

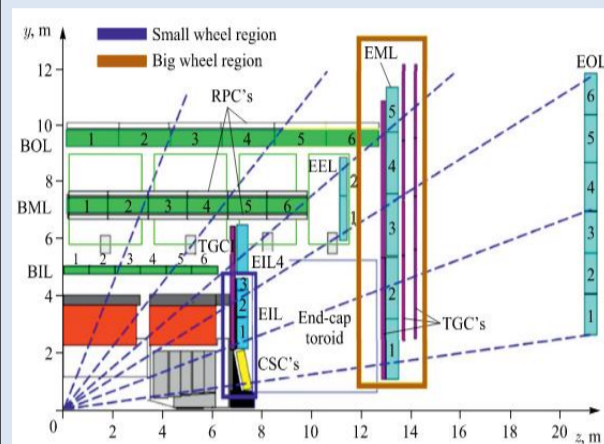
# Лаборатория адронной физики ОФВЭ ПИЯФ

## Разработка и создание тонкоззорных камер sTGC для мюонной системы детектора ATLAS

Вторую длительную остановку ускорителя LHC (LS2) планируется осуществить в конце 2018 года для того, чтобы включить новый ускоритель Linac-4 в комплекс инжектора, увеличить энергию ускорителя PS Booster, что позволит уменьшить эмиттанс пучка, и обновить систему коллиматоров протонных пучков коллайдера. После возобновления набора данных в 2020 году светимость ускорителя, как ожидается, достигнет величины  $2-3 \times 10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ . Модернизация детектора ATLAS, которую планируется выполнить в 2014-2020 годах (так называемая Фаза-I), позволит эксперименту использовать в дальнейшем все возможности, предоставленные обновленным ускорительным комплексом.

### Мюонный спектрометр детектора ATLAS

#### Вид сбоку 1/4 детектора ATLAS



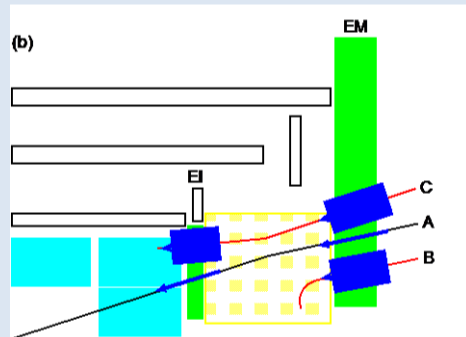
Для регистрации мюонов и измерения их импульсов в детекторе ATLAS используется около 1200 мюонных камер различных типов общей площадью более 5400 м<sup>2</sup>. В центральной и передней части спектрометра для прецизионного измерения координат используются дрейфовые трубки Monitored Drift Tubes (показаны зеленым цветом) за исключением небольшой области при больших быстротах, где используются Cathode Strip Chambers (показаны желтым цветом).

Для выработки триггерного сигнала при прохождении мюонов в центральной части спектрометра используются Resistive Plate Chamber (показаны белым цветом), а в передней части тонкоззорными камерами Thin Gap Chamber (показаны пурпурным цветом).

#### Передняя часть мюонного спектрометра Small Wheels

Увеличение светимости коллайдера LHC приведет к существенному росту радиационной загрузки мюонной системы в первую очередь в областях с большими быстротами. Как показывают расчеты, в области малых колес (Small Wheel), которые расположены на расстоянии 7 м симметрично от точки взаимодействия и перекрывают область псевдобыстрот  $1.0 < |\eta| < 2.7$  загрузки превышают предельные для CSC (5 кГц/см<sup>2</sup>) и MDT (200-300 кГц/трубку) камер, расположенных в этой области.

Схема мюонного триггера L1 в торцевой области мюонного спектрометра основана на совпадении сигналов различных слоев TGC камер средней мюонной станции (EM), расположенных сразу за торцевым магнитным тороидом на расстоянии 6 м от SW. Значительная часть срабатываний мюонного триггера вызывается фоновыми частицами.

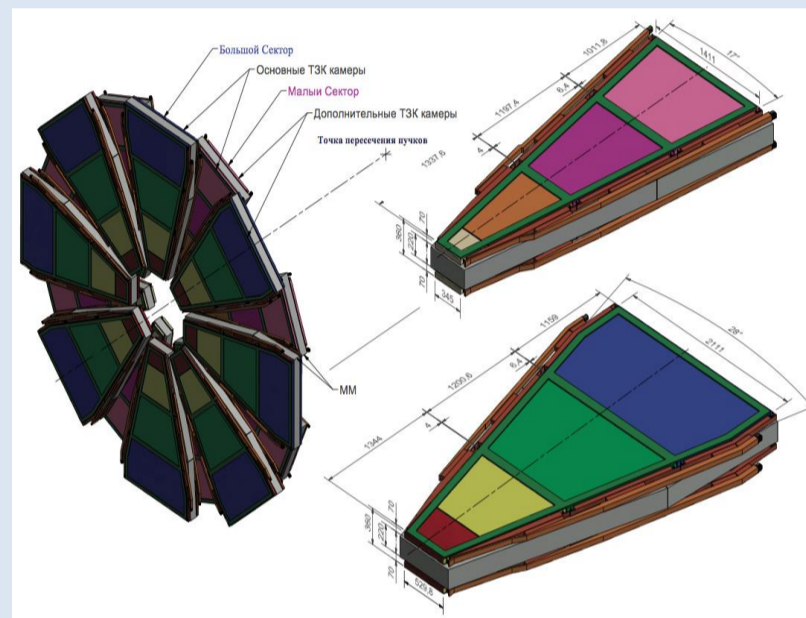


Относительно низкоэнергетические частицы, в основном протоны, генерируемые в материале, расположенном между малым колесом и EM станцией, вызывают ложные срабатывания (90% срабатывания триггера являются ложными). Существующие TGC камеры, расположенные в Small Wheels, не могут в триггерном режиме восстановить трек частицы и тем самым подавить срабатывания триггера для частиц летящих не из точки взаимодействия. Для сохранения высокой эффективности L1 триггера мюонов при наиболее низком пороге по поперечному импульсу (~20 ГэВ) мюонов и увеличением уровня подавления фона возникла необходимость замены существующих детекторов, расположенных в Small Wheels. В качестве новых детекторов для обеспечения работы мюонного триггера в New Small Wheels выбраны sTGC (strip Thin Gap Chambers) камеры, хорошо зарекомендовавшие себя в эксперименте ATLAS, а для прецизионного измерения координат мюонов - камеры Micro Megas.

### Основные характеристики New Small Wheels

#### Требования к новым детекторам, расположенным в New Small Wheels :

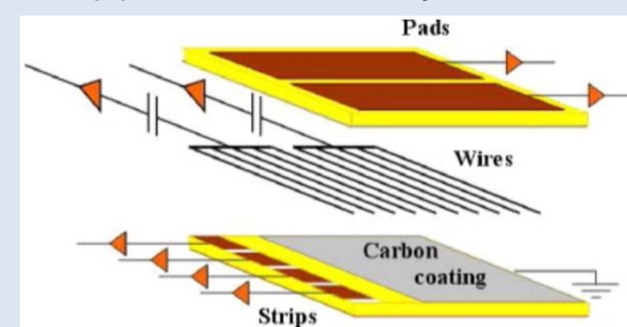
- выдерживать загрузки до 15 кГц/см<sup>2</sup>;
- обеспечивать on-line триггер мюонов с эффективностью 99% и точностью восстановления сегмента трека R~100 мкм,  $\sigma_\phi \sim 2-3$  мрад,  $\sigma_\theta \sim 1$  мрад;
- для off-line реконструкции обеспечивать измерение сагитты трека с точностью ~60 мкм в плоскости R-φ и угловое разрешение ~0.3 мрад с эффективностью восстановления сегмента трека не хуже 97%;
- сохранять работоспособность до 1 К/см<sup>2</sup> накопленной дозы облучения (10 лет работы в условиях sLHC).
- уменьшение загрузки L1 триггера примерно в 6 раз за счет on-line указания на точку взаимодействия (Interaction Point) с высокой точностью ( $\sigma_\theta \sim 1$  мрад), а также сшивку сегмента трека в большом колесе (Big Wheels) с треком в малом колесе (NSW).



- NSW представляют собой два диска (по одному на каждую сторону от точки взаимодействия), состоящих из 16 секторов (8 малых и 8 больших).
- Каждый сектор состоит из Micro Megas камер, которые расположены между квадруплетами (4-х слойные камеры) sTGC камер.
- Квадруплеты sTGC камер по радиусу разделены на 3 типа: QL1, QL2, QL3 в большом и QS1, QS2, QS3 в малом секторах.
- NSW содержит 128 sTGC квадруплетов.

### Тонкоззорные камеры sTGC

sTGC характеризуется соотношением  $S/L > 1$ , где S – шаг анодных проволок, L – зазор анод-катод, и большим коэффициентом газового усиления.



- Сопротивление графитового покрытия катодных плоскостей 100-200 кОм/см<sup>2</sup>.
- Рабочее напряжение ~2.9 кВ при зазоре анод-катод 1.4 мм обеспечивает работу камеры в режиме насыщения (Saturated Avalanche Mode)

#### Основные параметры sTGC

Газовый промежуток	2.80 ± 0.10 мм
Шаг анодных проволок	1.80 ± 0.10 мм
Диаметр проволоки	50 мкм
Рабочее напряжение	2900 ± 50 В
Рабочая газовая смесь	CO <sub>2</sub> (55%) + n-пентан (45%)
КГУ	3 · 10 <sup>5</sup>
Сопротивление катодов	100 – 200 кОм/см <sup>2</sup>
Шаг стрипов	3.2 мм

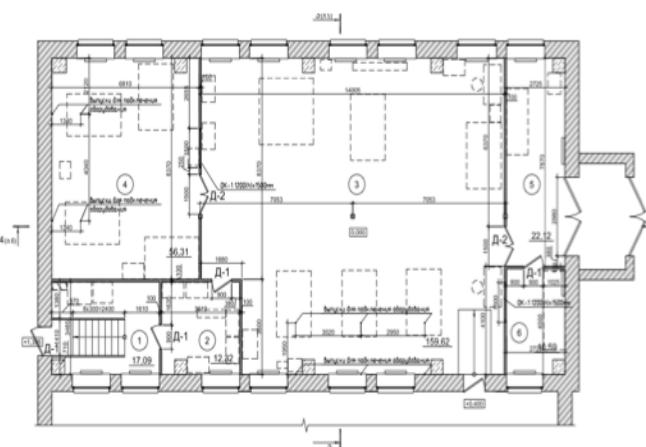
### Производство sTGC камер в ПИЯФ

В ПИЯФ должны быть собраны 32 основных и 4 запасных квадруплета самых больших по размеру 1,2 x 2.1 м sTGC камеры QL3. Допуск на плоскостность собранных камер < 100 мкм.

#### Основные этапы производственного цикла включают в себя:

- напыление графита на катодные плоскости с помощью напылительной машины;
- намотка анодных проволок с помощью намоточной машины;
- склейка однослойной камеры в "чистой" комнате на прецизионных гранитных столах с плоскостностью < 25 мкм;
- сборка дублетов из 2-х и квадруплетов из 4-х камер на гранитных столах;
- высоковольтные испытания собранных камер;
- измерение токовых характеристик камер с помощью рентгеновской трубки;
- проверка работоспособности камер на мюонном космическом стенде.

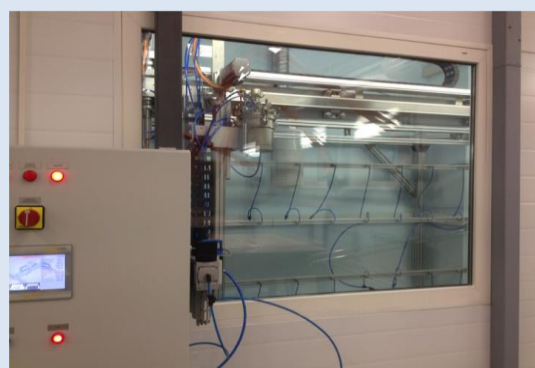
#### Схема сборочного участка sTGC камер



#### Гранитный стол с вакуумным насосом



#### Нанесение графита на стеклотекстолит



#### Намотка и натяжение анодных проволок

