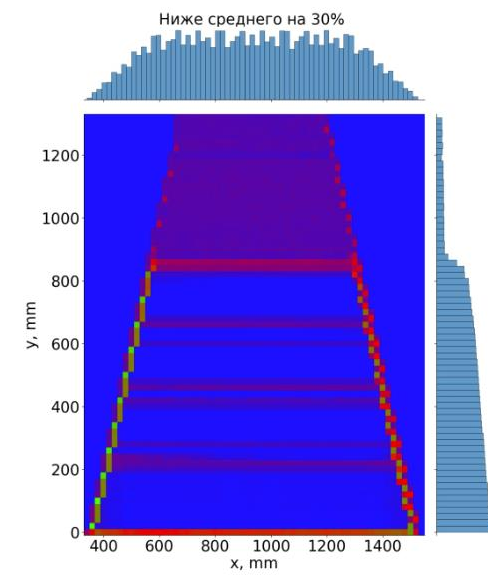
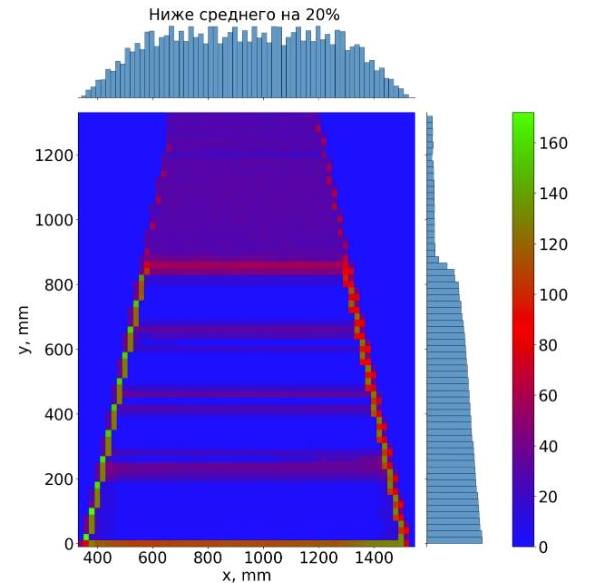
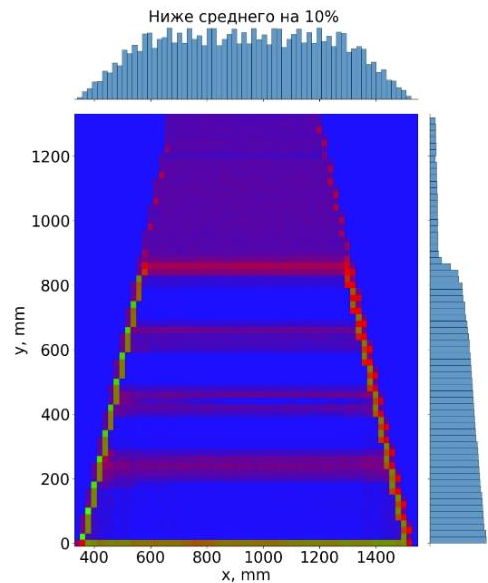


Рис. 14



Анализ «ХОЛОДНЫХ ЗОН»

События, в которых
снимаемая сила тока ниже
среднего по детектору на 50 -
80%

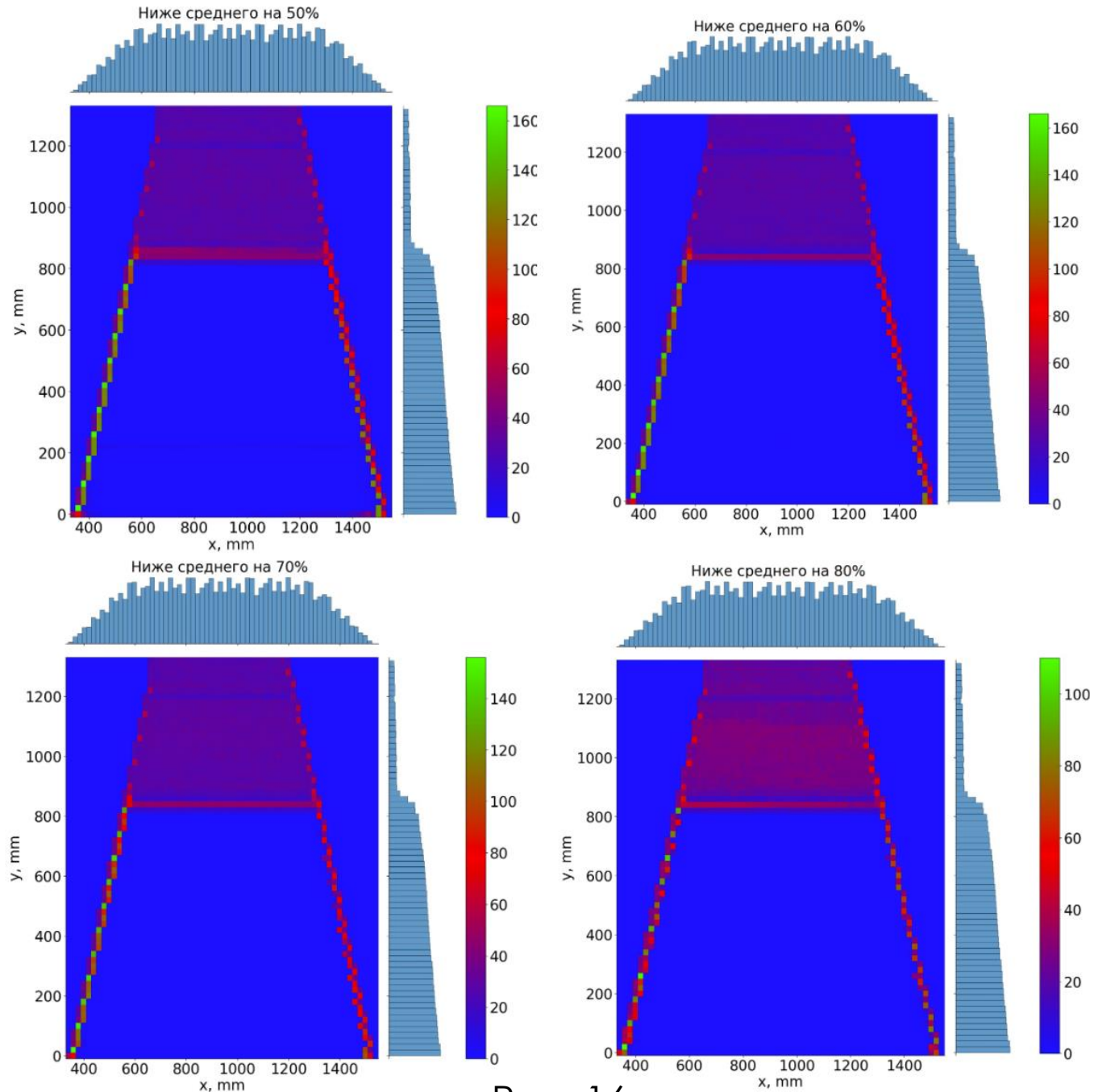


Рис. 16