

Исследование дрейфа тока SiPM в зависимости от температуры miniX X-ray tube

История в хронологическом порядке, предположения, выводы

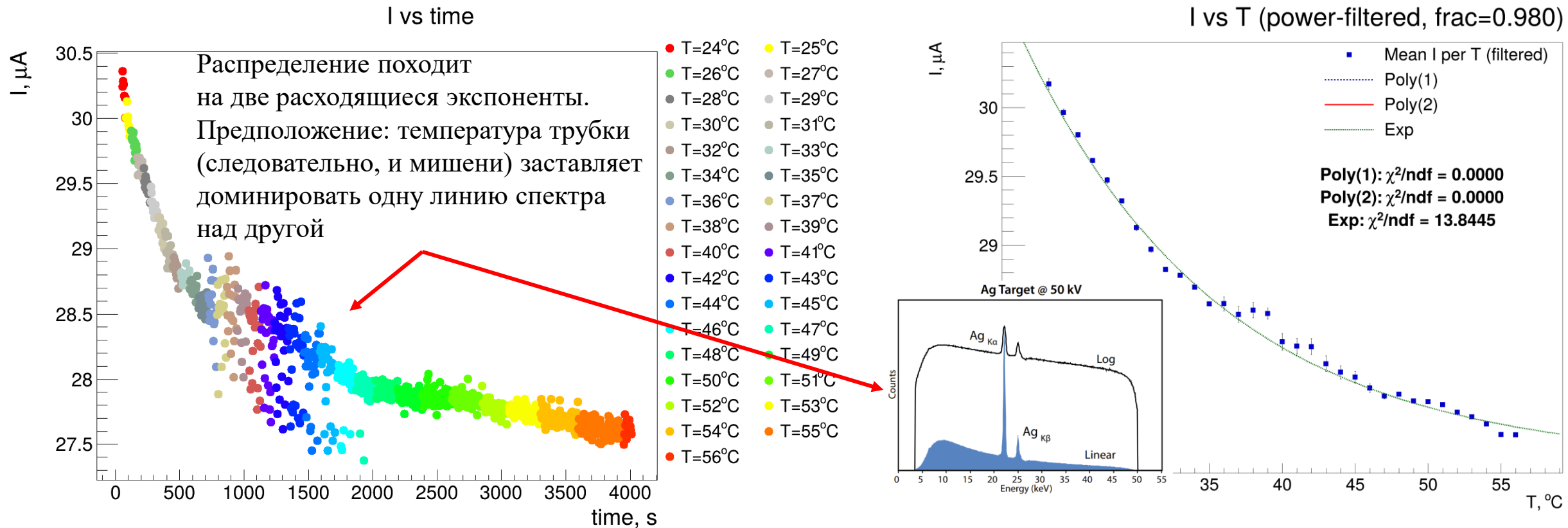


Fig. 8 – Silicon photomultiplier current dependence on tube operating time and temperature (50 kV / 75 μ A)

- One point of the scintillator was irradiated with an X-ray tube for an hour; Data on detector response, power and tube temperature were collected (**50 kV / 75 μ A**)
- Distributions of the photomultiplier current dependence on time and temperature were constructed (for one temperature, the average response value was found + values with power drift were discarded)
- Over the course of one hour, the temperature changed by 20 °C and the current decreased by 3 μ A.

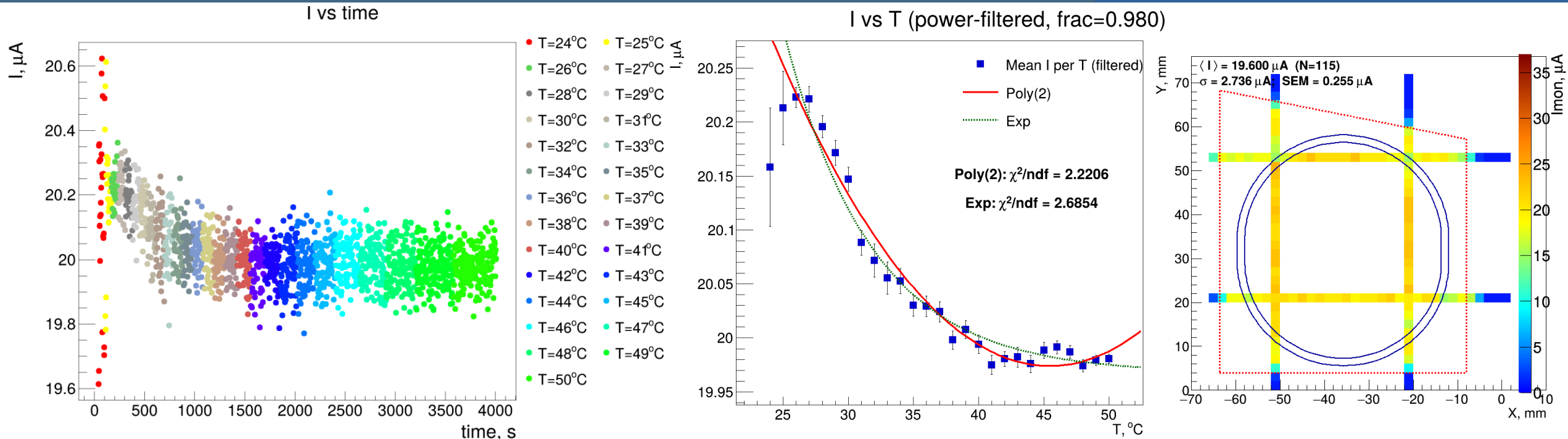


Fig. 9 – Silicon photomultiplier current dependence on tube operating time and temperature (20 kV / 187 μA)

- One point of the scintillator was irradiated with an X-ray tube for an hour; Data on detector response, power and tube temperature were collected (20 kV / 187 μA)
- Current fluctuations are about 1 μA , but the expected influence of the Compton effect is still significant.

Важно отметить:
GEANT4 моделирование показало, что 80% потока гамма квантов 20KeV проходят насквозь сцинтиллятор, или перерассеиваются.
Потому, мы рассмотрели разные режимы работы трубки.

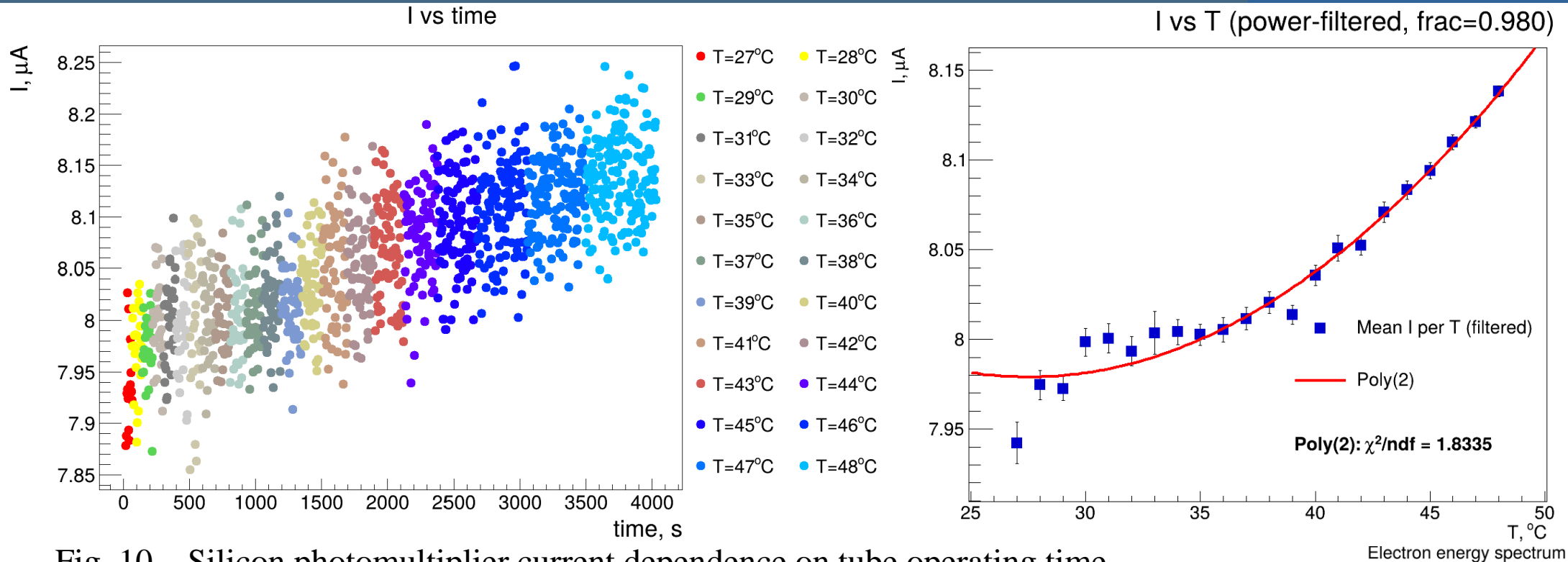
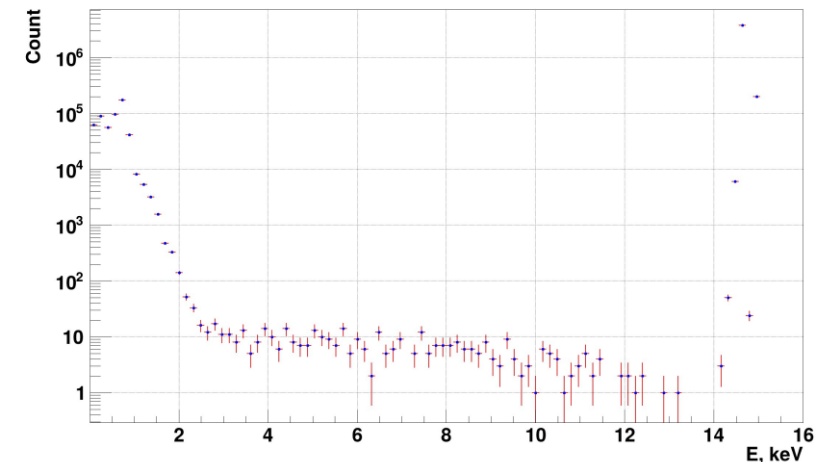


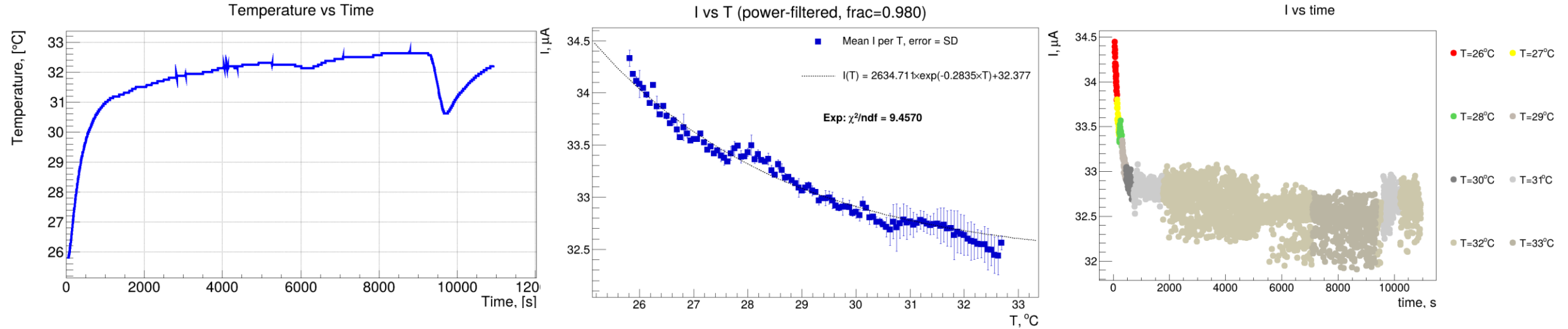
Fig. 10 – Silicon photomultiplier current dependence on tube operating time and temperature (15 kV / 200 μ A)

- One point of the scintillator was irradiated with an X-ray tube for an hour; Data on detector response, power and tube temperature were collected (15 kV / 200 μ A)
- Current fluctuations are under 0.5 μ A, but the greatest detector response is \sim 9 μ A (and about 1.5 μ A for 10 KeV).



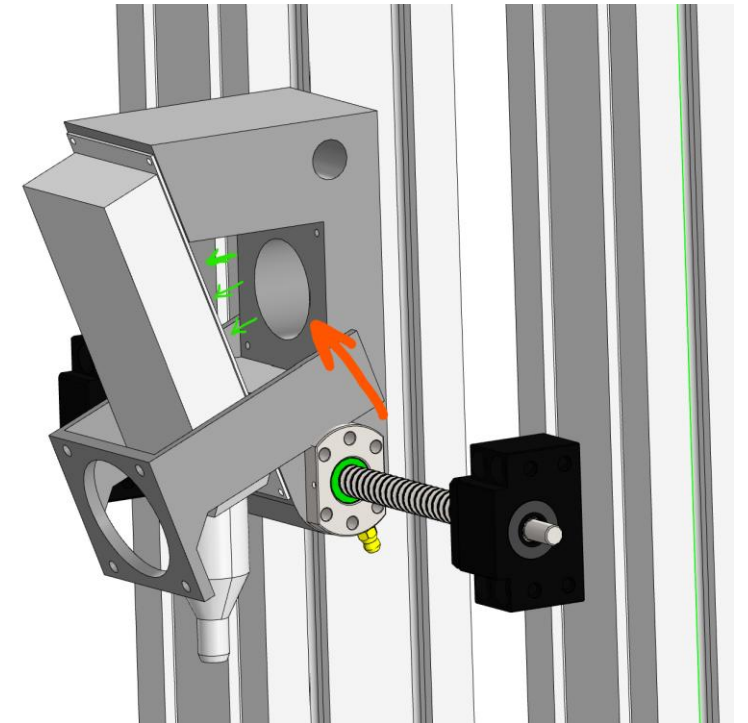
- АМРТЕК указывают в документации, что трубку необходимо охлаждать; Поломка, ввиду температуры выше 50 градусов и вовсе не является гарантийным случаем.
- Опыт коллег из ЦЕРНа: трубка использовалась только с охлаждением, конкретнее – Пельтье элемент.
- Проверка предположения также требует активного охлаждения.
- Важно отметить, что работа со сканером подразумевала использование CAEN DT5202 (токовый режим SiPM), включая источник питания A7585D с низким токовым разрешением (1 мкА). Учитывая тот факт, что отклонение на 1 – 2 мкА уже может свидетельствовать о наличии некритического дефекта, важно увеличить разрешение и/или уменьшить (учесть) вклад дрейфа тока, что невозможно сделать в промежутке разделения экспонент.

MiniX X-Ray Tube Temp.-SiPM current on time dependance



Большая пауза в исследованиях. Было добавлено охлаждение задней панели трубки (красным – место крепление кулера, зеленым – направление воздушных потоков). К тому же, как оказалось, опрашивать статус трубки можно не только через приложение Minix, но и напрямую – что значительно точно и плавно показывает температуру трубки (1 VS ~0.01 градуса по цельсию). Измерения проводились в лаборатории SPD (Э102-а), с некоторым постоянным притоком людей, большими переменами в температуре внешнего окружения, что видно на графике зависимости Temperature VS Time.

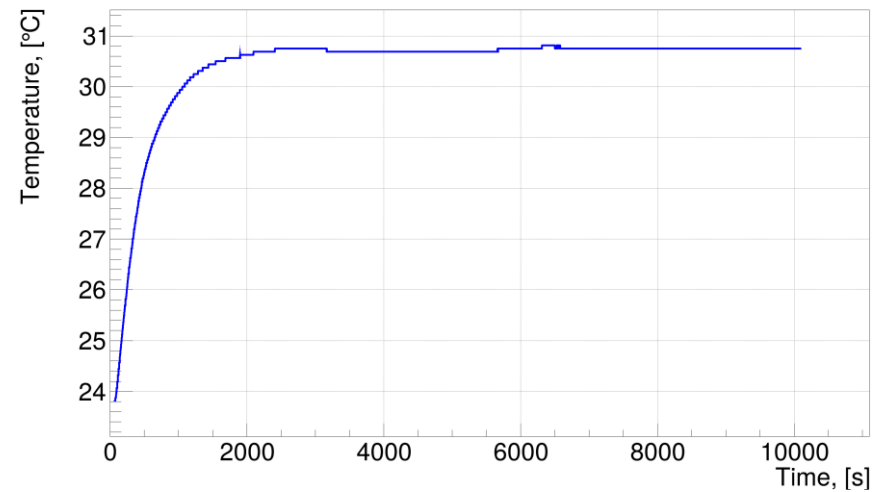
Важно отметить, что все измерения до (включая текущее) проводились с прецизионным источником-измерителем Keithley-2400.



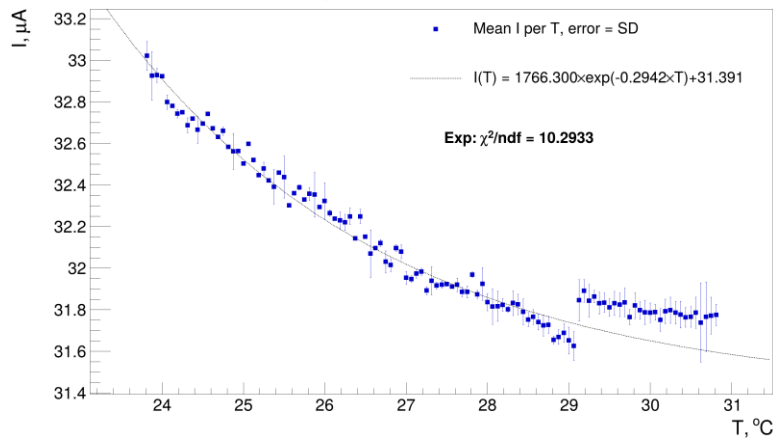
Keithley 2400, Интегрирующая RC-цепочка, подвал

Было предложено перенести следующий цикл исследований в подвал. Это положительно повлияло на температуру окружающей трубку среды, а также и на показатели изменения температуры и самой трубки. Также, в цепь была введена интегрирующая RC-цепь, фильтр высоких частот (параметры – 1мкФ и 330 Ом). Было введено дополнительное охлаждение, а также термодатчик, для контроля температуры в коробке, внутри которой располагается SiPM и сцинтиллятор (21.3 VS 21.0 °C в начале и в конце измерения)

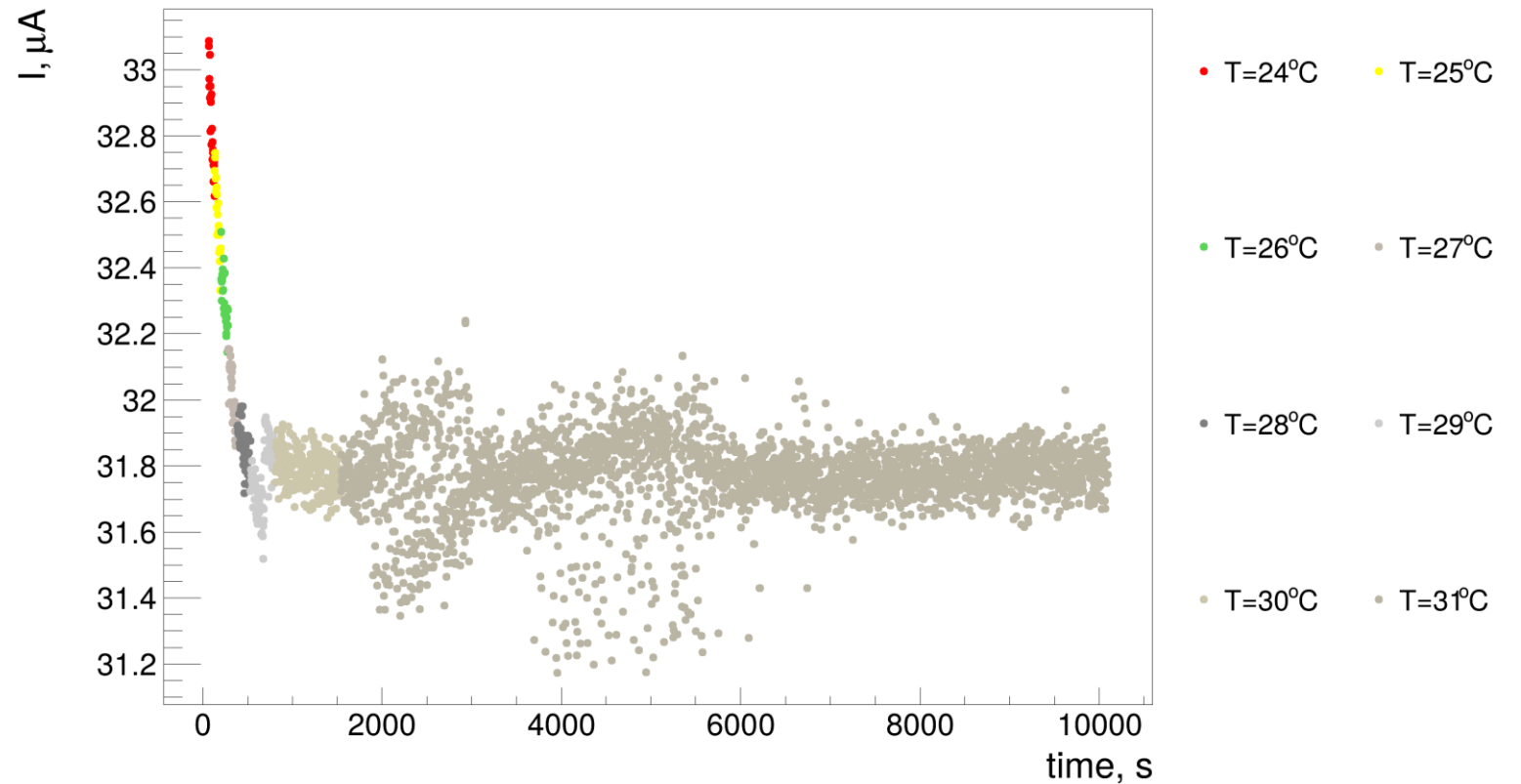
Temperature vs Time



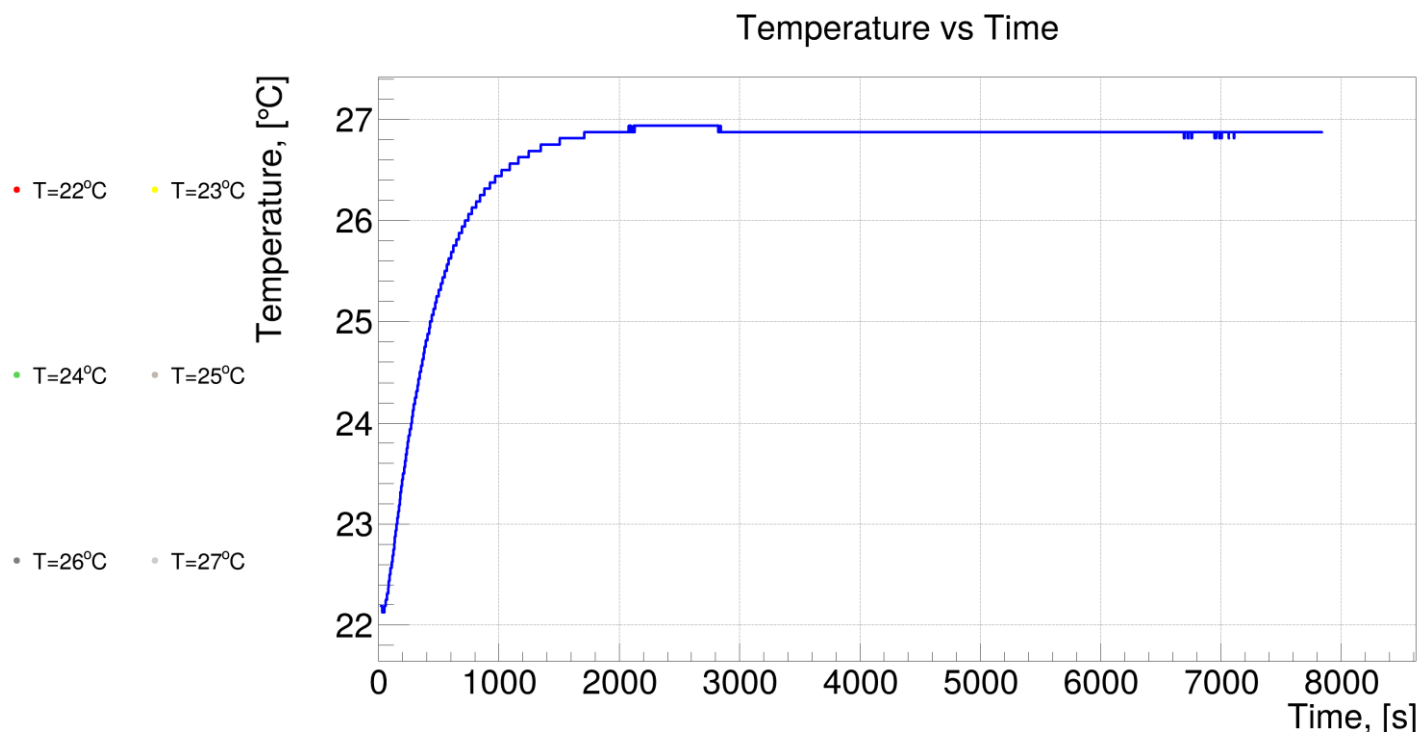
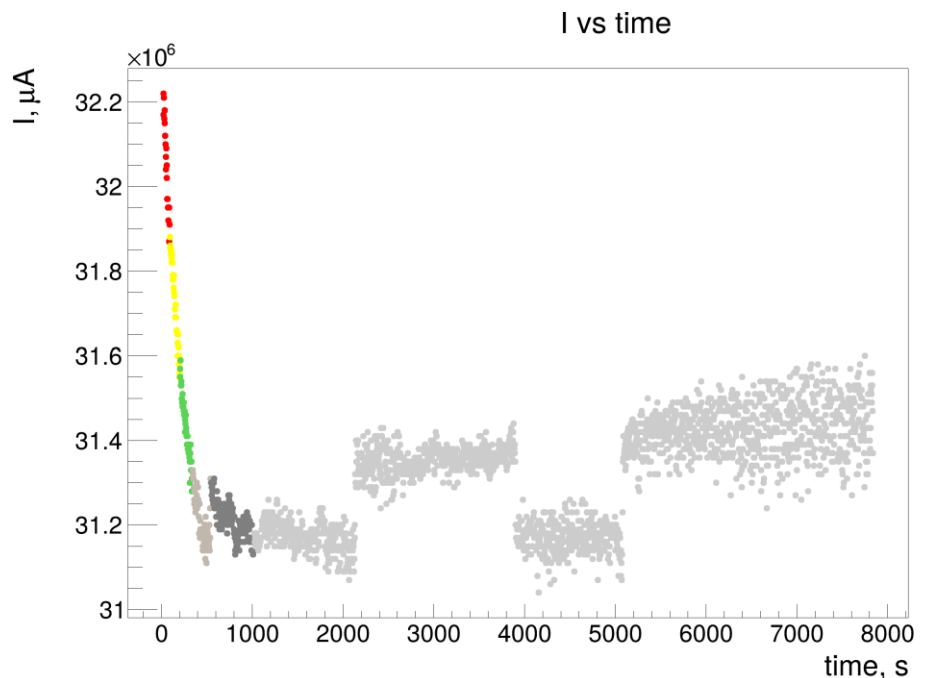
I vs I (power-filtered, trac=0.980)



I vs time

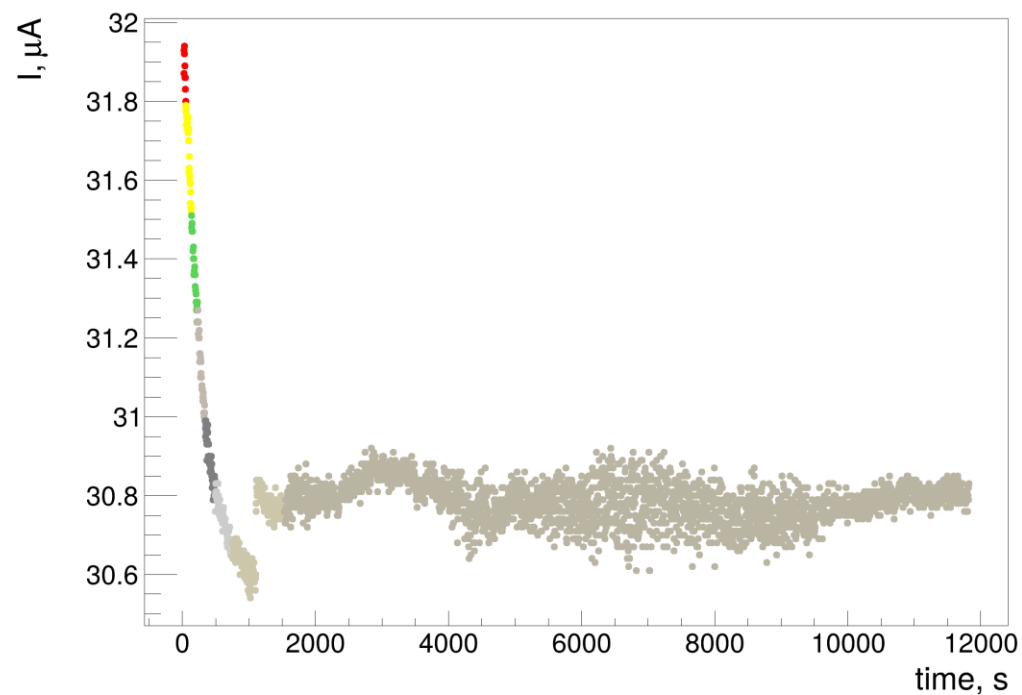


Так как Keithley 2400 старенький (также, мы его арендуем), и вполне можно допустить, что разбежка в токе между 2000 и 5000 с (см. прошлое распределение I vs Time) вызвана не очень стабильным источником питания последнего, было решено попробовать провести исследование с использованием амперметра Актакот + внешнего источника питания (название у Петра Евгеньевича Тетерина). Плата и охлаждение такие же, однако, как было обнаружено, что во время переноса установки в подвал, одна из лопастей доп. Кулера была повреждена, что вело к постоянной «тряске», и колебания передавались на трубку. К следующему набору данных данный кулер был выведен из системы.



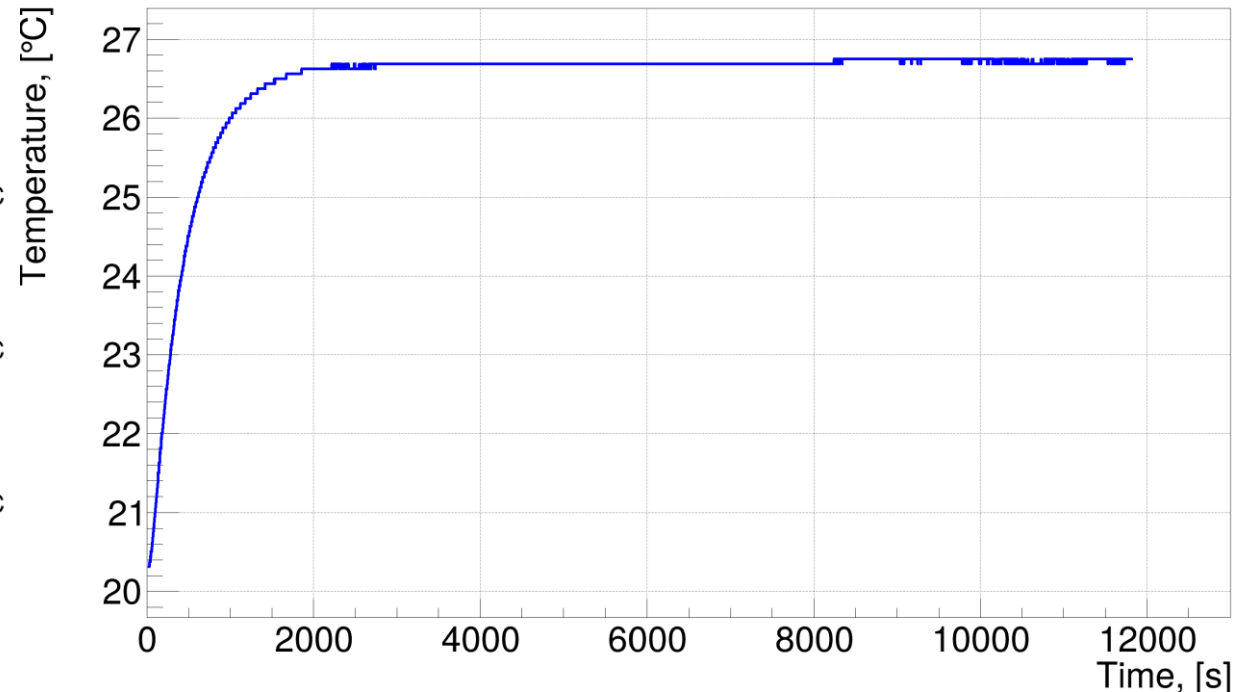
Перенабор Актаком + внешний источник питания. Плата и охлаждение такие же. Температура до и после 21.3 VS 21.0 °C. Начало набора – 29V (как и всегда), конец набора – 28.8 V (что также наблюдалось и в предыдущем наборе). Факт – напряжение у источника плывет, однако данные сносные.

I vs time



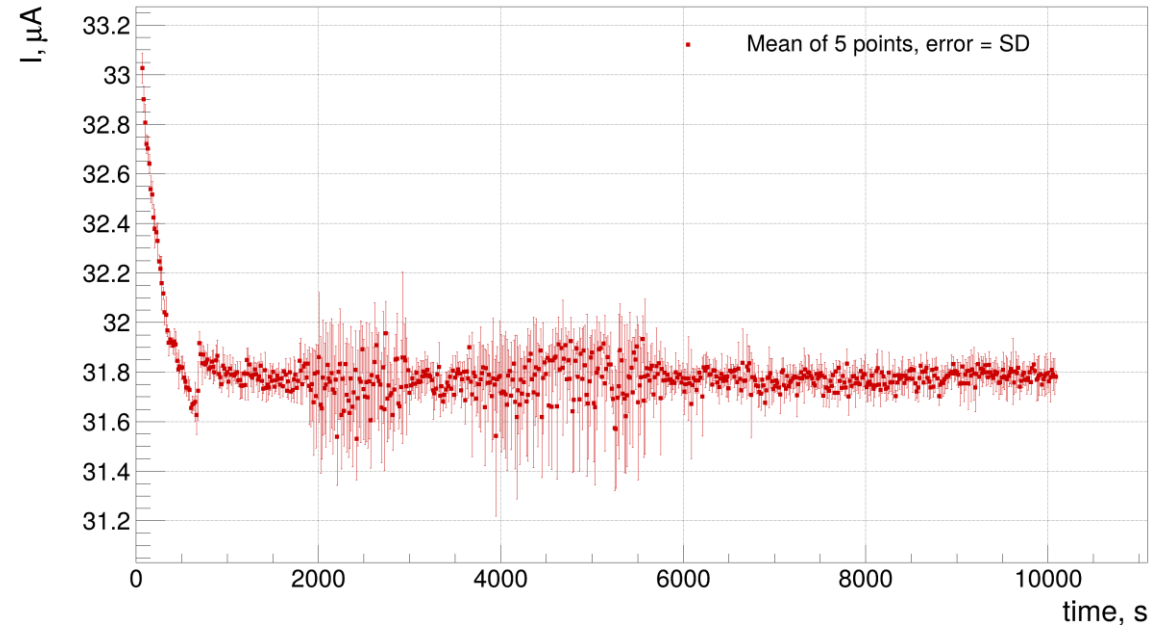
- T=20°C
- T=21°C
- T=22°C
- T=23°C
- T=24°C
- T=25°C
- T=26°C
- T=27°C

Temperature vs Time



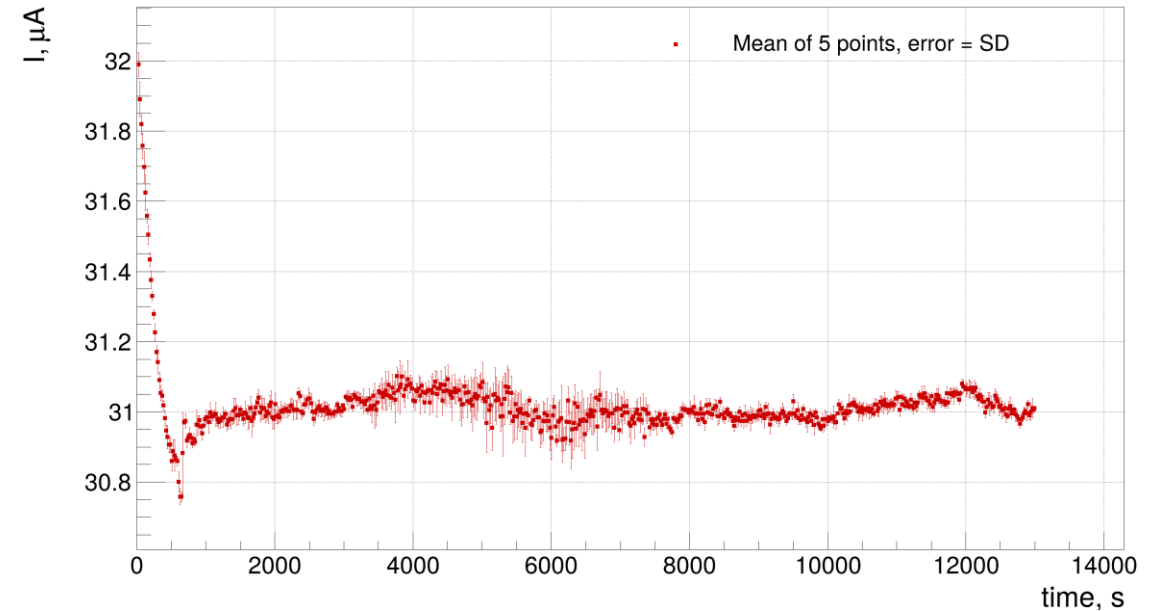
Сравнения Keithley VS Aktakom

Averaged I vs time, $N_{\text{aver}}=5$



Keithley 2400

Averaged I vs time, $t < 13000$ s, $N_{\text{aver}}=5$

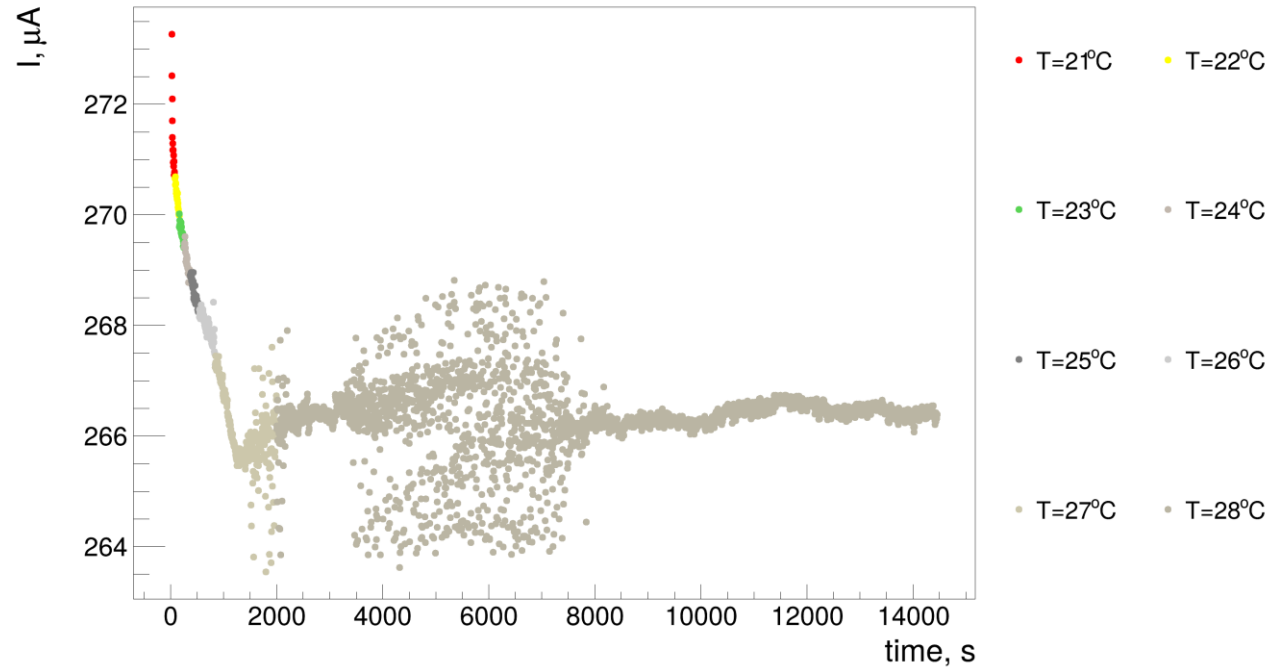


Aktakom + PS

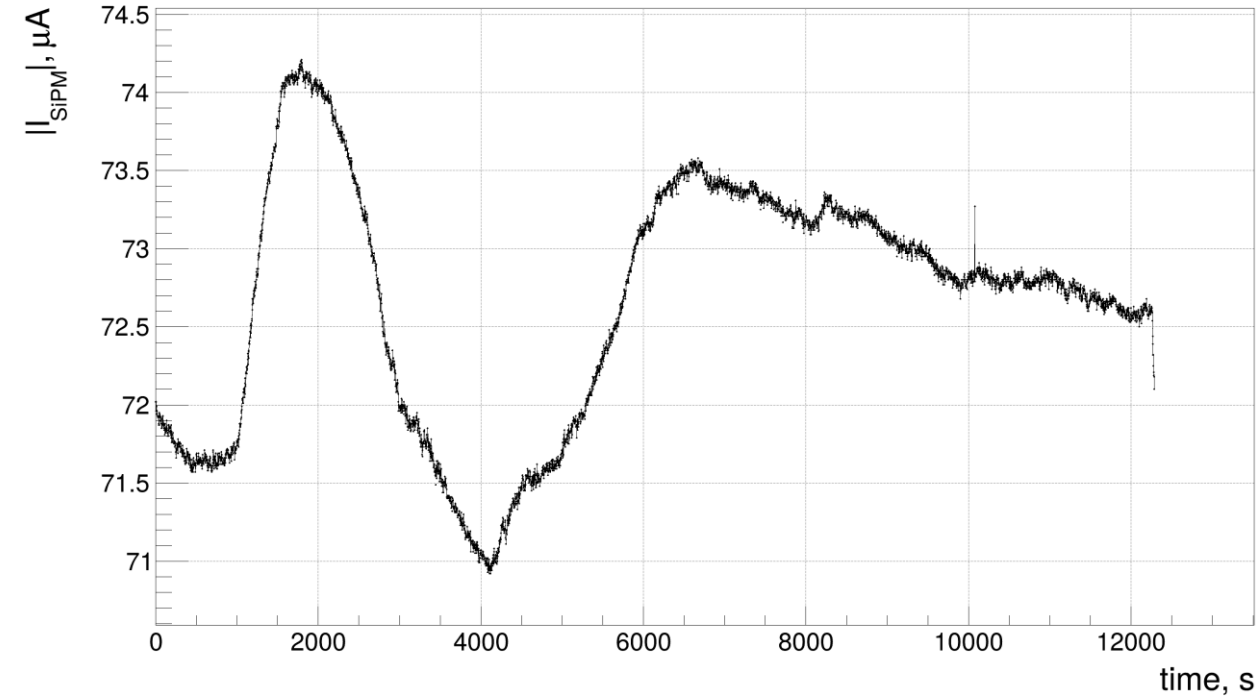
На сканере планируется набирать данные следующим образом: когда движущиеся оси зафиксировались на конкретной точке, записывается ток облучаемой области, примерно 5 измерений, раз в 2.5 сек (опрос чаще бессмысленен, данные амперметров не успеют обновиться). Таким образом, есть смысл сравнивать данные именно таким образом, объединяя их по 5 точек, и отображая СКО. Данные aktakom имеют меньший разброс, однако, они более нестабильные, «волнообразные». Кейтли, в свою очередь, наоборот – более стабильный (в т.ч. Из-за источника питания), но в некоторых областях большие СКО.

Попытки понять причину «тряски» сигнала

No collimator: I vs time



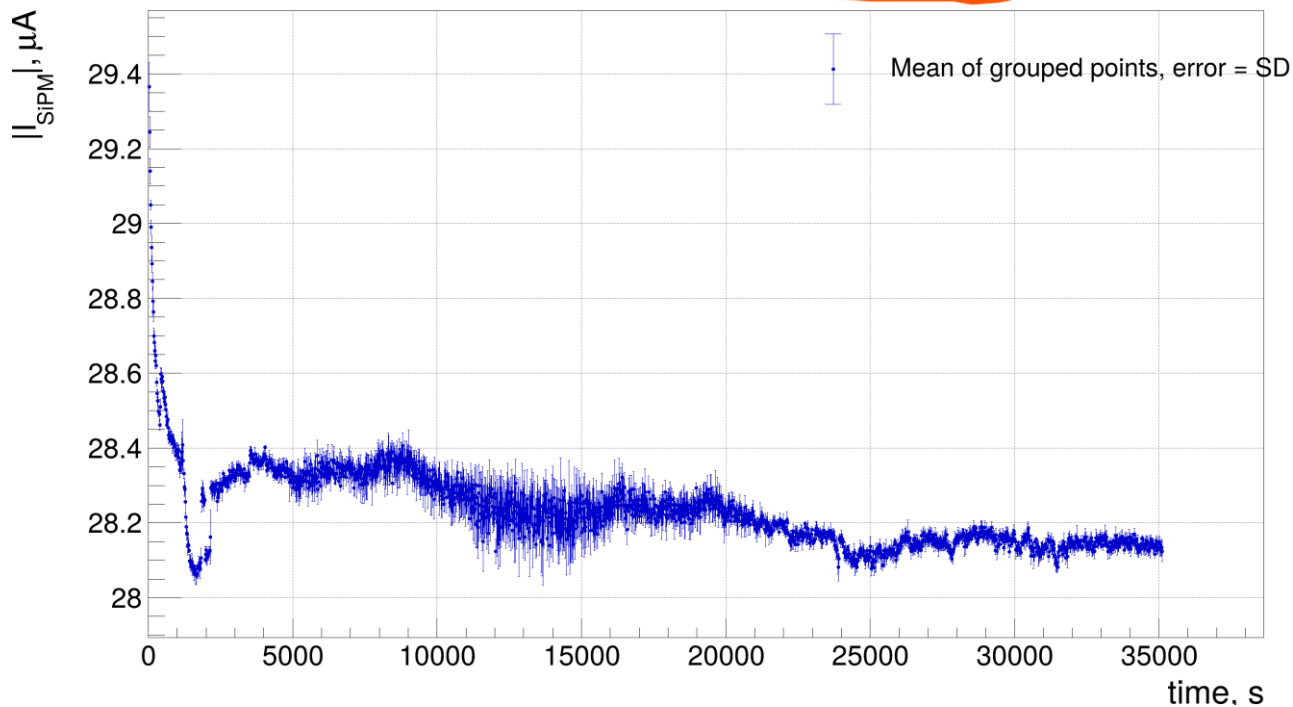
SiPM current magnitude vs time



Слева – PS + Актакон, 50/75, No collimator. Справа – PS + Актакон, зависимость тока сипма от засветки LED постоянного напряжения (питания LED также PS). Прокомментировать тяжело, но такие исследования тоже проводились. Конкретный вывод не получен.

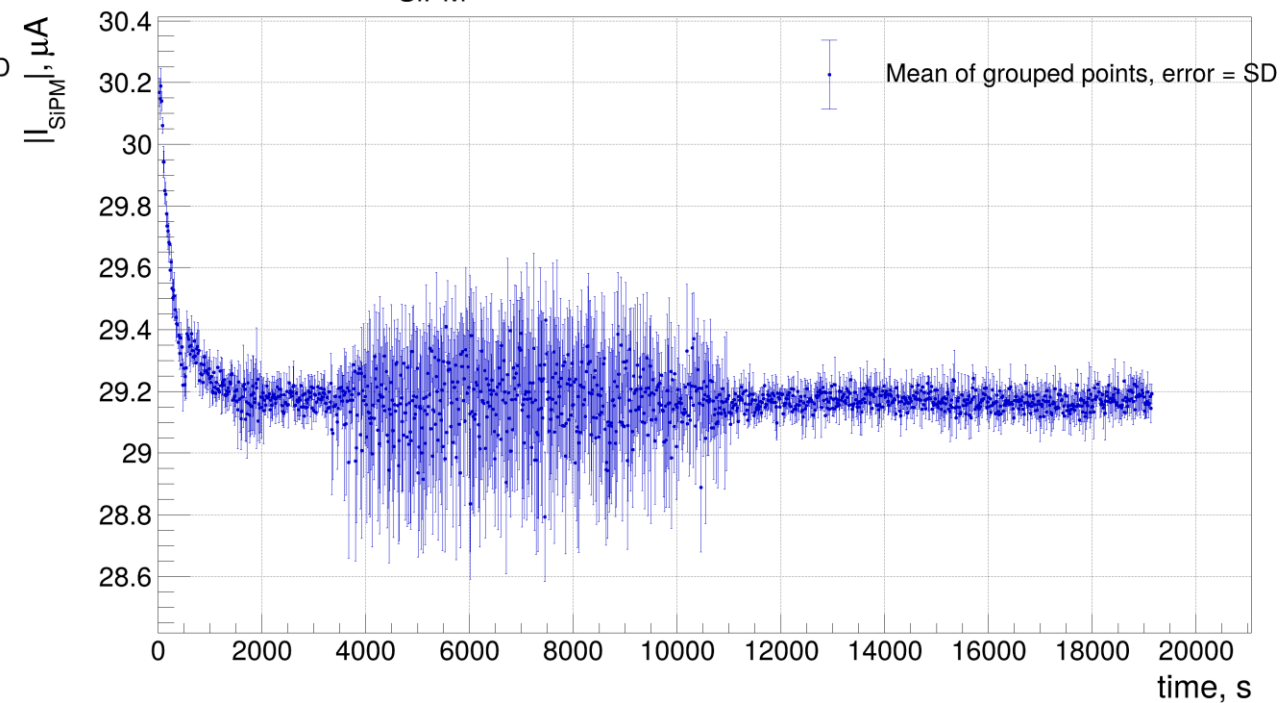
Последние результаты сравнения, показанные на совещании 09.06.26

I_{SiPM} vs time, grouped by 5 points



Aktakom + PS

I_{SiPM} vs time, grouped by 5 points

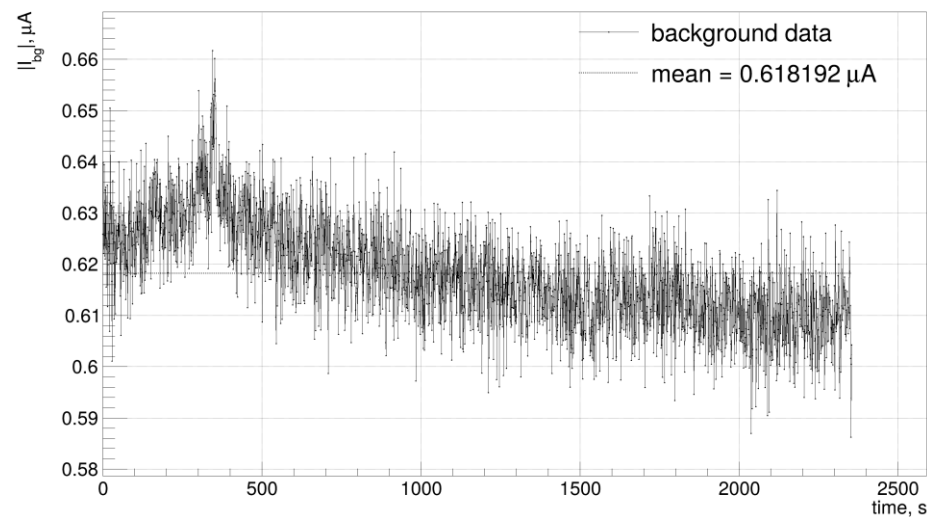


Keithley 2400

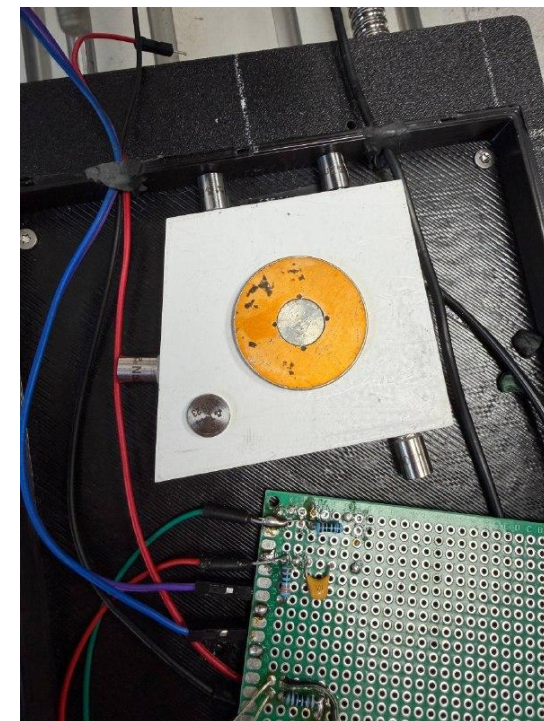
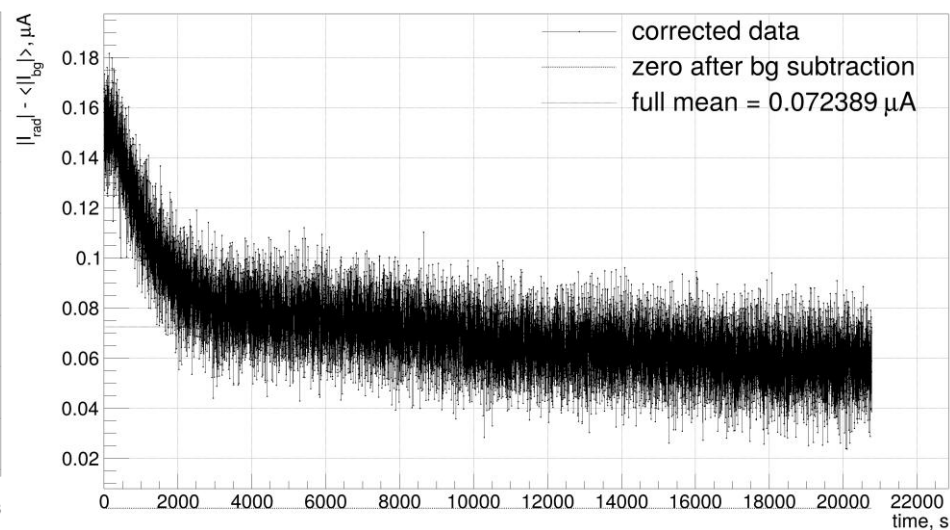
Вновь повторение старых исследований, систематика (см. слайд 10)

Исключение трубки из исследования

Background current



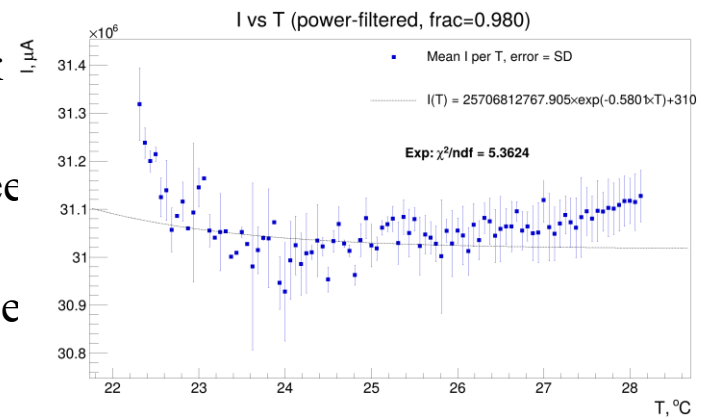
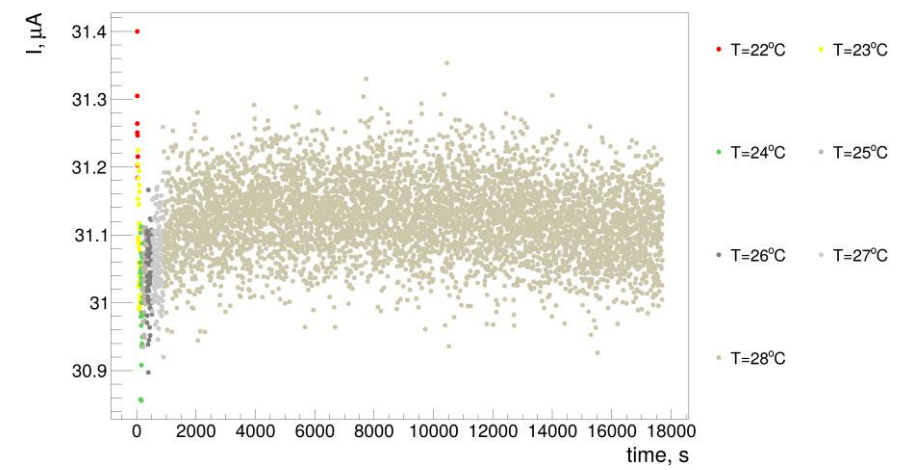
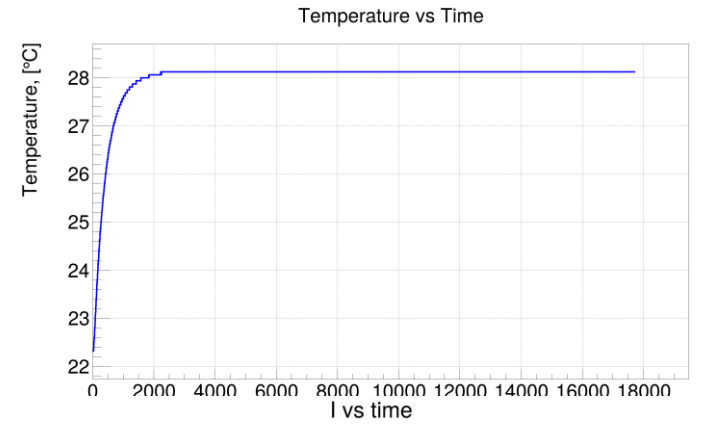
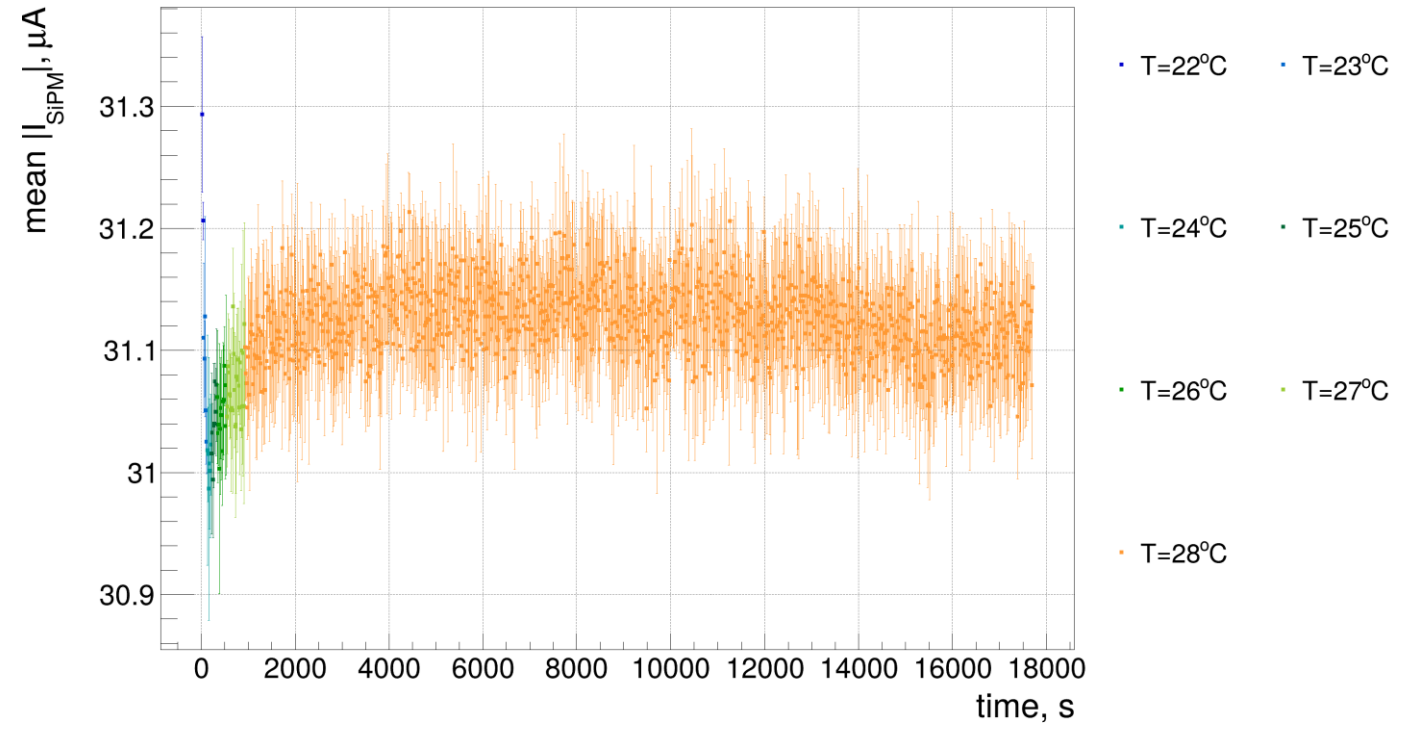
Background-subtracted current



- Проведены исследования зависимости тока SiPM от, по сути, времени, при постоянном облучении сцинтиллятора радиоактивными источниками (Цезий 137, Кобальт 60, Натрий 22, Европий 152, Цинк 65, Титан 44; Keithley 2400). Был набран спектр в отсутствии источников, потом из сигнала был вычтен средний фон. «Отклик сипм зависит от времени - известная тема» © Дубинин Филипп

Вероятный, конец.

Grouped $|I_{SiPM}|$ vs time, $N_{aver} = 5$



Трубка вновь введена в исследование. Раньше, полагая на PS DT5202, мы стремились к максимальному току с сцинтиллятора, при фиксированном низком разрешении PS в 1 мкА. Теперь, используя амперметры с разрешением десятки-сотни нА, мы не боимся понизить ток, т.е. можем работать с трубкой в других режимах, если они окажутся более стабильными. Конечно, для SiPM PCB придется разветвлять питание+измерение на 8 каналов, но такова цена. Режим 40 KeV, 93 мкА. Разброс уменьшен до 0.3 мкА. Сборка с Keithley, который более удобен в эксплуатации, претерпевает наименьшие проблемы с источником питания, а также куда более удобен с точки зрения программирования.