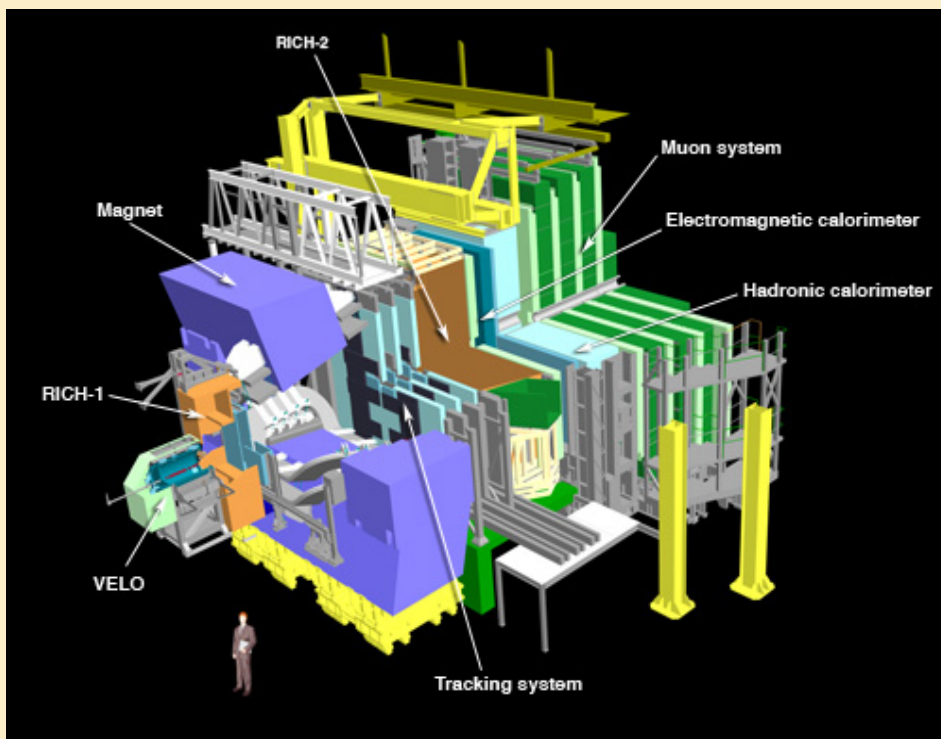


ЛНСб АПГРЕЙД

Николай Бондарь от
МЮОННОЙ ГРУППЫ ПИЯФ

Задача модернизации LHCb детектора обеспечить сбор данных с периодом 25нс (40МГц.
Для этого:

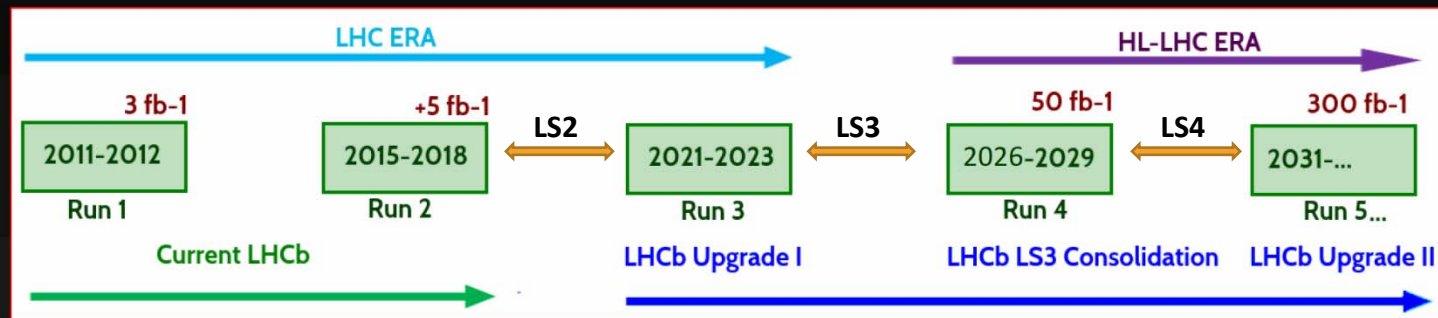
- Все детекторы обновляют считывающую электронику
- Часть детекторов обновляет придетекторную электронику
- Некоторые детекторы полностью заменяются
- Полностью меняется триггерная система и система сбора данных



1. VELO – новый пиксельный детектор
2. RICH1 – переход на MaPMT
3. RICH2 – замена многих HPD
4. Inner Tracker – уходит
5. Upstream tracker - новый детектор
6. Outer tracker – **Sci**ntillating **Fi**bers (**SciFi**)
7. CALO – ODE новые усилители и PMT
8. MUON – Новая электроника ODE. Защита детектора от вторичной радиации.
9. TELL1 – замена на TELL40
10. Переделка триггерных программ

Future upgrades naming scheme

- Upon suggestion of LHCC we changed the **naming scheme for our upgrades**:
 - ★ LS2 Upgrade I (the current upgrade, aka Upgrade I)
 - ★ LS3 Consolidation (aka Upgrade Ib)
 - ★ LS4 Upgrade II (installation in LS4, aka Upgrade II)



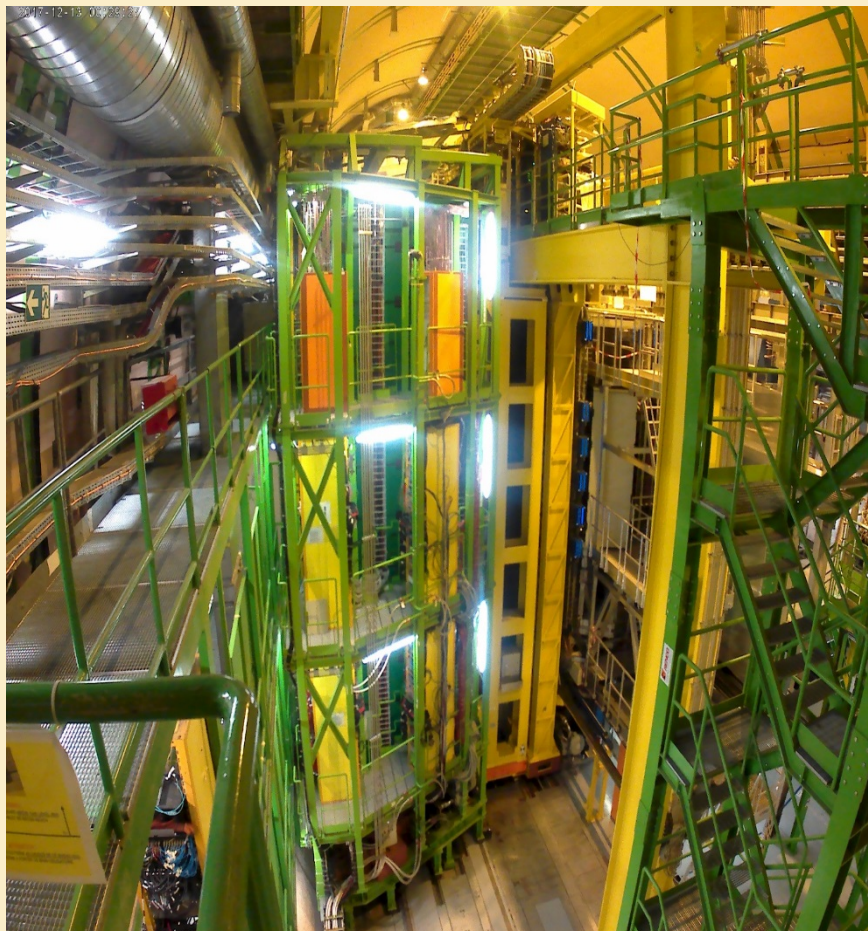
- Please use this naming scheme in you presentations/discussions with Fas etc.

LS2 – Первый этап 1-й модернизации ЛНСб в 2019 -2200 годах.

Предполагается, что с 2021 года светимость поднимется до $L = 2 \times 10^{33} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$

LS3 – Второй этап 1-й модернизации ЛНСб (Consolidation).

LS4 – Полное обновление детектора для светимости $L = 1 \times 10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$



В TDR по модернизации ЛНСб, было заложено предположение, что существующие пропорциональные камеры мюонного детектора станций М2-М5 смогут обеспечить достаточную эффективность регистрации несмотря на увеличение загрузок более чем на порядок от проектных. Это решение базировалось на отсутствии детальных расчётов вклада неэффективности из за “мёртвого” времени электроники и ограниченности в финансировании в целом. Замена некоторых камер в центральных регионах заложена в TDR только как одна из возможных опций.

Как основные, на модернизацию были определены только следующие задачи :

- Демонтировать станцию М1
- Поставить защиту от вторичного излучения перед станцией М2
- Модернизировать «Офф-Детекторную» электронику и электронику управления придетекторной электроникой (Сервисные модули)
- Сделать дополнительные запасные камеры

Мюонная группа ПИЯФ категорически возражала против такого подхода!

В этом году были проанализированы потери в условиях апгрейда для 5-ти наиболее значимых распадов:

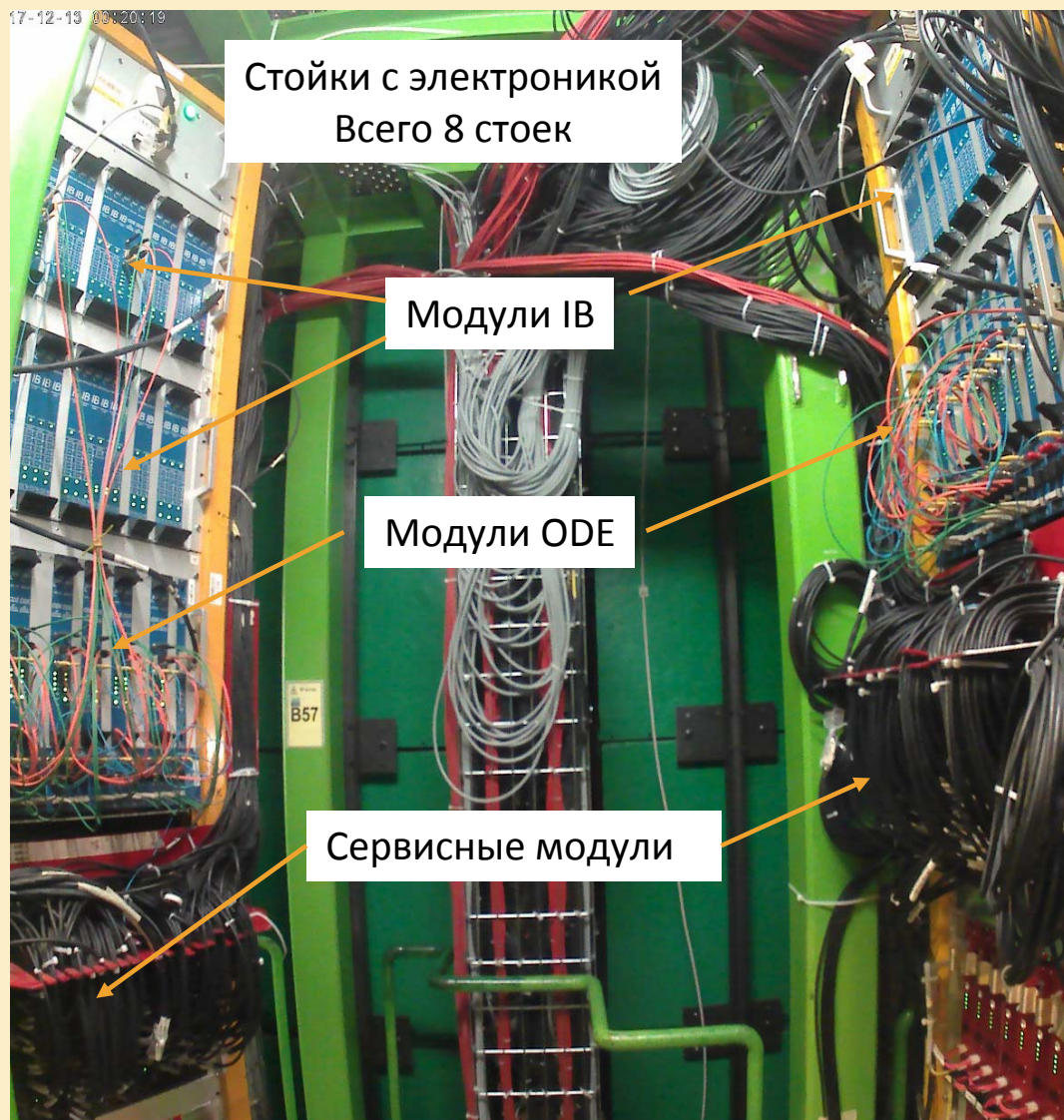
ЛНСб-INT-2017-019 <https://cds.cern.ch/record/2277348>

Везде они **составляют ~10%** в эффективности.

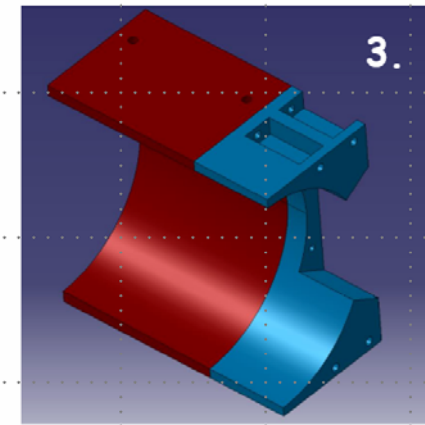
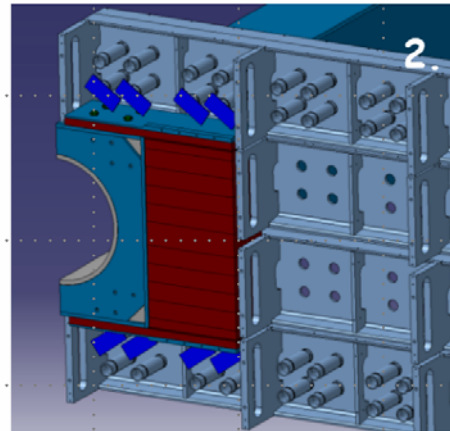
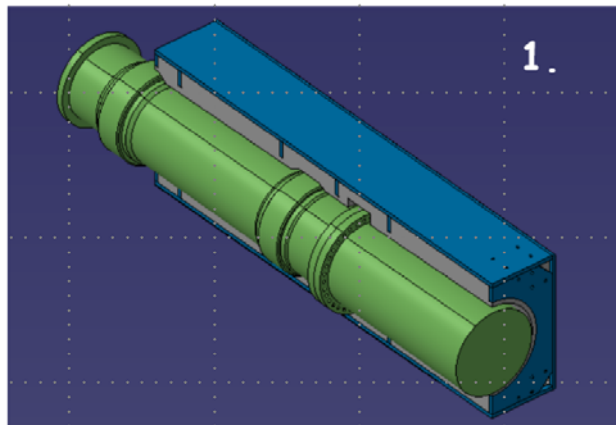
Новая офф-детекторная электроника должна обеспечивать сбор данных с частотой до 40 МГц.

Для этого разработан и прошёл тестовые испытания новый модуль newODE. Многие модули IB также будут заменены на модули ODE, с целью частично уменьшить “мёртвое” время.

Сервисная электроника оказалась довольно медленной и не достаточно надёжной для обслуживания столь многоканальной электроники. Сейчас сделан и испытан прототип нового сервисного модуля



1. A new HCAL beam-plug made of lead in a steel carcass; this plug will have a similar design with respect to the present one, but with a smaller clearance (1cm) to the beam pipe in the part facing M2.
2. An additional shielding made of tungsten in the position of the PMTs of the innermost HCAL cells.
3. An improved M2 plug, of identical dimensions with respect to the present one, but partially made of tungsten.



1. Усиление свинцового защитного слоя вдоль пучковой трубы в пределах HCAL
2. Дополнительная защита из вольфрама перед станцией M2 в центре HCAL
3. Замена защитной оболочки пучковой трубы, выполненной из железа, в станции M2 на вольфрамовую.

Проведенная инвентаризация запасных камер показала, что для продолжения эксперимента на 10 лет и больше при повышении интенсивности пучка в 10 раз будет явный недостаток запасных камер. Поэтому было решено изготовить 50 запасных камер. Производство камер было разделено между Италией (Фраскати) и Россией (ПИЯФ). В Италии изготовлены камеры M5R2 и M5R4 – всего 30 камер.

ПИЯФ изготовил 24 камеры:

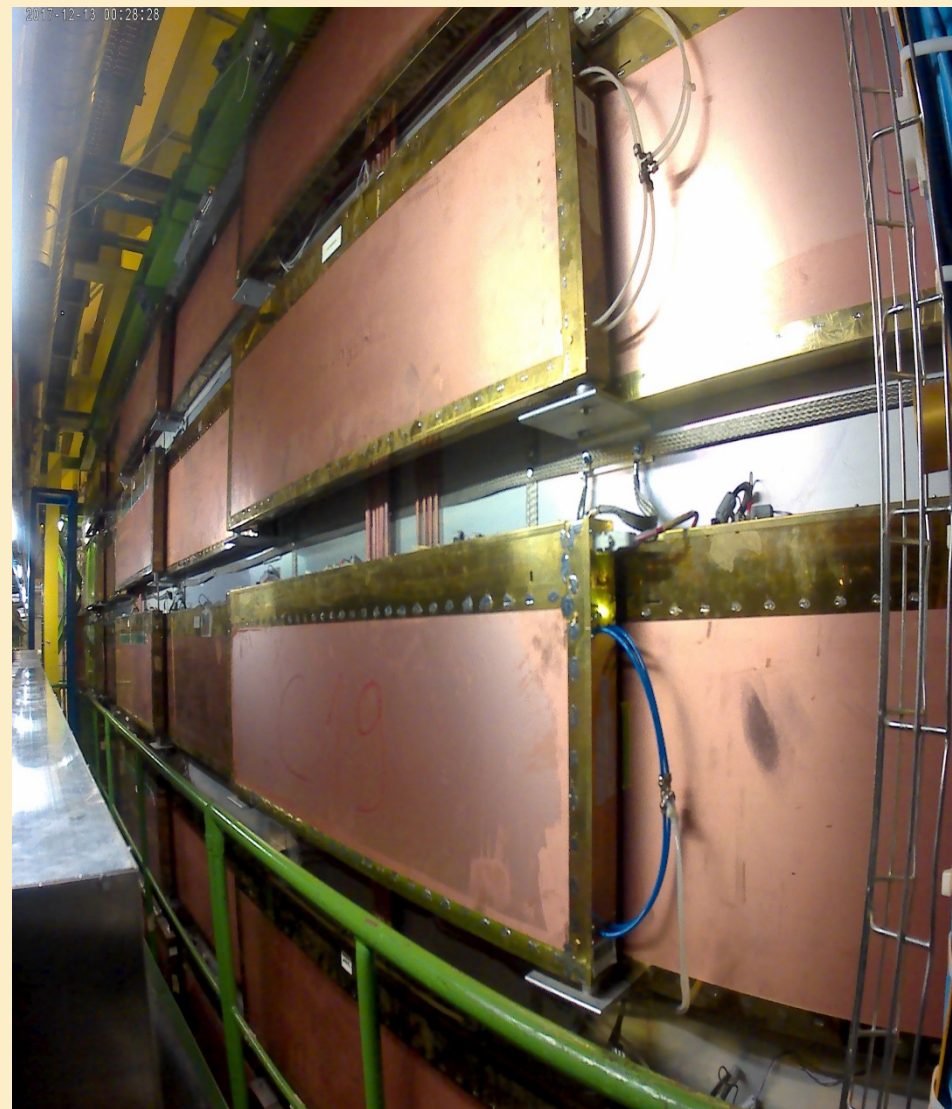
M2R4 – 6шт., M2R3 – 6шт.,

M3R3 – 7шт., M4R2 – 4шт.

Запасные камеры для центральных регионов R1 и R2 станций M2 и M3 не изготавливались по несогласованности мнений об их необходимости. Тем не менее, в ПИЯФ изготовлен прототип камеры M2R2. Кроме того, в этом году была произведена полная инвентаризация запасных камер для всех регионов: LHCb-INT-2017-028 <https://cds.cern.ch/record/2290649>

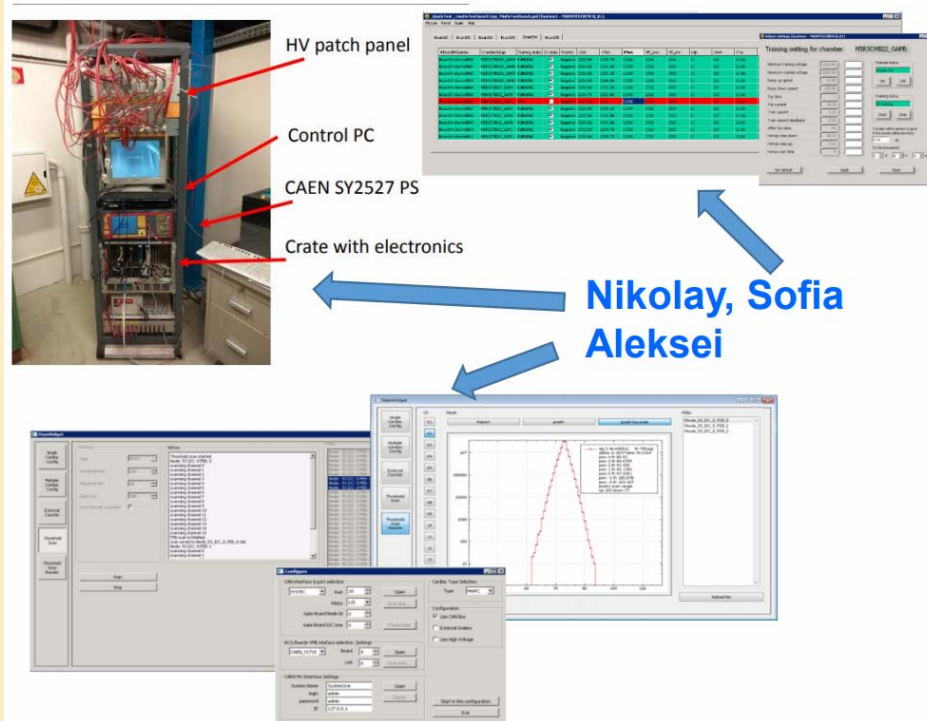
Был выявлен очевидный недостаток запасных камер внутренних регионов в станциях M2 и M3.

Будут изыскиваться возможности **изготовления в ПИЯФ новых камер повышенной гранулярности** для этих регионов, с целью одновременного улучшения эффективности регистрации при больших нагрузках.



Полностью восстановлена рабочая установка для полномасштабной проверки и подготовке к вводу в эксплуатацию запасных камер всех типов, используемых в Мюонном детекторе.

Testbench



Nikolay, Sofia
Aleksei

Установка позволяет:

- Проверить отсутствие утечек газовой смеси.
- В полуавтоматическом режиме тренировать камеры под высоким напряжением.
- Проверять камеры с рабочей электроникой.

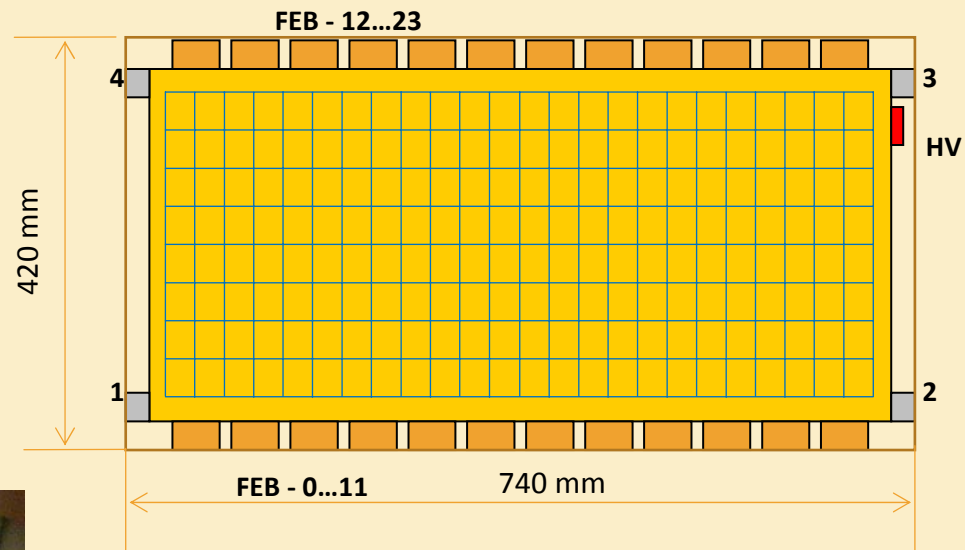
Огромная работа проделана Соней Котряховой и Лешей Чубыкиным.



Для этого было отремонтировано или закуплено необходимое оборудование и написаны новые программы для тестирования.

Прототип камеры M2R2

Камера изготовлена в 2016 году
Протестирована с рабочей
электроникой в 2017 году в ПИЯФ.



**В 2018 году готовится тестирование
камеры на мюонном пучке с
интенсивным потоком мюонов на
установке GIF++ в ЦЕРНе.**

Установка гамма-облучения (GIF++) в ЦЕРНе

Установка GIF++ содержит:

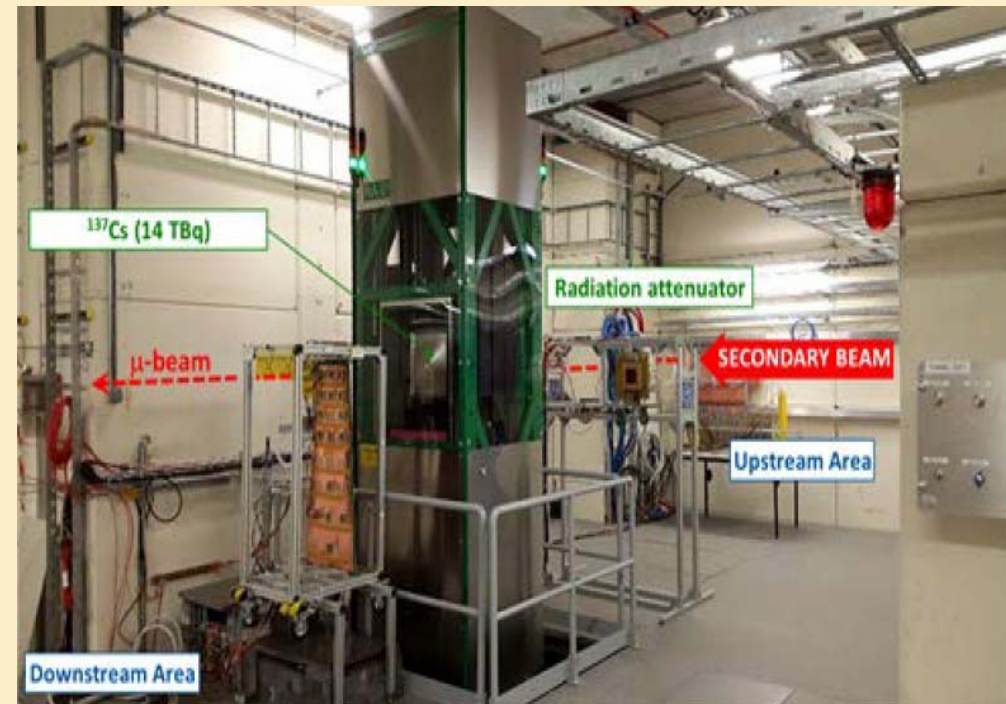
Гамма источник - **14 TBq** ^{137}Cs , энергия гамма - 662 keV

Гамма-поток ($1,5 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1} \text{ cm}^{-2}$) на расстоянии 1,5 м

Система перемещаемых свинцовых фильтров, которые позволяют подавлять интенсивность облучения в диапазоне от 1 до 10^6 в несколько шагов.

Мюонный пучок 100 GeV и 10^4 мюон/спил (размер пучка 10 см x 10 см) доступный для исследования детекторов в зоне гамма-облучения.

Пучок подается 6-8 недель в году.



Измеренные в 2016 году загрузки при светимости $\sim 10^{33}$ в первом регионе станции M2, (неэффективность $\sim 10\%$). При светимости 2×10^{33} они возрастут в 2 раза.

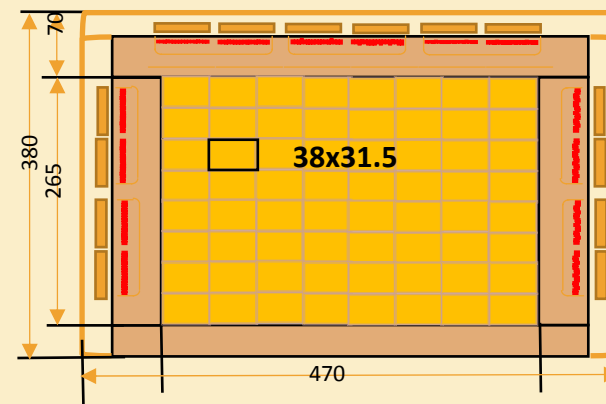


Загрузки в первом канале (всего 16 каналов) каждого из фронт-эндв в камерах первого региона станции M2

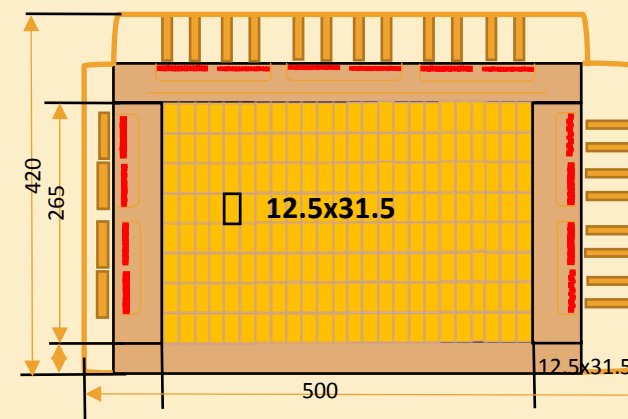
Результаты вычислений эффективности регистрации, проведенные в 2017 году, при полной или частичной замене камер только в внутренних регионах R1 станций M2 и M3, на падовые камеры повышенной гранулярности даёт улучшение в эффективности на уровне ~30% для всех исследуемых распадов.

Из этих расчетов были сделаны выводы:

- Крайне полезно иметь в центральных регионах камеры повышенной гранулярности.
- Делать запасные камеры для этих регионов (а их надо делать в любом случае) по старому варианту крайне не рационально.



Стандартная камера M2R1
Размер пада **38x31.5**

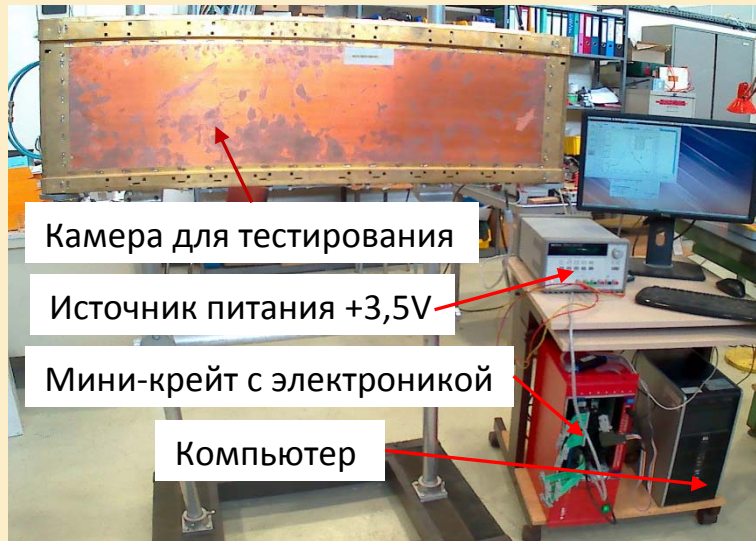


Камера M2R1 повышенной
гранулярности
Размер пада **12.5x31.5**



Запасные слайды

GIF++ test stand

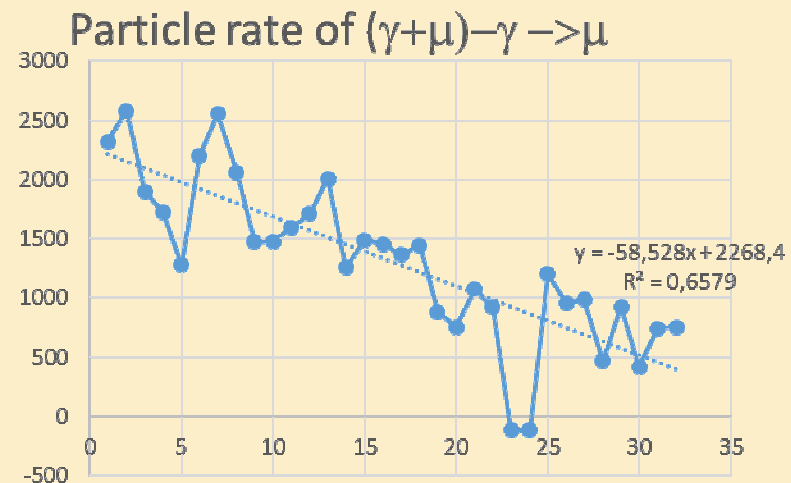
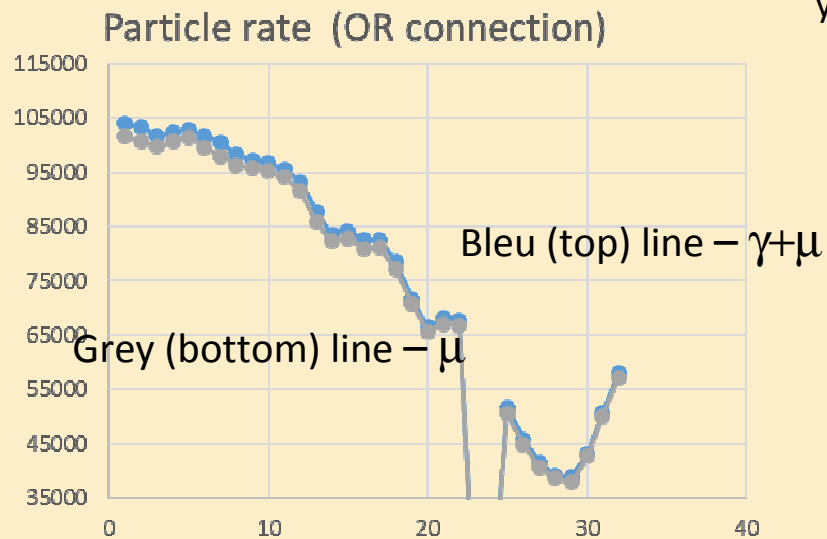


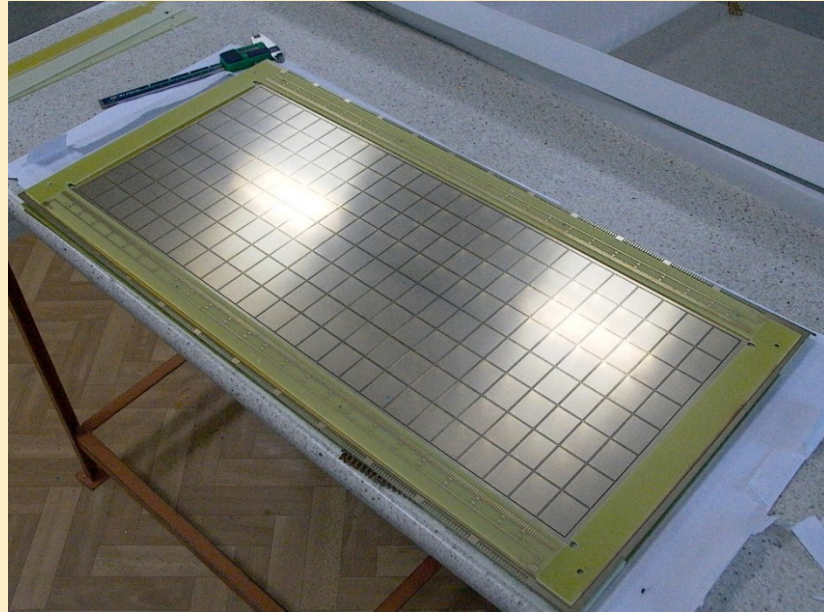
Для проведения тестов с высокой интенсивностью частиц мы собрали простую установку, используя одну запасную камеру (M3R1) и нашу стандартную электронику для тестирования усилителей камеры. Тестовое программное обеспечение было модифицировано под нужды набора статистики.

Наши первые предварительные результаты:

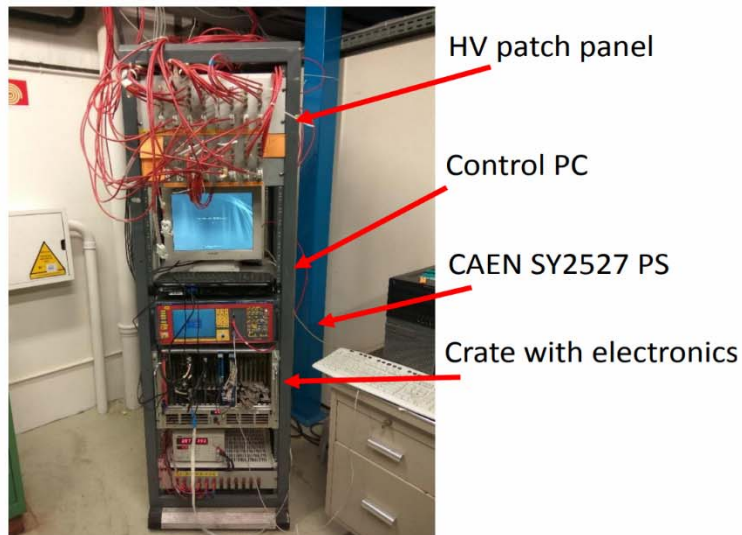
- При средней интенсивности гамма частиц 1,1 МГц на канал мы имеем ~ 1700 случайных совпадений.
- Мы попытались оценить долю мюонов в установке GIF по разности интенсивности "смеси" мюонов пучка и гамма частиц источника и, за такой же промежуток времени, только гамма частиц. Мы получили довольно разумный результат (2200 мюонов/сек.)

К сожалению, этот результат нестабилен. Требуется усовершенствовать электронику считывания.





Полностью восстановлена рабочая установка для полномасштабной проверки и подготовке к вводу в эксплуатацию запасных камер всех типов, используемых в Мюонном детекторе.



Камеры, в процессе тестирования



Установка позволяет:

- Проверить отсутствие утечек газовой смеси.
- В полуавтоматическом режиме тренировать камеры под высоким напряжением.
- Проверять камеры с рабочей электроникой.

Для этого были отремонтированы или закуплены необходимое оборудование и написаны новые программы для тестирования.

Огромная работа проделанна Соней Котряховой и Лешей Чубыкиным.