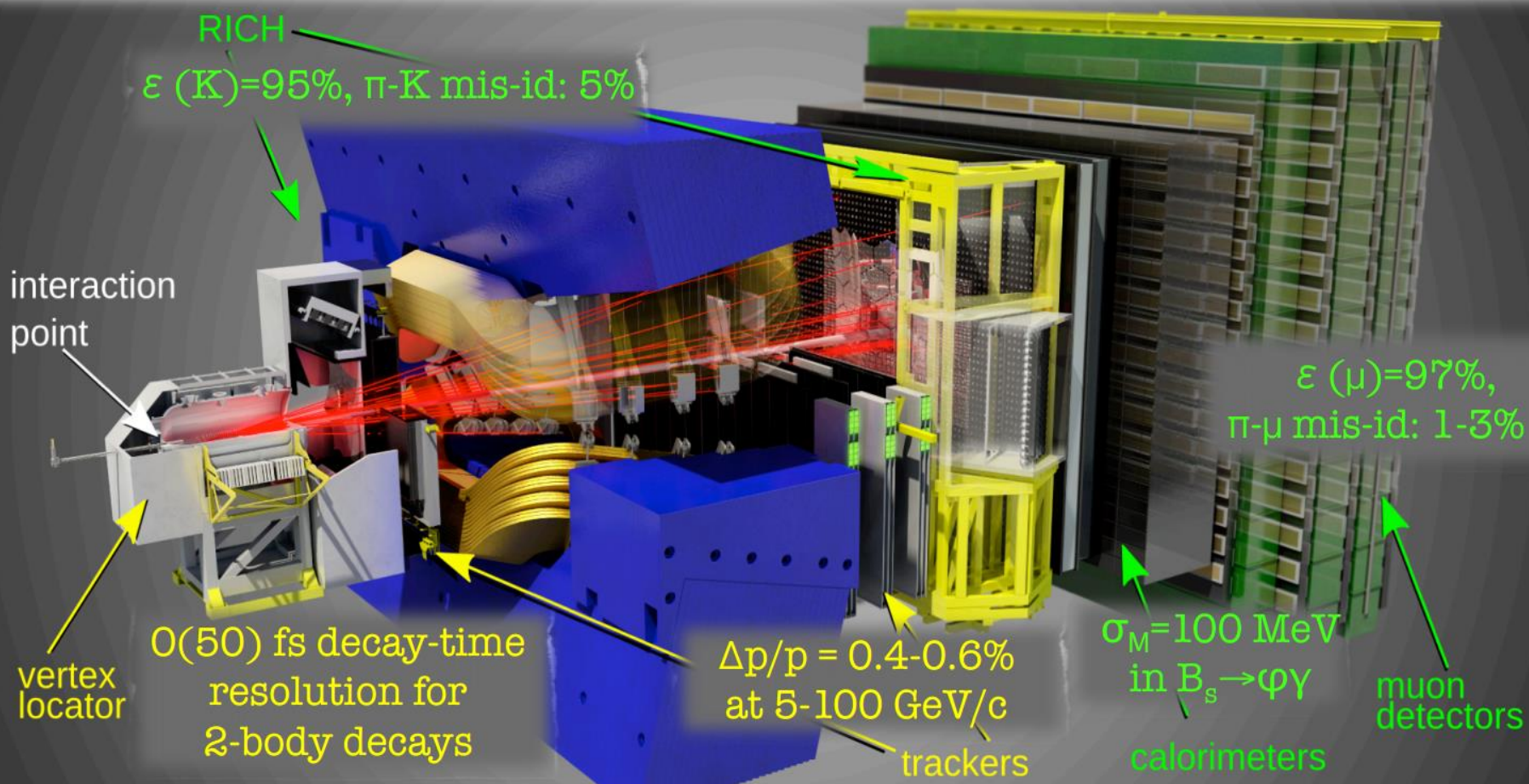


ЛНСб МЮОННЫЙ ДЕТЕКТОР ТЕКУЩИЙ СТАТУС И АПГРЕЙД

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОФВЭ

23-26 дек. 2014

Large Hadron Collider *b*eauty

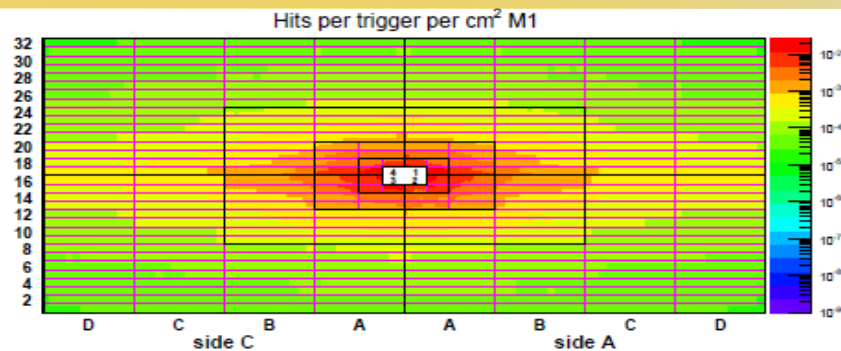


31.01.2013 FILL 3509

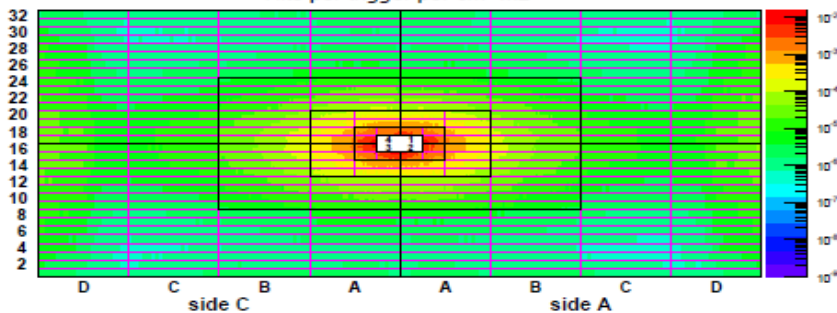
p+Pb@LHC, 5 TeV

$L \sim 4 \times 10^{27} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

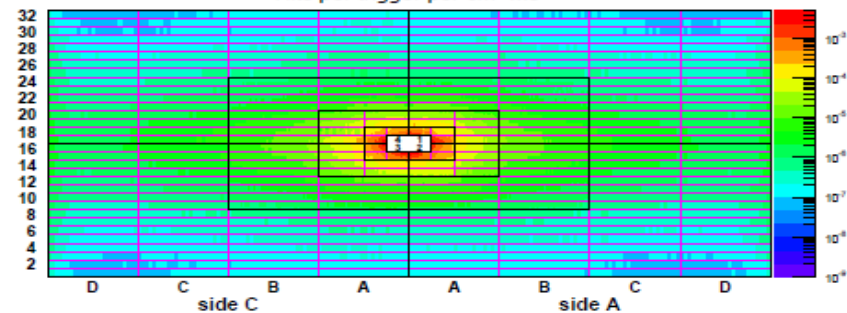
Run 136295 to 136306



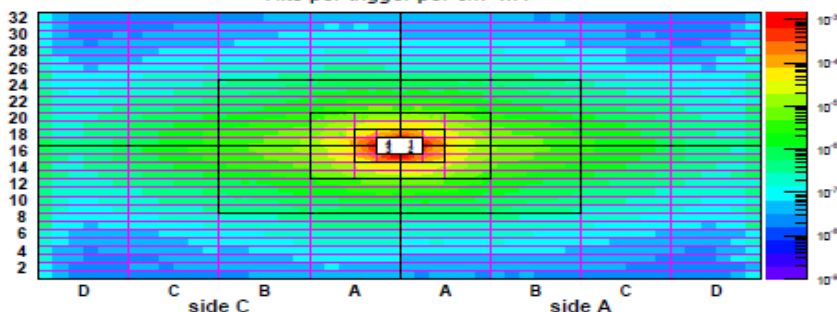
Hits per trigger per cm^2 M2



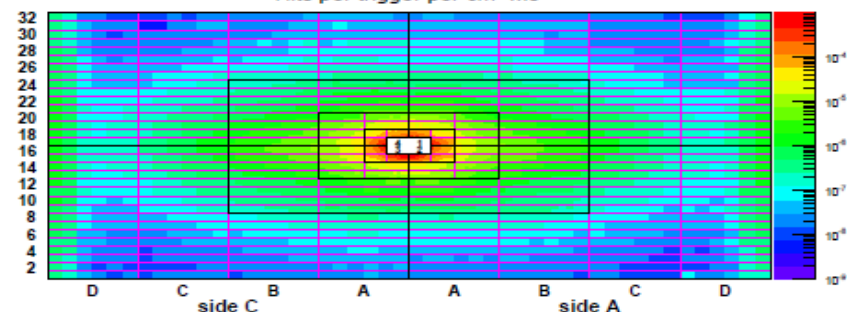
Hits per trigger per cm^2 M3



Hits per trigger per cm^2 M4



Hits per trigger per cm^2 M5



**Пространственное распределение потока частиц на мюонном детекторе.
Рисунок хорошо иллюстрирует отсутствие сильно шумящих
и мёртвых каналов в системе.**



Свою задачу мы видим в обеспечении эффективной работы детектора в новых условиях

Энергия столкновения – 7 + 7 ТэВ

Время между столкновениями – 25 нс

Светимость пучка – $4 \cdot 10^{32}$

Рассматривается возможность работы при светимости $6 \cdot 10^{32}$

Дальнейшая модификация детектора должна обеспечить работоспособность детектора при светимости $2 \cdot 10^{33}$



Перечень задач по обслуживанию детектора

- 1) Обслуживание пропорциональных камер (ПК)
- 2) Модернизация высоковольтной системы (ВВ)
- 3) Защита детектора от вторичной ионизации
- 4) Изучение Мальтер эффекта и методы его подавления
- 5) Разработка прототипа ПК станций M2R2 и M3R2



Обслуживание пропорциональных камер

Работа с камерами

Проблема:

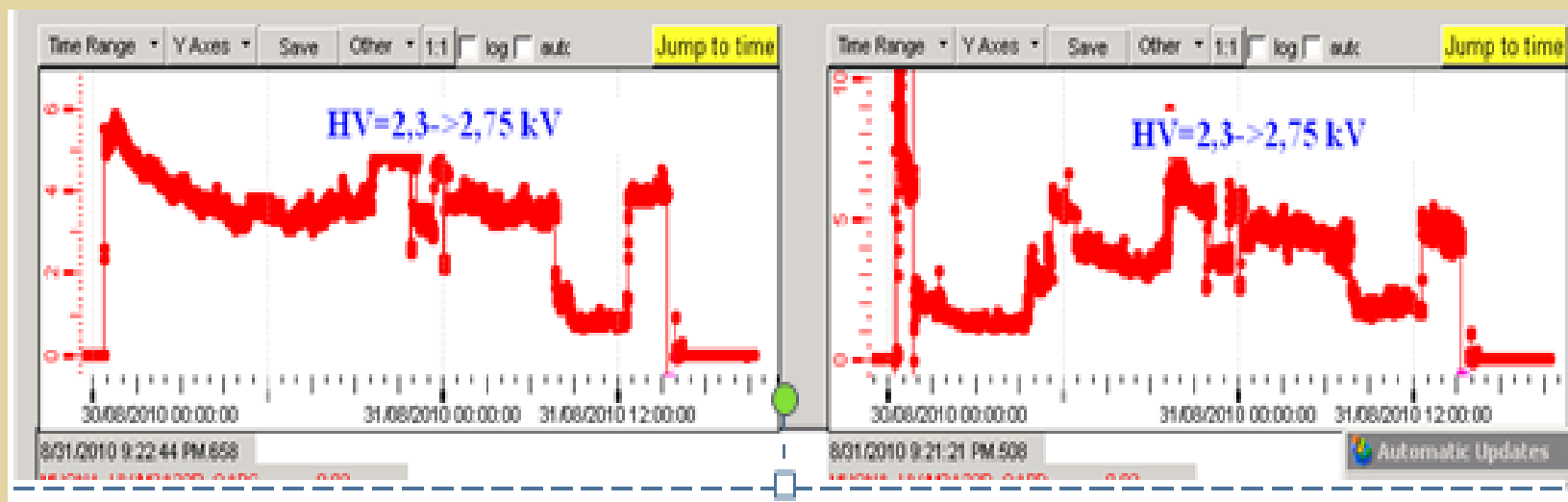
с возрастанием загрузки непропорционально быстро растёт ток в камерах вплоть до срабатывания токовой защиты высоковольтных источников

Выявленные причины:

- ✓ Недостаточная тренировка камер в процессе изготовления.
Симптомы - на этих камерах при подъёме высокого напряжения без ионизационного излучения, при напряжении ниже номинала резко возрастает ток.
Проблема, как правило, устраняется при довольно длительной тренировке.
- ✓ Мальтер эффект – здесь понимается как возникновение большого тока в камере (вплоть до срабатывания токовой защиты) при интенсивном облучении. Ток не пропадает после снятия пучка. Камера работает в режиме автоэмиссии.
Устранение этой проблемы, как правило, занимает очень большое время

Работа с камерами

- ✓ Устранение темновых токов в камерах
- ✓ Борьба с «Мальтер» эффектом
- ✓ Замена камер вышедших из строя из-за короткого замыкания в газовом промежутке.



Пример тренировки камеры без пучка при номинальной (положительной) полярности по высокому напряжению. Синим текстом, обозначены пределы изменения напряжения при тренировке.

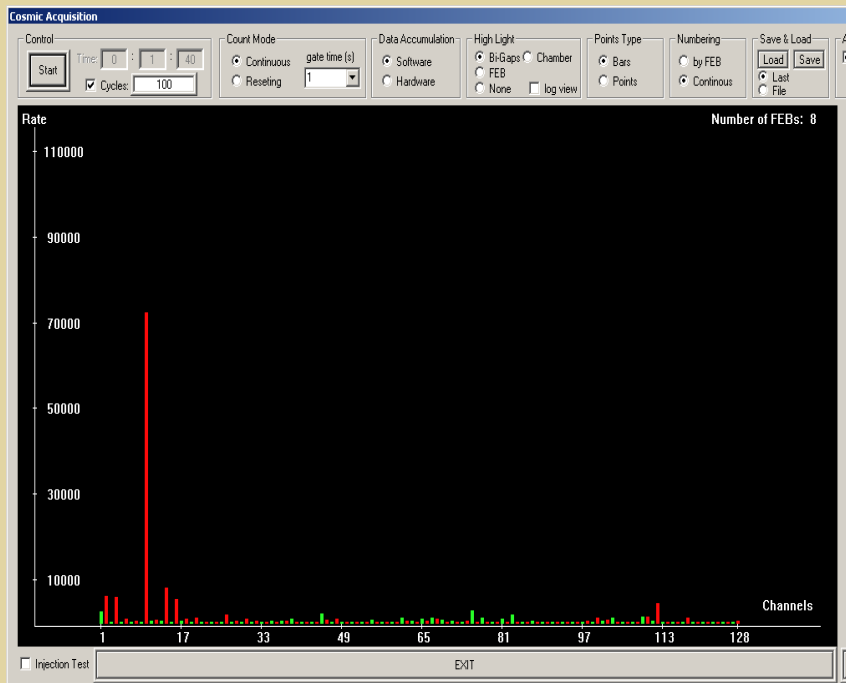
Проблемы за время эксплуатации детектора:

- ✓ Избыточные шумы в ряде каналов
- ✓ Неустойчивая работа усилителей на некоторых камерах в регионах R1 и R2 станций M2 и M3 – камеры со считыванием сигналов с анодов и катодов

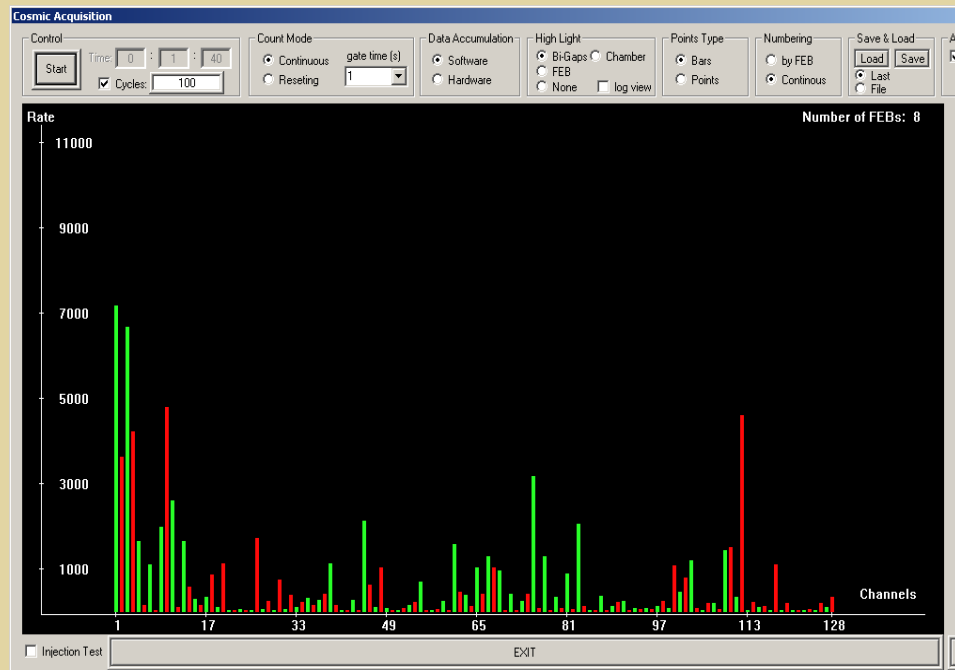
Выявленные причины и методы их устранения

- ✓ Ошибки при определении уровня порогового напряжения из-за сложной и продолжительной процедуры определения порогов - **надо упростить процедуру**
- ✓ Большой разброс входных шумов усилителей относительно установленных порогов срабатывания - **замена усилителей**
- ✓ Возрастание со временем падения напряжения в цепях низковольтного питания усилителей - **освежить контакты**
- ✓ Недостаточная экранировка катодных усилителей - **установить экраны**
- ✓ Частичная потеря земляных контактов внутри камер с анод –катодным считыванием - **восстановить контакты**
- ✓ Влияние высокочастотной помехи в сигнальных кабелях - **установить фильтры**

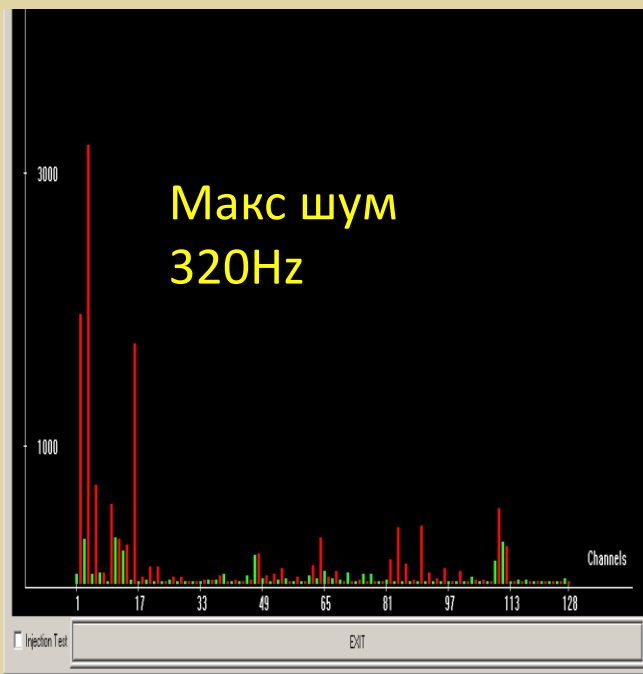
Большой разброс входных шумов усилителей



Камера M2R2 № 07. Канал номер 10 на плате номер 1 шумит с частотой 700 Гц. Такой уровень шумов мы считаем недопустимым и эта плата подлежит замене.



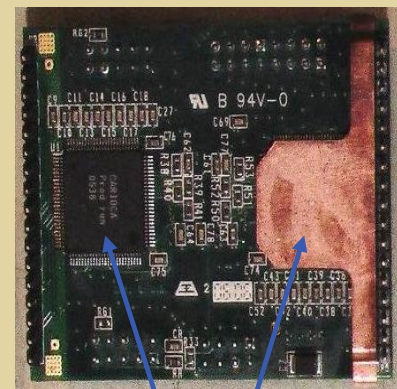
Камера M2R2 №07. после замены усилительной платы. Шумы не превышают 70 Гц.



**Шумы усилителей до установки экранов.
Счёт за 10 сек**



**Шумы усилителей после установки экранов
Счёт за 100 сек**

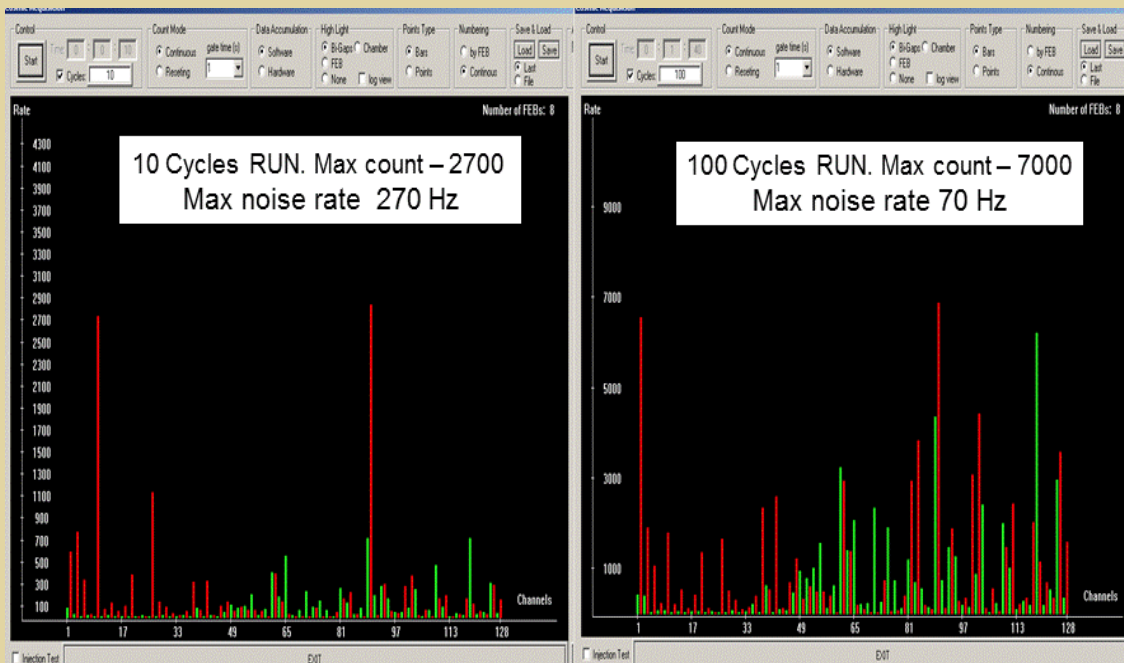


Экраны устанавливаются на обе микросхемы.

Всего установлены экраны на 560 усилителях

Эффект усиления земляных контактов

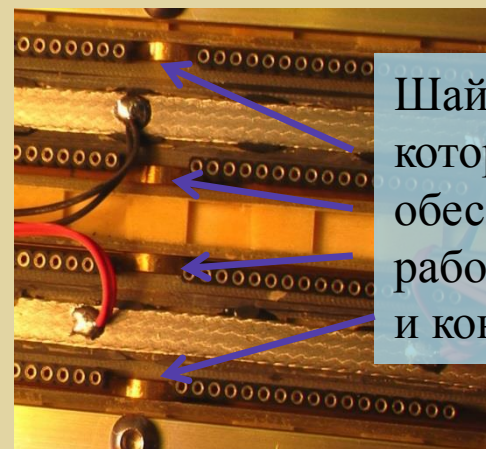
В камерах регионов 1 и 2 .
Станций 2 и 3 электрический контакт между плоскостями осуществлён металлическими шайбами, стянутыми болтами.



Шумы усилителей до модификации 270 Гц

Шумы усилителей после модификации 70 Гц

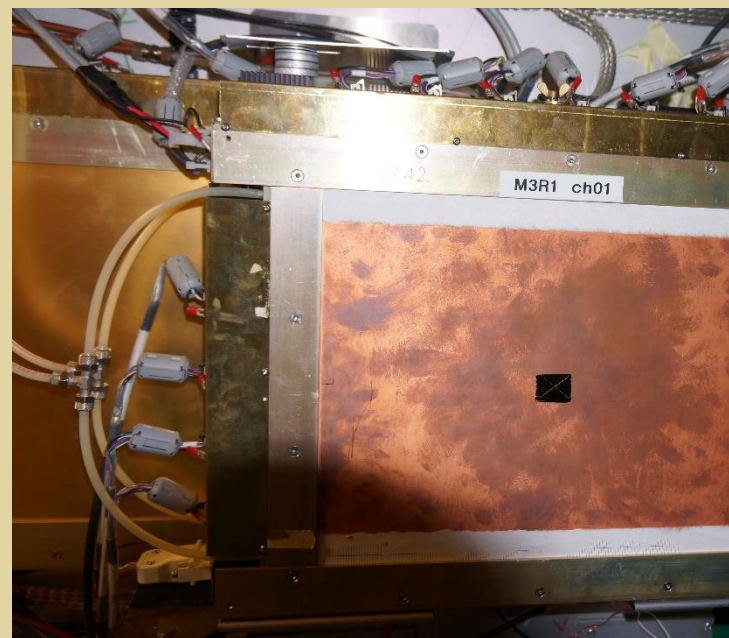
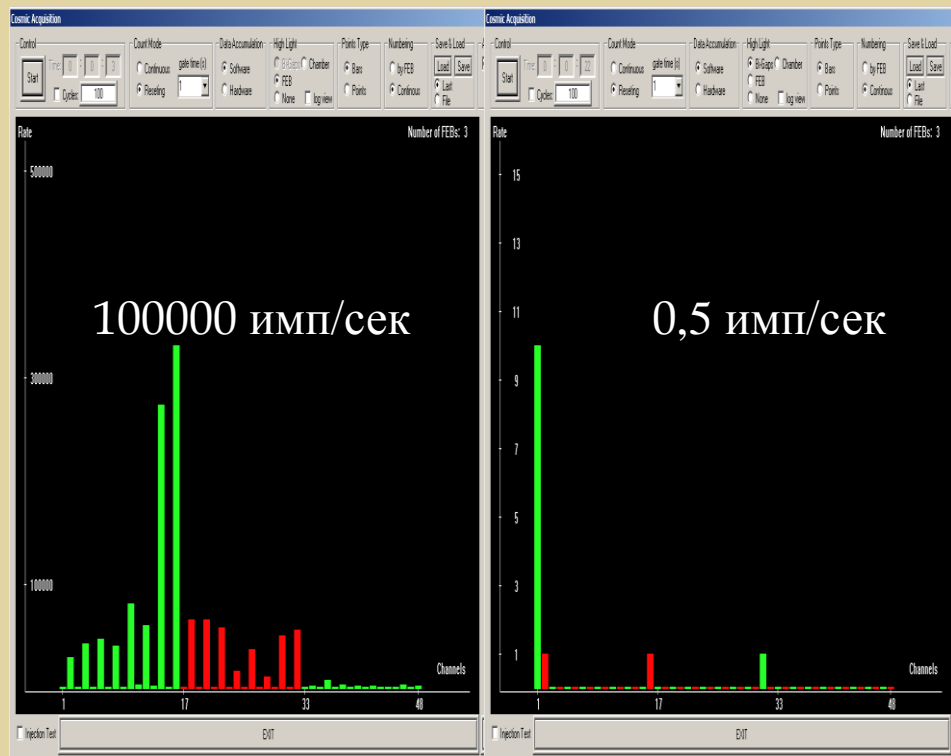
Модифицировано 72 камеры



Шайбы, которые обеспечивают рабочий зазор и контакт

В некоторых камерах контакт пропал. Болты подтянуты. Соединение дополнено перемычками

Эффект кабельного фильтра



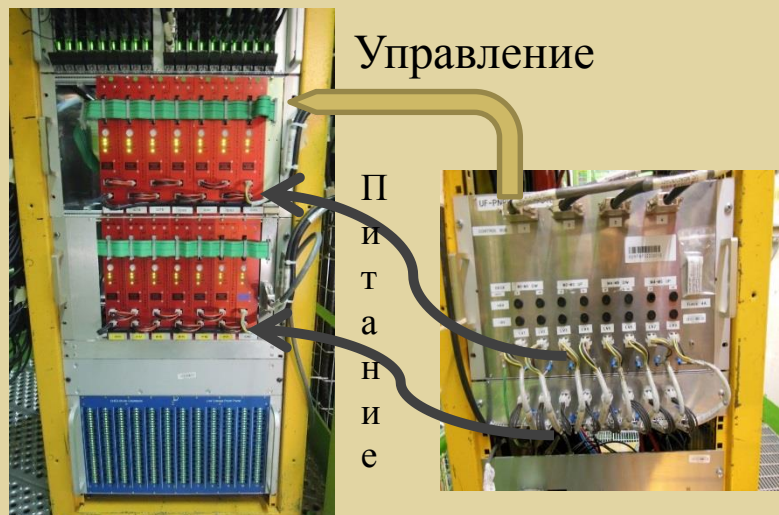
**Шумы усилителей
до установки фильтров**

**Шумы усилителей.
фильтры установлены**

Модернизация высоковольтной системы является частью модернизации мюонного детектора

Аппаратная часть

- 1) Изготовлены в ПИЯФ RDB - 56 модулей, МВ -8 модулей, новые регуляторы для МВ – 80 штук.
- 2) МВ -модули переоснащены новыми регуляторами, протестированны, откалиброваны и установлены в детектор
- 3) Завершено окончательное тестирование и калибровка новых модулей и установка их в детектор
- 4) Все относящиеся к данной системе камеры подключены по новой схеме,
- 5) Осуществлён переход управления системой на USB-интерфейс



Управление

П
и
т
а
н
и
е

Кроме вышеперечисленных работ, в настоящее время, производится полное плановое тестирование и перекалибровка всех старых модулей.

Фактически осуществлена полная модернизация высоковольтной системы мюонного детектора.



Модернизация высоковольтной системы

Программная часть

Модернизация программного обеспечения высоковольтной системы обусловлена:

- Удвоенное количество высоковольтных каналов
- Переход на USB-интерфейс
- Обновление парка управляющих компьютеров переход на 64 разрядный процессор
- Замена операционной системы

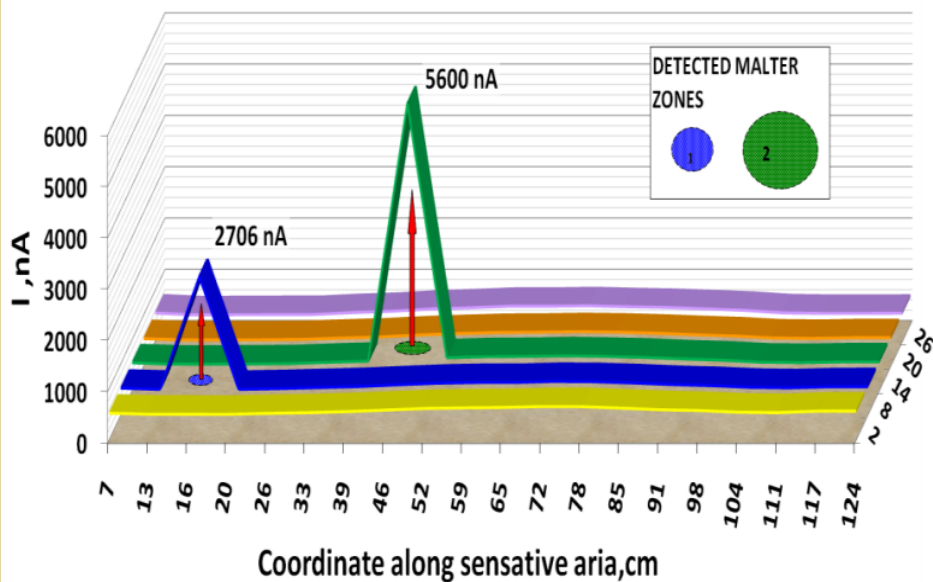
Сделано:

- ✓ Полностью переписана таблица соединений высоковольтных каналов
- ✓ Программы управления USB-интерфейса адаптированы для 64 разрядного процессора
- ✓ Высоковольтная система интегрирована в общую схему контроля высоковольтной системы детектора
- ✓ Производится полномасштабная переработка пользовательского программного обеспечения для котроля за высоковольтной системой, реализованного на базе пакета WINCC OA

Огромная работа проделана за очень короткий срок Лёшей Чубыкиным

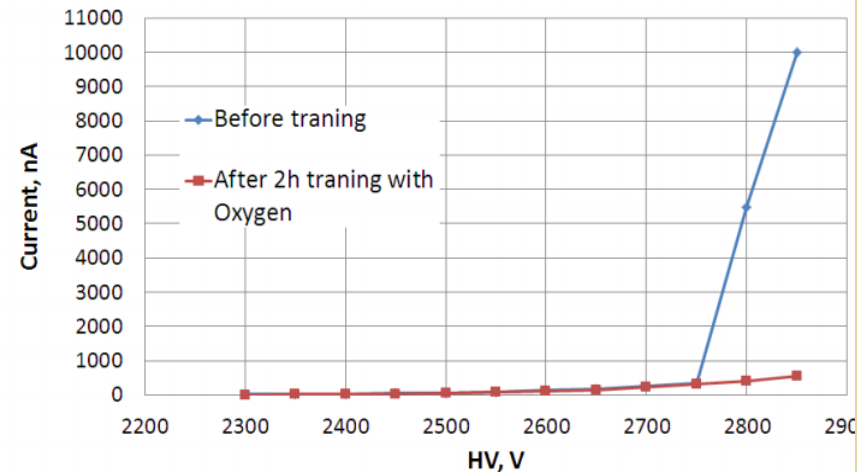
Опробирование методики подавления Мальтер эффекта с добавлением кислорода в рабочую газовую смесь и под облучением на мюонных камерах LHCb было начато в 2013 году (Дмитрий Майсузенко) и продолжено в 2014.

Currents from Sr^{90} along the chamber, GAP A



Зоны локализации темновых токов.

CMB M4R4#41 curing results



Вольтамперные характеристики газового промежутка под облучением до и после тренировки с кислородом.


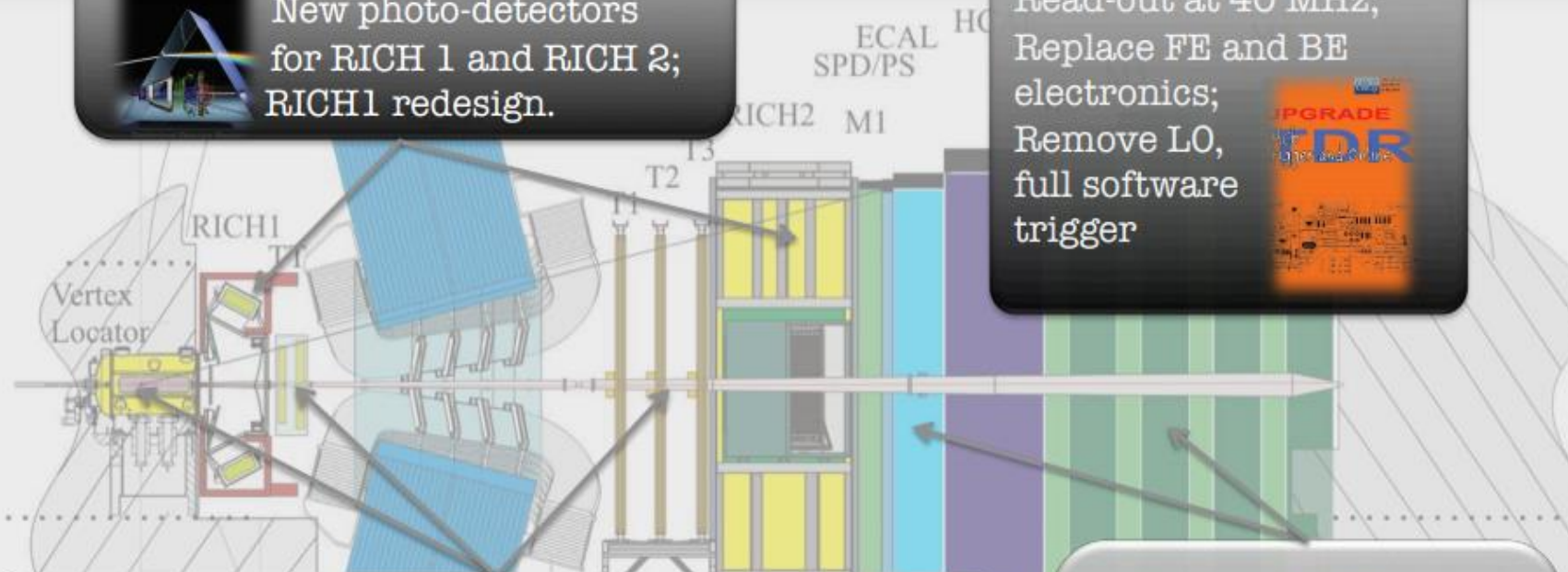
UPGRADE RICH
 Particle Identification



RICH
 New photo-detectors for RICH 1 and RICH 2; RICH1 redesign.

Trigger & DAQ

Read-out at 40 MHz;
 Replace FE and BE electronics;
 Remove LO, full software trigger

Tracking

Replace all detectors:
VELO (Si pixels);
Upstream Tracker (Si strips);
Downstream Tracker (Sci-Fi).




Calo & Muon

Remove components used only for LO.
 Add new electronics;
 Include more shielding.

All upgrade TDRs approved by RB.



Модернизация мюонной системы

LHCb проектировался на максимальную светимость - $2 \times 10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$

В 2012 году уверенно работал при светимости - $4 \times 10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$

В планах, детектор должен работать при светимости - $2 \times 10^{33} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$

В TDR по модернизации мюонного детектора вошло 3 основных пункта

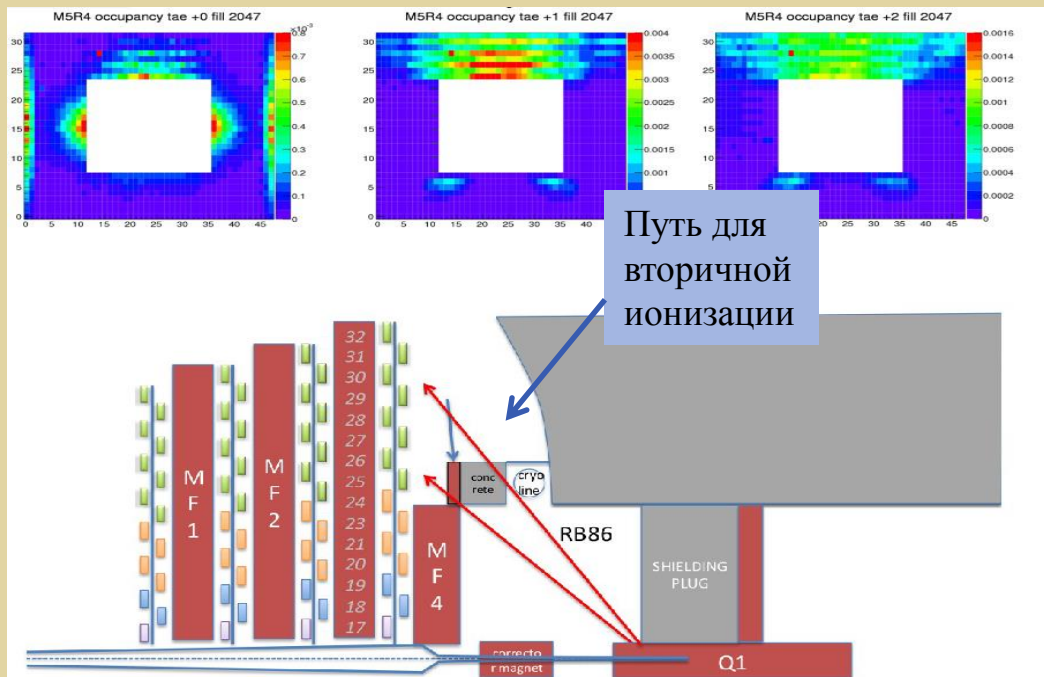
- ✓ Защита детектора от вторичного излучения
- ✓ Модернизация «Off Detector Electronic» (ODE)
- ✓ Изготовление запасных камер

Существовало мнение, что все камеры детектора будут эффективно работать и не требуют модернизации.

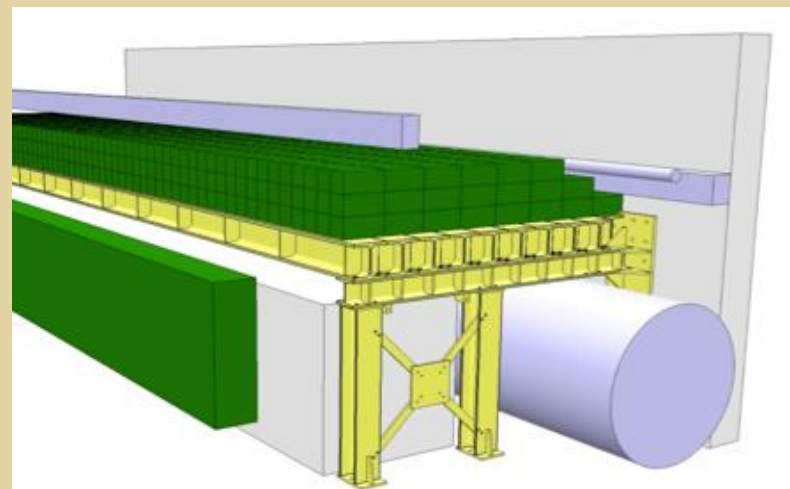
Но тем не менее дополнительно был вписан пункт, где предлагалось продолжить изучение работы детектора при светимости $2 \times 10^{33} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ и, при необходимости, внести дополнение в TDR.

Защита станции M5

Вторичная ионизация идёт от магнитов в туннеле.

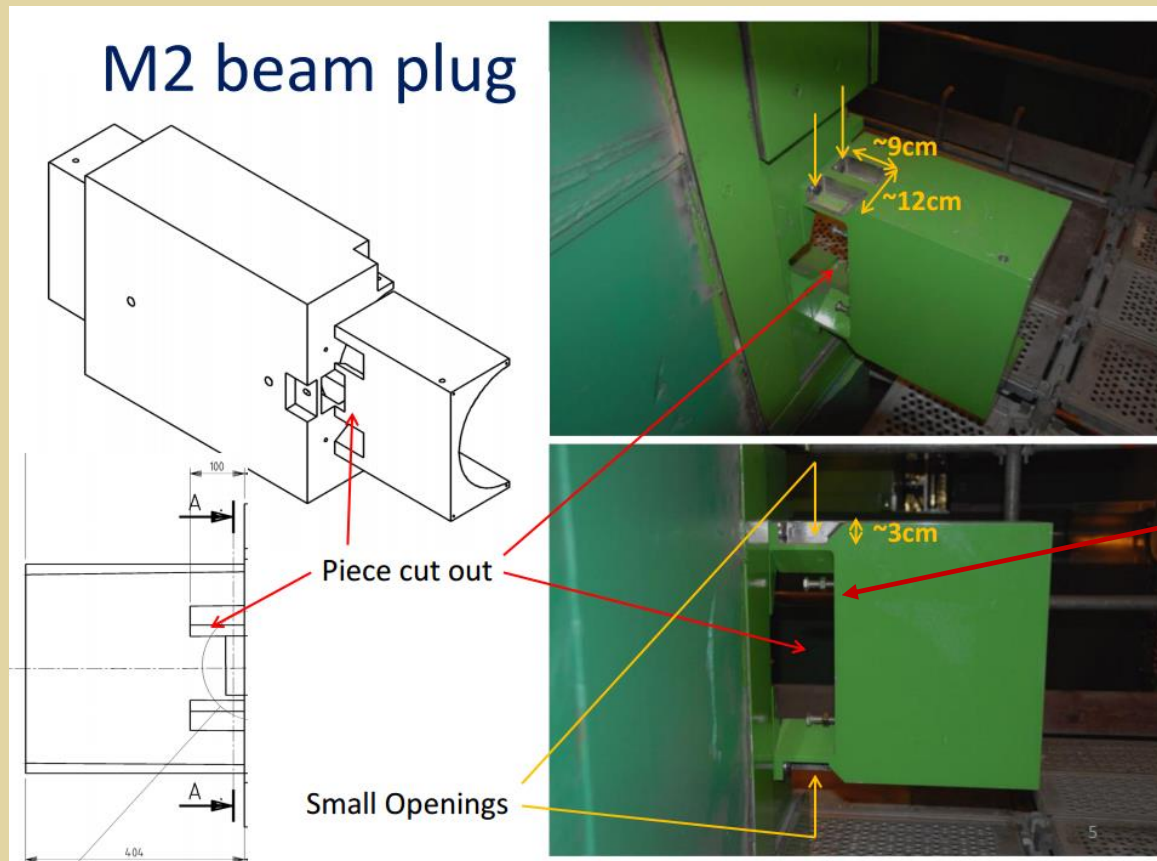


Поставлена защита из стальных кирпичей толщиной ~30см.



Защита детектора от вторичной ионизации

Защита станции M2 и M3



Сейчас эти отверстия закрыты стальными пластинами.

В дальнейшем этот кожух планируется заменить на вольфрамовый для лучшего подавления вторичного излучения

Защитный кожух пучковой трубы впереди M2. Видны большие технологические отверстия.



Модернизация «Off Detector Electronic» (ODE)

Итальянские коллеги взяли на себя модернизацию электроники.

- ✓ Начата работа по разработке нового модуля nODE
- ✓ Начата работа по разработке микросхемы nSYNC
- ✓ Начата разработка нового модуля «New Service Board»



Изготовление запасных камер

Согласно плану ПИЯФ должен изготовить следующие камеры:

M2R3 7 камер

M2R4 6 камер

M3R3 7 камер

M4R2 4 камер

В Италии должны изготовить:

M5R2 5 камер

M5R4 22 камер

ПИЯФ предложил не производить больше камер M2R2 и M3R2 с анодно-катодным съёмом информации, и взялся за разработку и изготовления опытного образца камеры с катодным съёмом информации.



Работа детектора при светимости $2 \times 10^{33} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$

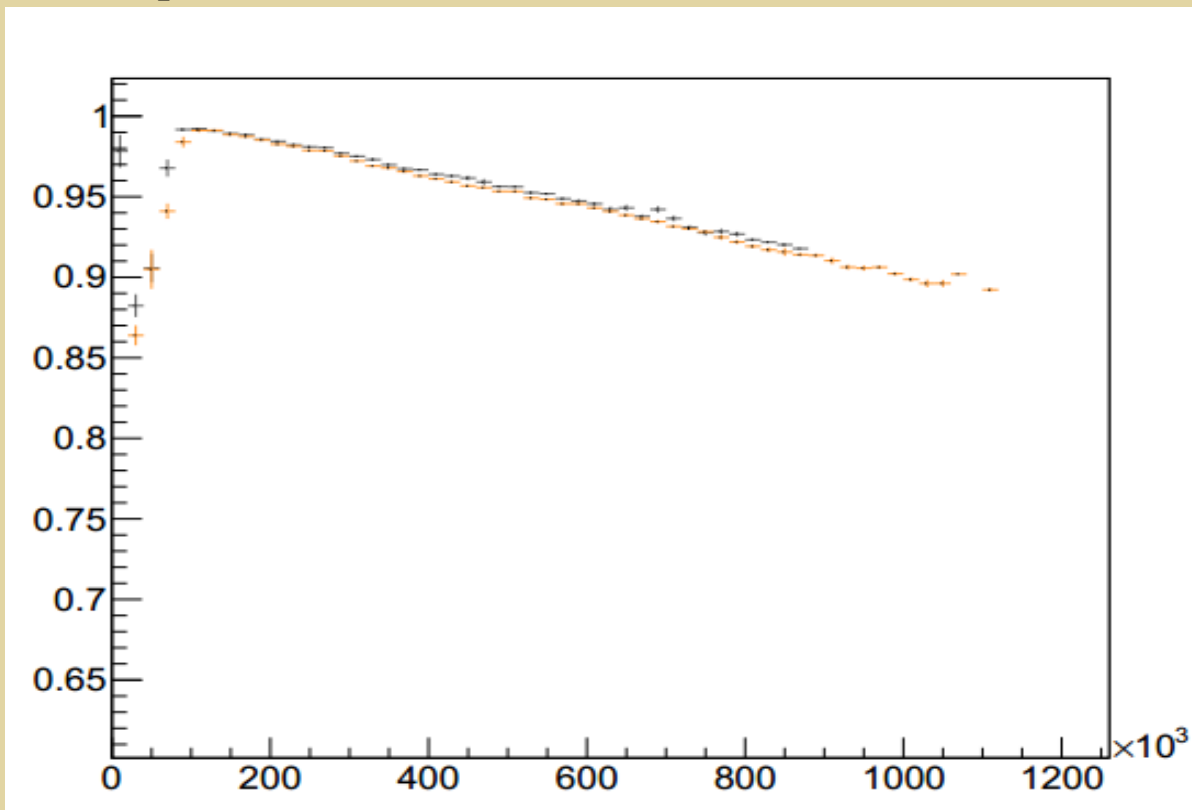
M2. Ожидаемые средние поканальные загрузки

29	25	34	47							54	37	28	31
27	22	33	45							50	33	23	29
39	22	37	52							52	35	23	41
43	22	39	57							60	37	23	46
62	26	54	82							84	49	29	65
58	28	61	102							111	60	31	61
81	38	88	159							161	83	42	81
73	44	0	214							228	104	48	77
100	59	45	98							97	43	64	103
102	68	58	147							155	57	75	102
138	93	86	241							241	80	100	140
145	108	108	391							410	105	122	135
185	142	153	431	819					838	450	164	151	186
190	165	204	684	1769					1726	686	191	175	175
236	204	262	1160	1249	2248	1841			1335	848	273	217	238
226	209	299	1590	3218					2956	1522	306	218	212
270	216	320	1556	2521					2735	1440	321	233	266
193	191	255	1101	1388	2574	2585			1377	1040	254	203	201
216	172	213	735	1469					1599	708	211	185	218
147	133	144	457	850					795	470	147	143	153
154	112	113	395							359	105	123	152
91	85	79	238							234	78	94	113
115	73	63	153							150	61	79	119
83	54	41	94							102	40	59	87
87	47	117	230							225	110	52	91
63	35	79	144							149	75	37	68
63	32	68	111							111	62	33	67
49	24	47	73							75	43	24	49
49	22	41	60							53	38	23	51
35	19	31	42							44	29	19	38
31	21	33	41							40	32	14	35
25	24	35	41							41	34	25	27

Измерения сделаны при светимости $2 \times 10^{32} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$ и пересчитаны на ожидаемую Загрузку.

В центральных регионах загрузки превышают 3 МГц
Расчётная потеря эффективности более 20%







Зависимость эффективности регистрации частиц каналом электроники (мс CARIOSA) от интенсивности



Интенсивность (ГГц)

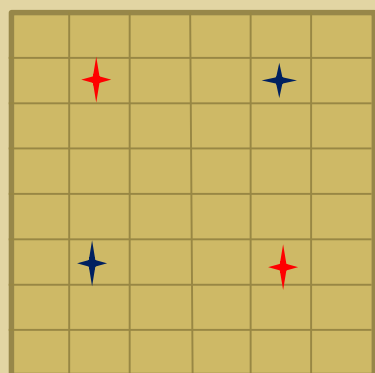
Зависимость получена экспериментально на детекторе при нескольких значениях интенсивности.

Полученное мёртвое время электроники 100нс

Inefficiencies reported in TDR			Min	Aver	Max
Region	Inefficiency at $2 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$				
M2R1	$7.1 \pm 2.8 \%$		5.0	11.0	23.0 %
M2R2	$4.1 \pm 1.1 \%$		2.0	7.5	13.0
M2R3	$2.6 \pm 0.4 \%$		0.7	3.9	9.3
M2R4	$1.7 \pm 0.3 \%$		0.0	1.7	7.4
M3R1	$3.3 \pm 1.1 \%$		0.7	3.2	6.9
M3R2	$1.2 \pm 0.3 \%$				
M3R3	$0.9 \pm 0.1 \%$				
M3R4	$0.6 \pm 0.1 \%$				

Текущие результаты расчётов неэффективности регистрации. Слева - опубликованные результаты расчётов на 2012 год, справа, на жёлтом фоне, последние промежуточные результаты для шести регионов, с учётом дополнительных факторов и измерений. Красными стрелками показан вклад от мёртвого времени усилителя, синими - вклад от времени формирования выходного сигнала 18нс.

Триггерный сектор



X1 X2

X-колонки

Y1

Y- строчки

Y2



Реальная частица



Кажущаяся частица
(привидение)

Мюонные станции разделены на регионы M1-M4.
Регионы разделены на 12 триггерных секторов.
Триггерные сектора состоят из логических падов.
X колонки и Y строчки названы – логические каналы.
Координата определяется по пересечению логических каналов.

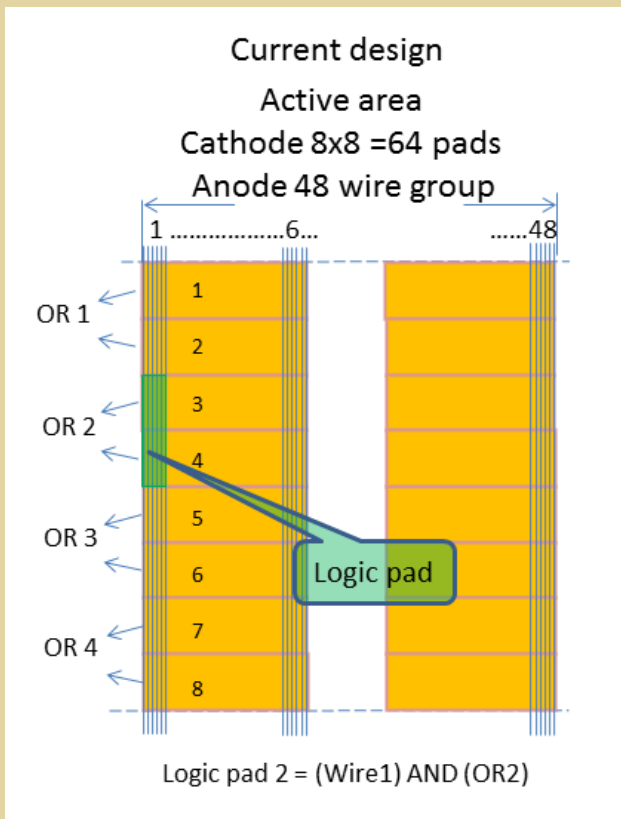
В большинстве регионов логические каналы образованы объединением по ИЛИ физических каналов.

Под физическим каналом понимается область камеры, считываемая одним каналом электроники.

Поскольку максимальная загрузка в логических каналах, то считывание непосредственно с физических каналов снимает эту проблему

Исключением являются камеры M2R1, M2R2, M3R1 и M3R2.

Здесь логическими каналами являются физические каналы, И для снижения загрузки на канал необходимо уменьшать размеры физического пада.



Существующая конструкция камер M2R1,2 и M3R1,2
Активная зона

- катод разделен на 64 пада (8x8)
- анод разделён на 48 групп

Координата определяется по совпадению анодной группы с катодным падом, формируя таким образом **логический пад**.

В настоящий момент в центральных регионах загрузка электроники близка к предельной.

Предложения:

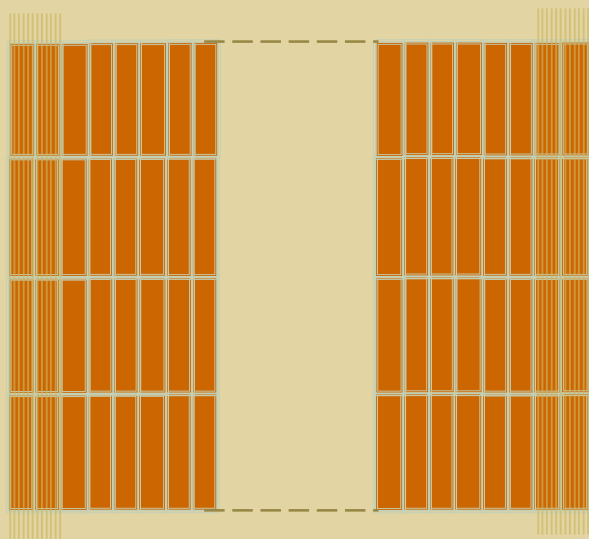
Италия - камеры M2R1 и M3R1 сделать «triple GEM» камеры

ПИЯФ - камеры M2R2 и M3R2 сделать пропорциональные камеры с катодным считыванием

Предлагаемые варианты геометрии камер.

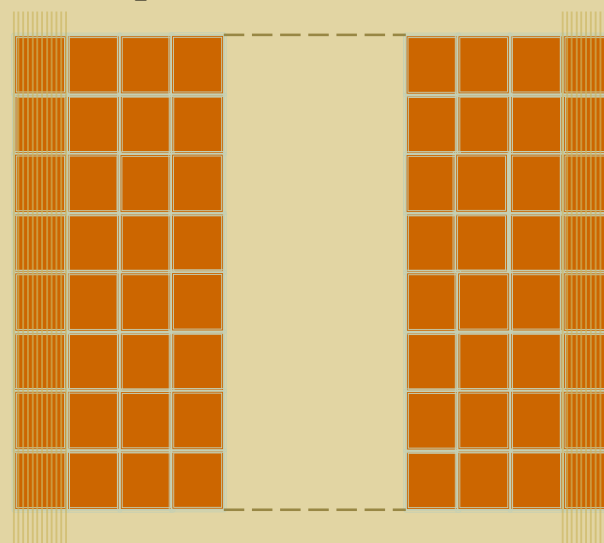
Активная зона в одних случаях разделена на 192 пада

Геометрия катода $48 \times 4 = 192$



- Плюсы – размер пада равен логическому паду
- прототип этого варианта в производстве
- Минус – плохое разрешение по оси Y

Геометрия катода $24 \times 8 = 192$



- Плюсы – площадь пада равна площади логического пада
- разрешение по оси Y в 2 раза выше
- возможно сохранение разрешения по X при использовании кластерных событий
- возможно повысить точность определения мюона ($\mu\text{on ID}$)



С НОВЫМ ГОДОМ!

12/24/2014

Н. Бондарь О. Маев

www.dayno.ru

www.dayno.ru

▣ Запасные слайды

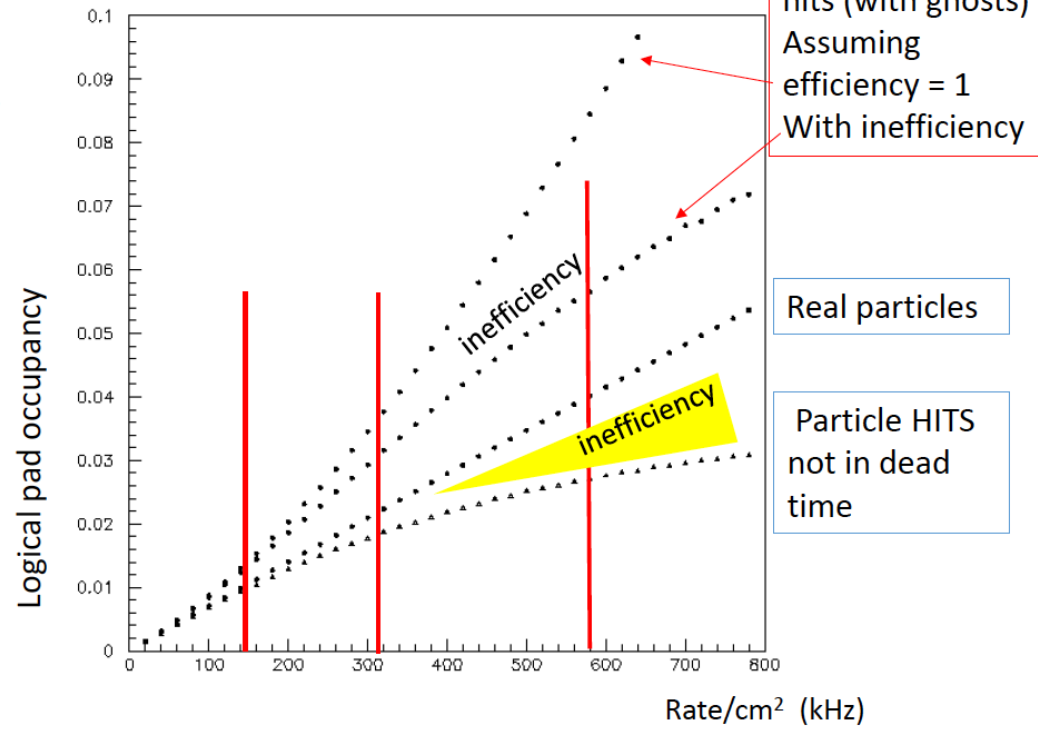
G. Martellotti

From these inputs →
Logical pad occupancy (with
ghosts) and inefficiency



The 3 red vertical lines correspond to the rates foreseen in the chamber of the region having minimal, average, maximal population

EXAMPLE TS = 95 cm²
M2R1 X,Y= 6+8 phys.channels
48 crossings



- For what **MisID** is concerned :

- With several % of pad occupancy we will have a very high occupancy in the FOIs
→ very high accidental probability

- # Assuming the rates reported in the TDR table and with present detector

- PAD occupancy goes up to ~50% in M5R4, ~ 9% - 4% in M2R1-M2R2

- eliminating ghosts with a PAD detector occupancy goes down by $> (\sim)$ a factor 2

- necessary but not sufficient for a good performance locally (unless we have a good surprise from shielding - but simulated M2 shielding effect was already considered)

- - PAD detector in M2R1 M2R2 M3R1 (M3R2) **necessary**

- PAD readout in M5R4 **necessary**

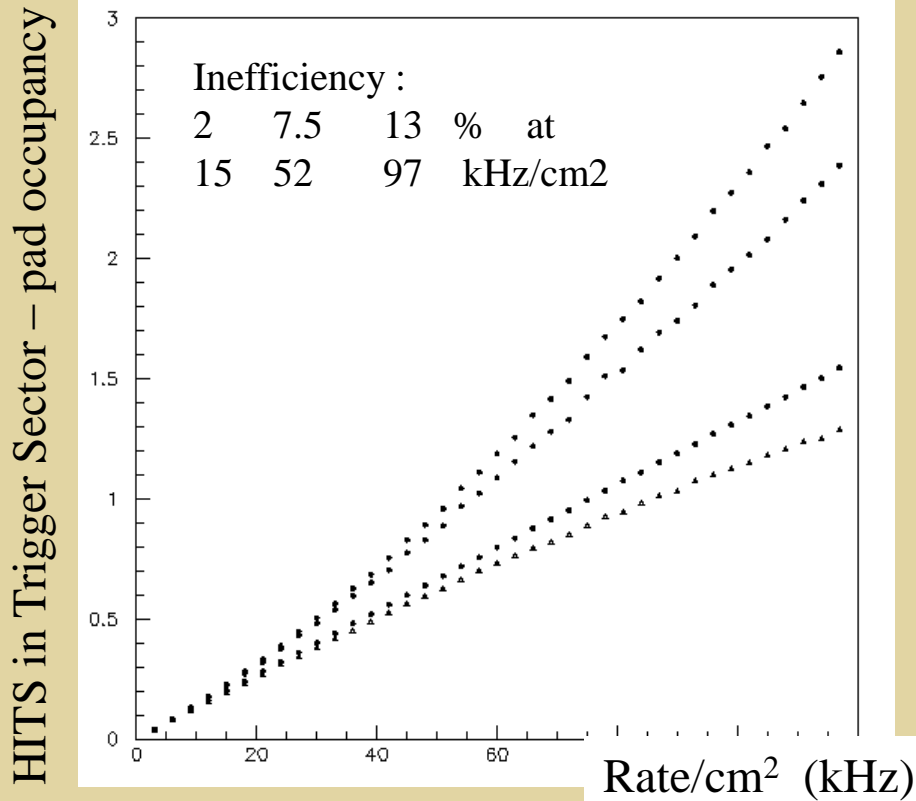
- PAD occupancy goes up to ~2.5% - 2% in M2R3-M2R4

- - PAD readout in M2R3, M2R4 **usefull** (more for MUID than for efficiency)

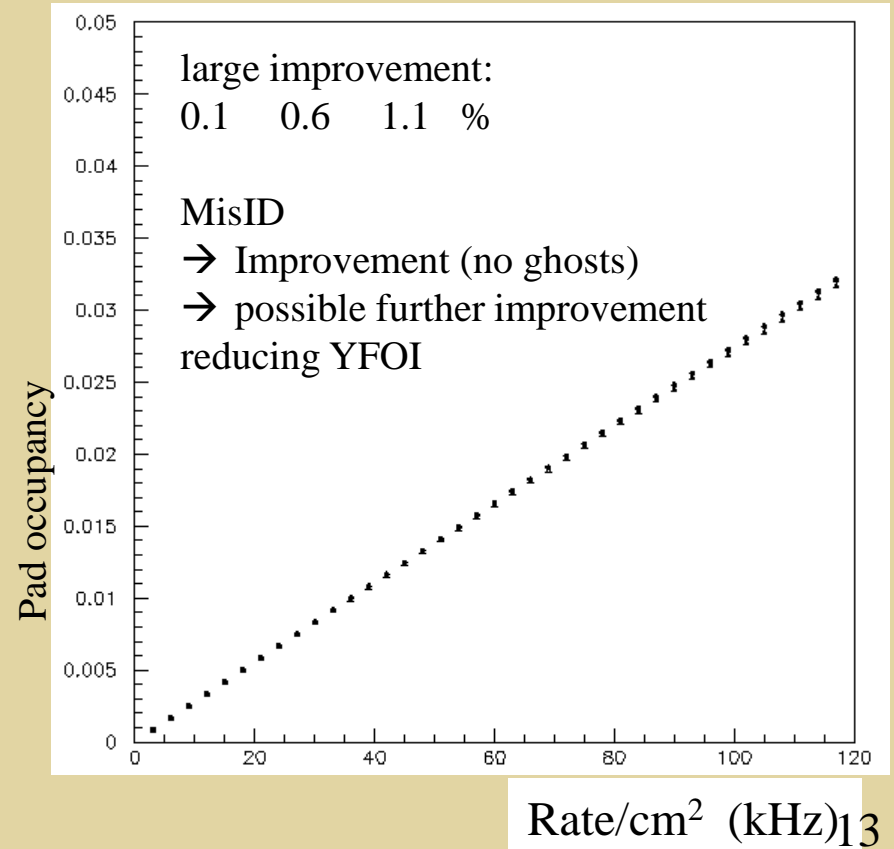
Once eliminated the ghosts we cannot do much more for MUID but in the inner region we could still improve with a pad size $X=2X$, $Y=1/2Y$ (it would permit to reduce YFOI)

... too many channels ...

M2R2 PRESENT DETECTOR (TS=380 cm²)
 X,Y= 12+16 phys.ch. =12 + 4 logic. per TS
 48x4=192 crossings/chamber (1.26x6.3~8 cm²)



M2R2 PAD DETECTOR
 X=2X, Y=1/2Y of logical (it is convenient)
 192 pads per chamber (2.5x3.1 ~ 8 cm²)



Introduction

- ▣ Spare MWPCs production
- ▣ New electronics: The new ASIC design activity
- ▣ MC tuning work
- ▣ Understand the muon system performance in upgrade conditions