

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт физики высоких энергий»
(ФГБУ ГНЦ ИФВЭ)

№ госрегистрации 01201256124.

Инв. № 3/6029

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУ ГНЦ ИФВЭ

д-р физ.-мат. наук, проф.



Н.Е. Тюрин

2013 г.

о научно-исследовательской работе

по теме:


Разработка аппаратуры для исследований фундаментальных взаимодействий при повышенной светимости протон-протонных столкновений в международном проекте АТЛАС.

Промежуточный, этап 3.

Изготовление и испытание экспериментальных образцов оборудования.

Государственный контракт от 14.03.2012 № 11.519.11.6029.

Руководитель работы,
Зам. директора института,
д-р физ.-мат. наук, профессор

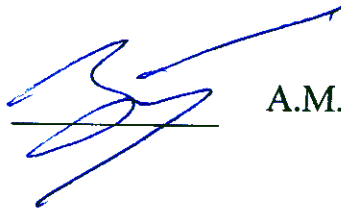
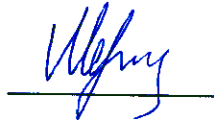
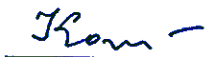













А.М.Зайцев

подпись, дата

Протвино, 2013

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Зам. директора института, д-р физ.- мат. наук, профессор Начальник лаборатории, кандидат физ.-мат. наук, ст. научн. сотрудник Ст. научн. сотрудник, кандидат физ.-мат. наук, ст. научн. сотрудник Вед. научн. сотрудник кандидат физ.-мат. наук, ст. научн. сотрудник Гл. научн. сотрудник Доктор физ.-мат наук, профессор Гл. научн. сотрудник Доктор физ.-мат наук, профессор Ведущий инженер Начальник сектора, д-р физ.-мат. наук, профессор Руководитель группы кандидат физ.-мат. наук, ст. научн. сотрудник Ст. научн. сотрудник Мл. научн. сотрудник Техник Инженер Мл. научн. сотрудник	             	А.М. Зайцев О.Л.Федин А.С.Кожин А.В.Козелов В.А.Сенько В.А.Рыкалин А.А.Снесарев А.П.Чеплаков А.С.Романюк А.Л. Масленников А.А.Каменщиков А.Е.Хлыстов М.О.Михасенко Е.В.Черёмушкина	(весь отчёт) (1, 2) (3, 4) (5, 9-10) (6) (7.1) (7.2, 7.6) (7.3-7.5) (2, 8, 11) (13) (3) (6) (3) (6)
---	---	---	--

РЕФЕРАТ

Отчет 190 стр., 113 рис., 24 таблиц, 21 источник, 8 приложений.

ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ, БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР, УСТАНОВКА АТЛАС, ЖИДКОАРГОНОВЫЙ КАЛОРИМЕТР, АДРОННЫЙ КАЛОРИМЕТР, ДЕТЕКТОР ПЕРЕХОДНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, РАДИАЦИОННАЯ СТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ, ГАЗОВЫЕ ДЕТЕКТОРЫ, ПИКсельНЫЕ ДЕТЕКТОРЫ, ДРЕЙФОВЫЕ ТРУБКИ, ТРИГГЕР ВЫСОКОГО УРОВНЯ, СЕТЬ ГРИД

Объектом научно-исследовательской работы являются детекторы установки АТЛАС на Большом адронном коллайдере (БАК) в ЦЕРНе и программное обеспечение для сбора и обработки данных с этой установки.

Цель работы – модернизация детекторов и программного обеспечения установки АТЛАС для обеспечения её эффективной работы в условиях планируемой повышенной светимости протон – протонных столкновений на ускорителе БАК.

Работы выполняются совместно с зарубежными институтами, участниками сотрудничества АТЛАС.

В отчёте представлено описание программного обеспечения для симуляции работы FAST OR триггера.

Представлены результаты моделирования работы основных узлов FAST OR триггера.

Представлены результаты испытаний опытной партии усовершенствованных прецизионных дрейфовых трубок.

Приведены результаты исследования характеристик и радиационной стойкости торцевых калориметров и переднего калориметра установки АТЛАС на ускорителе У-70 ФГБУ ГНЦ ИФВЭ.

Описаны доработки экспериментальных образцов усовершенствованных дрейфовых трубок по результатам испытаний.

Представлено описание экспериментальных модулей усовершенствованной периферийной электроники для контроля цезиевой мониторирующей системы адронного калориметра установки АТЛАС.

Представлено техническое задание и эскизная конструкторская документация на установку для облучения для измерения радиационной стойкости перспективных материалов.

Описаны алгоритмы быстрой идентификации трека частицы и измерения его параметров на уровне наддетекторной электроники.

Представлен протокол наладки экспериментальной установки для исследования характеристик жидкоаргоновых калориметров и результаты измерений этих характеристик на ускорителе У-70 ФГБУ ГНЦ ИФВЭ.

Представлена эскизная документация для изготовления элементов трековых детекторов для новых малых колёс мюонного спектрометра АТЛАС и результаты исследования характеристик этих детектирующих элементов.

Представлены результаты испытаний программного обеспечения TDAQ и AGIS систем установки АТЛАС.

СОДЕРЖАНИЕ

	Определения, обозначения и сокращения	7
	Введение	8
	Основная часть	10
1	Разработка программного обеспечения для симуляции работы FAST OR триггера	10
2	Моделирование работы основных узлов триггера	19
2.1	Обоснование выбора алгоритма работы триггера	22
2.2	Изучение возможности использования времени превышения сигнала над порогом (Time over Threshold) от индивидуальных FAST OR сигналов для триггирования сильно ионизирующих частиц	24
2.3	Анализ эффективности алгоритмов построения FAST OR триггера с учётом методов их аппаратно-программной реализации	26
3	Испытания опытной партии усовершенствованных прецизионных дрейфовых трубок	30
4	Доработка конструкции прецизионных дрейфовых трубок по результатам испытаний	33
5	Исследование характеристик и радиационной стойкости торцевых калориметров (адронного и электромагнитного) и переднего калориметра установки АТЛАС	36
6	Разработка экспериментальных модулей усовершенствованной периферийной электроники для контроля цезиевой мониторирующей системы адронного калориметра установки АТЛАС	37
7	Подготовка и тестирование перспективных материалов	42
7.1	Сцинтилляционные материалы	42
7.2	Подложки и ламинаты	44
7.3	Техническое задание и эскизная документация на облучательную установку	45
7.4	Облучательная установка на реакторе ИБР-2м.....	46
7.5	Подготовка участка тестирования для HV тестов.....	50
7.6	Первый HV тест перспективных материалов	51
8	Разработка и оптимизация алгоритмов быстрой идентификации трека частицы и измерение его параметров на уровне наддетекторной электроники	52
8.1	Основные факты, определяющие концепцию алгоритма	53
8.2	Факторы, понижающие точность.....	55
8.3	Первичная обработка экспериментальных данных.....	57
9	Наладка экспериментальной установки для исследования характеристик жидкоаргоновых калориметров *).....	67
10	Результаты исследования характеристик торцевых калориметров и переднего калориметра установки АТЛАС на ускорителе У-70 ФГБУ ГНЦ ИФВЭ *).....	67

10.1	Зависимость формы импульса от интенсивности пучка ^{*)}	67
10.2	Зависимость амплитуды импульса от интенсивности пучка ^{*)}	70
11	Разработка комплектующих элементов для трековых детекторов для новых малых колёс мюонного спектрометра АТЛАС ^{*)}	72
11.1	Газовые Пиксельные Детекторы (ГПД) ^{*)}	73
11.2	Детекторы для Нового Мюонного Кольца (NSW): Micromegas и small Thin Gap Chambers (sTGC) ^{*)}	75
11.2.1	Детекторы Micromegas ^{*)}	77
11.2.2	Детекторы sTGC ^{*)}	78
12	Исследование характеристик детектирующих элементов трековых детекторов, выбранных для комплектации мюонного спектрометра АТЛАС ^{*)}	79
12.1	Тестовые испытания газо-пиксельных детекторов на пучке ускорителя SPS ЦЕРН ^{*)}	81
12.2	Тестовые испытания мюонных детекторов на пучке ускорителя SPS ЦЕРН ^{*)}	87
12.3	Обработка и анализ экспериментальных данных, полученных в тестовых испытаниях прототипов детекторов ^{*)}	89
13	Испытания программного обеспечения TDAQ и AGIS систем АТЛАС ^{*)}	103
	Заключение	105
	Список использованных источников	107
	Приложение А. Технологический регламент "Производство трековых детекторов на основе прецизионных дрейфовых трубок с полеформирующими электродами".....	109
	Приложение Б. Технологический регламент "Производство сцинтилляторов методом плавления полистирольных гранул в формах с зеркальными стенками".....	139
	Приложение В. Техническое задание на проектирование облучательной установки (ОУ) на реакторе ИБР-2М.....	160
	Приложение Г. Акт ввода в эксплуатацию установки "КМН(АТЛАС)" и Акт завершения пуско-наладочных работ.....	164
	Приложение Д. Эскизная конструкторская документация для изготовления облучательной установки	166
	Приложение Е. Техническая документация на экспериментальный образец усовершенствованной прецизионной дрейфовой трубки	171
	Приложение Ж. Функциональная схема блока ЗУ-ЕТН	183
	Приложение К. Эскизная проработка элементов детекторов sTGC и Micromegas для новых малых колёс АТЛАС ^{*)}	185

*) Работы выполнены иностранным партнёром.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

БАК (LHC)	Большой адронный коллайдер. Ускоритель встречных пучков протонов Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН).
ЦЕРН (CERN)	Европейская организация ядерных исследований в Женеве, Швейцария.
Светимость	Параметр ускорителя, характеризующий количество первичных взаимодействий частиц из встречных пучков, в единицу времени.
АТЛАС (ATLAS)	Универсальная установка для проведения исследований на БАК.
Калориметр	Прибор для измерения энергии частиц.
Триггер	Процедура для выделения из потока информации, регистрируемой детекторами, событий с заданными характеристиками для последующей записи и анализа.
Флюэнс	Полное число нейтронов, прошедших через площадку в 1 см^2 в 1 сек.
AGIS	(ATLAS Grid Information System), Информационная система для сетевых вычислений АТЛАС
WLS	(Wave Length Shifter) Спектросдвигатель

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является модернизация детекторов и программного обеспечения установки АТЛАС[1,2] на ускорителе встречных пучков БАК в Европейской организации ядерных исследований (ЦЕРН) в Женеве для работы в условиях повышенной до 10^{35} см⁻²с⁻¹ светимости протон - протонных столкновений.

Работы выполняются в сотрудничестве с зарубежными институтами, участвующими в экспериментах на установке АТЛАС.

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ участвует в работах по модернизации установки АТЛАС в соответствии со следующими документами:

- Протокол об участии в реализации программы проведения экспериментов на большом адронном коллайдере (БАК) к соглашению 1993 года между Правительством Российской Федерации и Европейской организацией ядерных исследований, подписанный 19 декабря 2003 г.
- Письмо F.Gianotti и M.Nordberg (руководство АТЛАС) С.В.Иванцу (заместителю министра образования и науки РФ) от 26 января 2012 г. о тематике и финансировании совместных работ Российских и зарубежных институтов по модернизации АТЛАС;

Основными задачами контракта являются:

- Создание инновационных технологий для детекторов элементарных частиц. Разрабатываемые детекторы обеспечат прецизионное измерение координат частиц, калориметрию, восстановление вектора движения частицы в реальном времени в условиях высокой светимости и больших потоков данных.
- Проработка способов модернизации существующих детекторов и программного обеспечения установки АТЛАС с целью обеспечения её

эффективной работоспособности в условиях повышенной загрузки частицами.

- Стимулирование развития международных интеграционных процессов в науке и содействие формированию устойчивых кооперационных связей российских и иностранных научно-исследовательских организаций и университетов, направленных на создание технологий, соответствующих мировому уровню, либо превосходящих его.
- Привлечение молодых ученых и специалистов к исследованиям, направленным на проведение проблемно-ориентированных поисковых исследований и созданию научно-технического задела в кооперации с научно-исследовательскими организациями-участниками проектов ЦЕРН.

Основными задачами, выполненными на третьем этапе, являлись:

- разработка программного обеспечения для моделирования работы FAST OR триггера;
- моделирование работы основных узлов триггера;
- испытания опытной партии усовершенствованных прецизионных дрейфовых трубок;
- доработка конструкции прецизионных дрейфовых трубок по результатам испытаний;
- исследование характеристик и радиационной стойкости торцевых калориметров (адронного и электромагнитного) и переднего калориметра установки АТЛАС на ускорителе ФГБУ ГНЦ ИФВЭ;
- разработка экспериментальных модулей усовершенствованной периферийной электроники для контроля цезиевой мониторирующей системы адронного калориметра установки АТЛАС;
- разработка технического задания и конструкторской документации на облучательную установку;

- подготовка участка для HV тестов перспективных материалов и контрольное тестирование;
- разработка и оптимизация алгоритмов быстрой идентификации трека частицы и измерения его параметров на уровне наддетекторной электроники.

Кроме того, иностранные партнеры выполнили следующие работы:

- наладка экспериментальной установки для исследования характеристик жидкоаргоновых калориметров;
- разработка элементов модулей жидкоаргоновых калориметров и проведение измерений по исследованию характеристик жидкоаргоновых калориметров на ускорителе ФГБУ ГНЦ ИФВЭ
- разработка комплектующих элементов для трековых детекторов для новых «малых колёс» мюонного спектрометра ATLAS;
- исследование характеристик компонентов трековых детекторов, выбранных для комплектации «малых колёс» мюонного спектрометра ATLAS;
- испытания программного обеспечения TDAQ и AGIS систем ATLAS.

Общий план модернизации установки ATLAS [1] для работы при повышенной светимости и энергии БАК представлен в работах [2-4] и во введении к отчету по первому этапу контракта.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

- 1 Разработка программного обеспечения для симуляции работы FAST OR триггера

Поскольку для полной симуляции работы FAST OR триггера необходимо внести большое количество существенных изменений в программное обеспечение Athena эксперимента ATLAS, было решено на данном этапе работы подготовить упрощенное, специализированное программное обеспечение, которое можно использовать только для

симуляции работы FAST OR триггера. Данное программное обеспечение использует данные, полученные с детектора переходного излучения TRT во время работы ускорителя LHC на высокой светимости в 2011 году.

Несмотря на то, что такое моделирующее программное обеспечение в состоянии дать только оценочные результаты, этого будет достаточно, чтобы проверить основные предположения, которые могут влиять на работу FAST OR триггера в целом. Использование такого программного обеспечения на ранней стадии создания FAST OR триггера, позволит понять, способны ли предложенные алгоритмы работы обеспечить заданную эффективность регистрации сигнала и необходимый коэффициент подавления фона.

Основная идея состоит в использовании данных, записанных в течении одного промежутка времени (run 190728) в 2011 году. В этот период времени ускоритель LHC работал только с двумя сгустками протонов (bunch). Поэтому в данных, записанных в этот период времени гарантированно не будет перекрытий сигналов регистрируемых детектором TRT приходящих от разных пересечений пучков (out-of-time pileup). При этом в этот период среднее количество взаимодействий на одно пересечение пучков составляло $\langle \mu \rangle = 24,5 - 25,5$. Это значение примерно совпадает с ожидаемым при светимости $L = 10^{34} \text{ см}^2 \text{ сек}^{-1}$.

В течении данного периода времени было записано около 2,2 миллионов событий с использованием “Enhanced Bias” триггера. Данные были записаны с использованием стандартной системы считывания данных с детектора TRT, которая записывает сигнал с выхода низкого LT и высокого HT порога дискриминатора в течение 75 нсек для каждой дрейфовой трубки для события прошедшего условия триггера. Информация с выхода дискриминатора низкого порога сохраняется в двоичном слове длиной 24 бита. Каждый бит соответствует временному интервалу 3,125 нсек. Информация с выхода дискриминатора высокого порога сохраняется в двоичном слове длиной 3 бита.

Симуляция работы FAST OR триггера выполняется путем выборки случайным образом событий из всех событий, записанных с использованием “Enhanced Bias” триггера. Для того чтобы симулировать сигнал длительностью 300 нсек, который ожидается в случае прохождения НР частицы, для частоты пересечения пучков 40 Мгц (временной интервал

между событиями 25 нсек) необходимо использовать 14 событий. Таким образом, каждый интервал 25 нсек содержит (за исключением первых двух) данные для трех событий. Это перекрытие событий происходит из-за того, что максимальное время дрейфа составляет 50 нсек. При таком сложении событий не учитывается взаимное влияние множественной ионизации в одной дрейфовой трубке. Однако так как такая множественная ионизация будет происходить в разных местах вдоль дрейфовой трубки можно полагать, что взаимное влияние будет небольшим.

Очевидно, что множество сигналов с амплитудой выше низкого порога LT в одной трубке могут сложиться в суммарный сигнал, амплитуда которого выше высокого порога HT. Такие события присутствуют в используемых для симуляции данных, так как в данных присутствует “in-time pileup”, в случае которого перекрывающиеся LT сигналы приходят во время одного и того же пересечения пучков. Эффекты, связанные с наложением сигналов для случая “out-of-time pileup”, также симулируются если два или три LT сигнала для данной дрейфовой трубки из различных событий перекрываются в интервале времени 25 нсек. В этом случае срабатывание высокого порога HT разыгрывается случайным образом с использованием функции вероятности, показанной на рисунке 1.

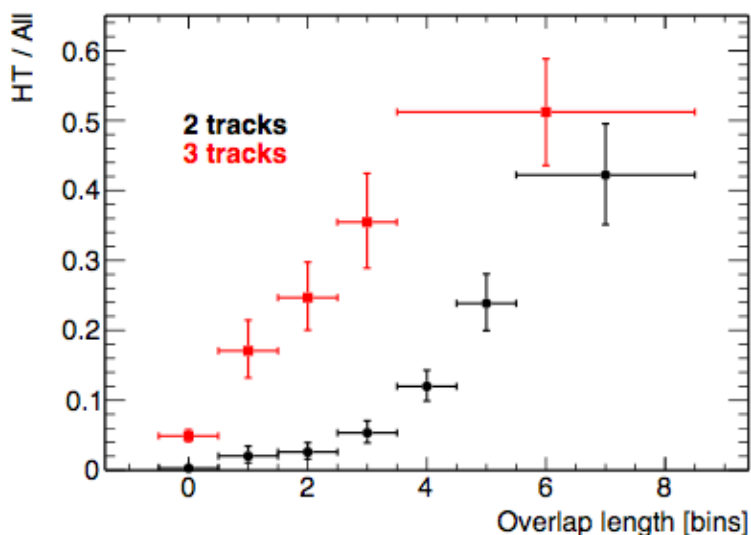


Рисунок 1 - Вероятность срабатывания высокого порога HT из-за перекрытия двух или трех треков в дрейфовой трубке в зависимости от величины перекрытия сигналов низкого порога LT

Для оценки эффективности регистрации прохождения НР частицы были сгенерированы последовательности срабатывания сигнала FAST OR с выхода микросхем DTMROC. С этой целью симулировалось прохождение магнитных монополей через детектор TRT, энергия которых распределена либо в соответствии с процессом Дрелла-Яна либо равномерно. Моделирование выполнялось для различных значений масс монополей.

Полученные треки монополей накладывались на фоновые события полученные из данных, как описано выше. При этом предполагалось что каждый сигнал с превышением НТ при прохождении монополя вызывает появление FAST OR сигнала фиксированной длины и сигнал формируется только для дрейфовой трубки, через которую непосредственно проходит монополь. Очевидно, что такая оценка эффективности регистрации будет заниженной, так как при прохождении монополя он вызывает сигнал во многих дрейфовых трубках расположенных вблизи той, которую он пересекает.

1.1 Разработка алгоритмов работы FAST OR триггера

С целью дальнейшего развития FAST OR триггера разработан алгоритм его работы, который содержит три основных элемента:

- Последовательность срабатывания плат при детекторной электронике (Front-End Board FEB) "Pattern". Прохождение сильноионизирующих частиц через детектор переходного излучения TRT приводит к образованию в нем сигналов, уровень которых превышает высокий порог срабатывания (НТ - High Thershold) микросхемы DTMROC. Это приводит к появлению сигнала FAST OR на плате при детекторной электронике FEB (Front End Board) на которой находится данная микросхема. Только последовательность FEB плат, которая соответствует гипотезе прохождения частицы с большим поперечным импульсом p_T , должна рассматриваться FAST OR триггером;
- Загрузка. Прохождение сильноионизирующей частицы приводит к появлению сигнала не только в каждой дрейфовой трубке, которую она пересекает, но и во многих соседних, за счет образования большого количества дельта электронов. Это приводит к тому, что число DTMROC микросхем N_{DTMROC} с активным FAST OR сигналом на выходе на плате FEB будет намного больше в случае прохождения НР частицы, чем в случае фонового события;

- Временная структура: Длительность сигнала с дрейфовой трубки, работающей в стриммерной моде, соответствующего прохождению сильноионизирующей частицы, значительно больше, чем длительность сигнала возникающего при прохождении обычных частиц электронов или π мезонов. Использование разной длительности сигнала дает дополнительную возможность для подавления фона;

Общее требование к FAST OR триггеру можно сформулировать следующим образом: трек НР частицы должен вызывать срабатывание определенной последовательности плат при детекторной электронике FEB, у которых число микросхем N_{DTMROC} с активным сигналом FAST OR на каждую плату при детекторной электронике больше, чем какое-то предварительно заданное большое число в течение относительно длительного периода времени (T_{trig}). Ниже приведено более детальное рассмотрение каждого из этих условий, и даны оценки эффективности регистрации сигнала и скорости счета фона.

На рисунке 2 показана зависимость загрузки дрейфовой трубки по высокому порогу НТ от номера слоя детектора в котором она находится.

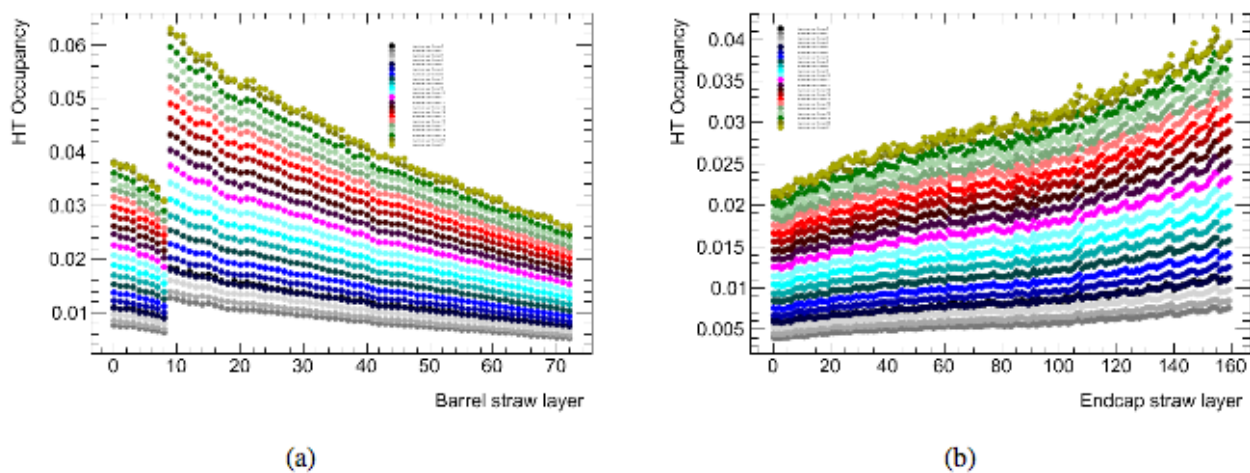


Рисунок 2 - Загрузка дрейфовых трубок по высокому порогу НТ как функция номера слоя в котором они расположены в центральной (а) и торцевых (б) частях детектора TRT.

Загрузка дана для разных значений среднего числа взаимодействий $\langle\mu\rangle$ на одно пересечение пучков от $\langle\mu\rangle=1$ (нижние графики) до $\langle\mu\rangle=21$ (верхние графики)

Зависимости приведены, как для центральной (barrel), так и для торцевых частей (end-cap) детектора TRT для разных значений среднего числа взаимодействий $\langle\mu\rangle$ на одно пересечение пучков. На рисунке 2 показана максимальная и минимальная загрузка по высокому порогу НТ для одной дрейфовой трубки в центральной и торцевых частях детектора в зависимости от среднего числа взаимодействий на одно пересечение пучков.

Из графиков на рисунках 2а и 2б видно, что для дрейфовых трубок, расположенных во внутренних слоях центральной части детектора, при среднем числе взаимодействий $\langle \mu \rangle \sim 21$, которое уже реально достигнуто при работе ускорителя ЛНС, наблюдается загрузка приблизительно в 5%. Так как каждый выход FAST OR сигнала, с каждой микросхемы DTMROC, соответствует логическому “ИЛИ” сигналов с 16-ти дрейфовых трубок, даже такая умеренная загрузка в 5% будет приводить к срабатыванию FAST OR сигнала для каждой микросхемы DTMROC. Таким образом, ожидается, что большое количество микросхем DTMROC будут выдавать сигнал FAST OR в интервале между пересечениями пучков ~ 25 нс, даже для фоновых событий в которых нет НР частиц.

Для треков проходящих только через центральную часть детектора или только через торцевую часть, требуется разная последовательность срабатывания плат придетекторной электроники FEB. На первом этапе выполнения данной работы была выбрана простая последовательность срабатывания плат соответствующая FAST OR сигналам с четырех плат придетекторной электроники FEB. Эта последовательность приведена в таблице 1, в которой платы FEB пронумерованы с 0 до 8 для центральной части детектора и с 9 до 28 для торцевых частей.

Таблица 1. Последовательность срабатывания плат придетекторной электроники, используемых в FAST OR триггере

Область	Требования на последовательность срабатывания плат FEB
Центральная	{1,2,7,8} {3,4,5,6} {2,(3,5) _{L&R} ,7}
Переходная	{0,9,10,11} {1,9,10,11} {1,2,9,10} {0,4,9,10}
Торцевая	4 последовательных платы, т.е. {9,10,11,12} {10,11,12,13}.....

Следует отметить, что FAST OR триггер, выполненный отдельно для центральной и двух торцевых частей детектора, приводит к появлению небольшой неэффективности для треков, проходящих через переходную область между торцевой и центральной частью детектора TRT. Тем не менее, такой подход значительно упрощает архитектуру триггера. Перечисленных выше критериев недостаточно для того, чтобы сконструировать триггер,

который имеет высокую эффективность регистрации сигнала и приемлемый уровень подавления фона, если использовать только временной интервал между пересечениями пучков равный 25 нсек. С другой стороны, это противоречит требованию передавать данные с частотой 40 МГц с плат TTC-PP2, на которые поступает информация о сработавших платах детекторной электроники. Тем не менее, не сильно усложнив конструкцию плат TTC-PP2, можно провести предварительную обработку FAST OR сигналов перед их отправкой на считывающую электронику, расположенную в USA15. Основная идея этой предварительной обработки состоит в том, что длительность сигнала от НР частицы составляет 45-55 нсек, в то время как длительность фонового сигнала всего 10-15 нсек. Эта ситуация проиллюстрирована на временной диаграмме показанной на рисунке 3.

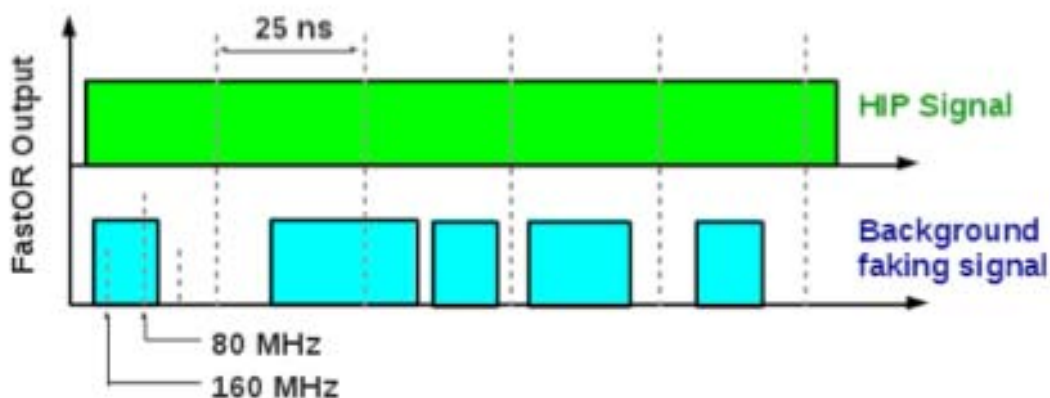


Рисунок 3 - Упрощенная временная структура сигнала FAST OR для НР частицы и для обычных частиц (фоновый сигнал)

При частоте передачи данных 40 МГц без предварительной обработки данных множество отдельных НТ сигналов, вызвавших срабатывание FAST OR, будет приводить к ложным срабатываниям триггера каждые 25 нсек. Однако, если будет проведена выборка FAST OR сигнала с большой частотой (например ~ 160 МГц), тогда в бинах длительностью 6,25 нсек для случая фонового сигнала не будет сигнала от FAST OR, в то время как для НР частицы этот сигнал будет активным во всех бинах длительностью 6,25 нсек. Таким образом, если использовать алгоритм для пре-процессинга, работающий на уровне плат TTC-PP2, который требует наличие FAST OR сигналов в выборке сигнала, выполненной с большой частотой в каждом интервале 25 нсек между пересечениями пучков, можно посылать результаты с частотой 40 МГц. Передача информации с частотой 40 МГц необходима для

дальнейшего подавления фона при сохранении заданной эффективности регистрации сигнала. Реальная симуляция работы TRT детектора намного сложнее, чем это показано на рисунке 3.

Это связано с очень грубой гранулярностью сигнала FAST OR поступающих с микросхем DTMROC (каждый сигнал объединен по “ИЛИ” для 16 дрейфовых трубок) и большим количеством микросхем DTMROC на одной плате детекторной электроники (9-15). Ожидается, что число микросхем DTMROC с активным сигналом FAST OR N_{DTMROC} будет больше 1 в интервале 25 нсек между пересечениями пучков. Поэтому более реалистичный сценарий алгоритма предварительной обработки должен требовать, чтобы $N_{DTMROC} > N_{min}$ и только при выполнении этого условия передавать на триггерную электронику число сработавших микросхем DTMROC. Так как длительность фоновых сигналов значительно меньше длительности сигнала от НР частицы, N_{min} будет значительно меньше, чем максимальное число сработавших микросхем DTMROC в течении интервала между пересечениями пучков 25 нсек.

Для успешной работы FAST OR триггера он должен правильно определять пересечение пучков, в котором произошло рождение НР частицы. Эта задача усложняется двумя обстоятельствам:

- Время дрейфа ионизации, вызванной прохождением НР частицы в дрейфовой трубке, зависит от величины прицельного параметра по отношению к анодной проволоке и может варьироваться от 0 до 50 нсек. Это приводит к тому, что сигнал с дрейфовой трубки может прийти как в интервале 25 нсек, т.е. до следующего пересечения пучков, так и после;
- Фоновый сигнал может случайным образом перекрываться по длительности с сигналом от НР частицы. Это перекрытие может приводить к временному сдвигу. В этом случае сигнал от НР частицы будет приписан к более раннему пересечению пучков.

Оба эти обстоятельства дополнительно усложняются тем, что FAST OR сигнал - это сумма многих индивидуальных сигналов. Это суммирование происходит на трех уровнях:

1. сигнал с 16 дрейфовых трубок объединяется по “ИЛИ” на микросхемах DTMROC для формирования одного FAST OR сигнала для каждой микросхемы DTMROC. Время срабатывания в этом случае определяется первым пришедшим сигналом с дрейфовой трубки;

2. на придетекторной электронике (FEB) алгоритм работы FAST OR триггера требует срабатывание нескольких микросхем DTMROC. Так как сигналы в этом случае объединяются по логическому “И”, то время срабатывания определяется последним пришедшим сигналом с микросхемы DTMROC;
3. на логических платах (Logic Boards) выходной сигнал формируется в случае наличия сигнала с нескольких плат придетекторной электроники (FEB). В этом случае сигналы также объединяются по логическому “И” и время срабатывания будет определяться последним пришедшим сигналом;

На рисунке 4. приведена временная диаграмма, иллюстрирующая идентификацию пересечения пучков, в котором родилась НРР частица с помощью FAST OR триггера.

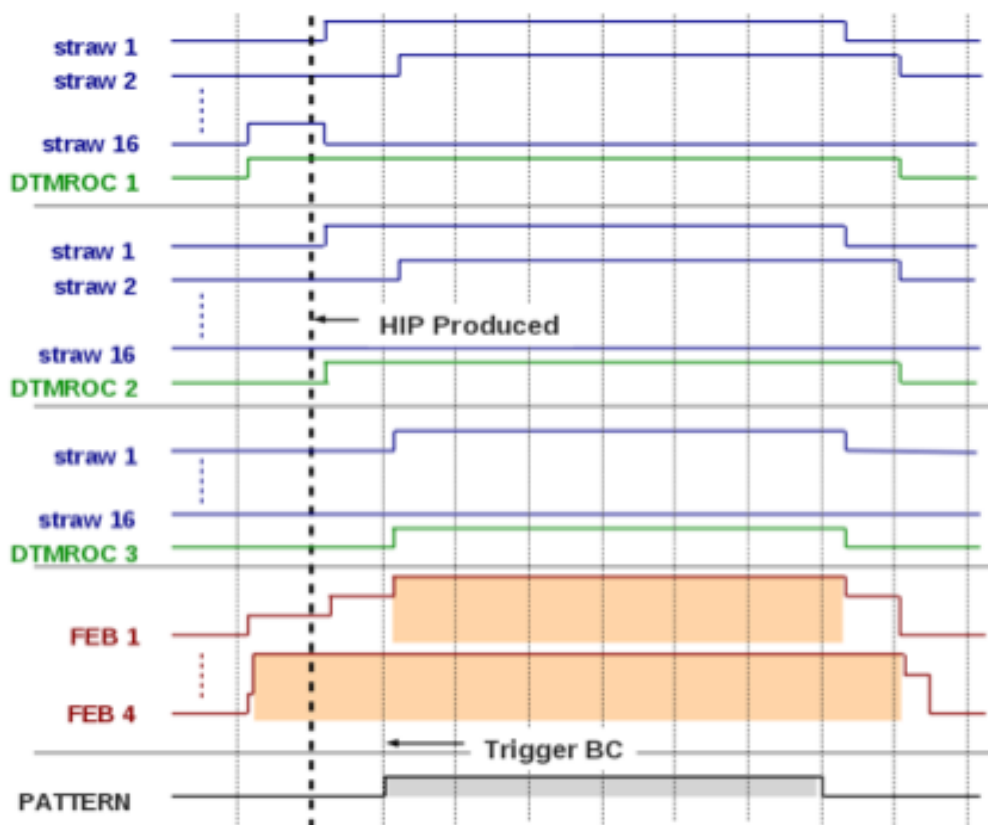


Рисунок 4 - Временная диаграмма, иллюстрирующая идентификацию пересечения пучков, в котором родилась НРР частица с помощью FAST OR триггера

Там же показаны временные диаграммы с выходов дискриминаторов высокого порога для нескольких дрейфовых трубок и для нескольких микросхем DTMROC, которые иллюстрируют формирование выходного

сигнала с платы придетекторной электроники FEB 1. На рисунке приведены также временные диаграммы для других плат придетекторной электроники (FEB 4).

Длительность выходного сигнала “Pattern” определяется длительностью сигналов сформированных платами придетекторной электроники.

Неправильная идентификация пресечения пучков из-за присутствия фоновых сигналов сильно подавлена, так как необходимо, чтобы фоновые сигналы привели к срабатыванию нескольких ($> N_{thr}$) микросхем DTMROC на 4-х платах придетекторной электроники, которые сформируют сигнал FAST OR. Вероятность этого равна нагрузке на дрейфовой трубке в интервале 25 нсек между пересечениями пучков, умноженная на коэффициент подавления фона для алгоритма предварительной обработки, в степени $4N_{thr}$.

Сдвиг в определении пересечения пучков из-за большого времени дрейфа ионизации в дрейфовой трубке, не подавляется так же сильно. Обычно HIP частица вызывает возникновение сигнала с превышением высокого порога дискриминатора в нескольких дрейфовых трубках для одной микросхемы DTMROC. Алгоритм работы триггера формирует сигнал по первому пришедшему сигналу с дрейфовой трубки. Если сработала только одна трубка, тогда только в половине случаев время дрейфа будет достаточно большим (> 25 нсек) для сдвига в другое пересечение пучков.

Существуют несколько эффектов, которые приводят к незначительному снижению неправильной идентификации из-за большого времени дрейфа. Для изучения этих эффектов необходимо выполнить специальную симуляцию работы FAST OR триггера.

2 Моделирование работы основных узлов триггера

FAST OR триггер строится на анализе длительностей выходных импульсов дискриминаторов. Расчеты показывают, что регистрация сильноионизирующих частиц в дрейфовых трубках приводит к переходу последних в стримерный режим работы с соответствующим увеличением амплитуды и длительности токового отклика детектора. Регистрирующая электроника дрейфовой трубки, в свою очередь, вырабатывает импульс большей длительности на выходе дискриминатора. Однако, ситуация осложняется тем, что микросхема DTMROC объединяет по “ИЛИ” выходные сигналы 2-х 8-ми канальных микросхем ASDBLR, т.е. объединяет по “ИЛИ”

выходные сигналы дискриминаторов 16-ти каналов или 16-ти трубок. Более того, 16-ти кратные сборки по “ИЛИ” с выходов нескольких (до 16) DTMROC микросхем также могут объединяться на общем выходе. Образовавшийся при этом результирующий сигнал представляет собой сложную картину, полученную в результате наложений множества отдельных импульсов. В результирующем сигнале никак не нормированы промежутки между соседними, потенциально «слипшимися», импульсами.

В процессе выполнения работы по данному этапу был разработан, реализован на языке Verilog и отлажен алгоритм измерения длительностей импульсов в подобных сложных потоках, когда ни минимальный промежуток между импульсами, ни их минимальная длительность не заданы и не гарантированы. Результаты измерений накапливаются в гистограмме емкостью 65535 отсчетов в каждом канале. Конечная реализация микропрограммы предназначена для микросхемы программируемой логики Spartan-3 фирмы Xilinx.

Блок-схема 4-х канального измерителя длительностей импульсов представлена на рисунке 5.

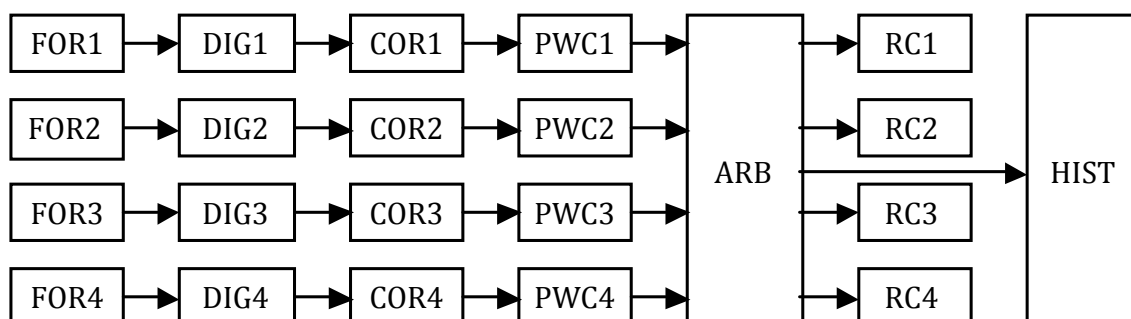


Рисунок 5 - Блок-схема 4-х канального измерителя длительностей импульсов

Потоки FAST OR сигналов FOR1-4 поступают на входы соответствующих оцифровщиков DIG1-4, работающих на 8-кратной частоте LHC, т.е. примерно 320 МГц. Дальнейшая обработка оцифрованных сигналов производится на конвейере с частотой 160 МГц без внесения мертвого времени в оцифрованный поток импульсов. Использование в конвейере относительно невысокой частоты позволяет использовать для реализации недорогую микросхему Spartan-3 от Xilinx. Следует особо подчеркнуть, что предлагаемый алгоритм обработки потока позволяет сохранять шаг

оцифровщика, равный периоду частоты 320 МГц, несмотря на реальное понижение в 2 раза частоты работы следующего за ним конвейера.

Как отмечалось выше, входные потоки сигналов не имеют ни нормированной минимальной длительности, ни нормированной минимальной паузы между импульсами. Поэтому после оцифровщиков предусмотрены корректоры потоков COR1-4. Функция корректора – скорректировать его входной поток таким образом, чтобы минимальная длительность импульса и минимальная пауза между импульсами на его выходе равнялись 2 шагам оцифровки, т.е. 2 периодам частоты 320 МГц.

Скорректированные потоки подаются на 8-разрядные счетчики-измерители длительностей импульсов PWC1-4. Схема арбитража ARB следит за состоянием, как счетчиков-измерителей длительностей импульсов, так и за входными потоками. При обнаружении спада входного импульса в любом из 4-х потоков происходит увеличение на единицу того канала гистограммы HIST, который соответствует номеру потока и значению измеренной длительности в этом потоке. Если в одном и том же такте конвейера зафиксировано окончание импульсов одновременно в нескольких каналах, схема арбитража запишет в гистограмму длительность импульса того канала, где она была максимальной. Отвергнутые события в других каналах увеличат на единицу соответствующие счетчики отвергнутых событий RC1-4.

Гистограмма строится в двухпортовой блочной памяти BRAM объемом 1024 16-разрядных слов. Для накопления гистограмм используется алгоритм чтение-модификация-запись, причем чтение производится по одному порту, а запись по второму. Подобная организация работы позволяет осуществлять доступ к блочной памяти в каждом такте рабочей частоты, т.е. без внесения мертвого времени. Каждому входному потоку отведена область в 256 16-разрядных слов. Время экспозиции измерителя определяется либо по таймеру, либо до переполнения одного из каналов. По окончании экспозиции значения счетчиков отвергнутых событий RC1-4 загружаются в нулевые адреса той же блочной памяти. По команде с компьютера содержимое блочной памяти перегружается в оперативную память компьютера для последующей записи на долговременные носители информации и анализа.

Параметры измерителя длительностей импульсов:

- шаг оцифровки входного потока по времени – 3,125 нс;
- минимальная длительность оцифрованного импульса, шагов – 2;
- максимальная длительность оцифрованного импульса, шагов – 255;

- число каналов гистограммы – 255;
- емкость канала гистограммы – 65535 отсчетов;

На рисунке 6 представлены примеры временных диаграмм при работе корректора потока оцифрованных импульсов.

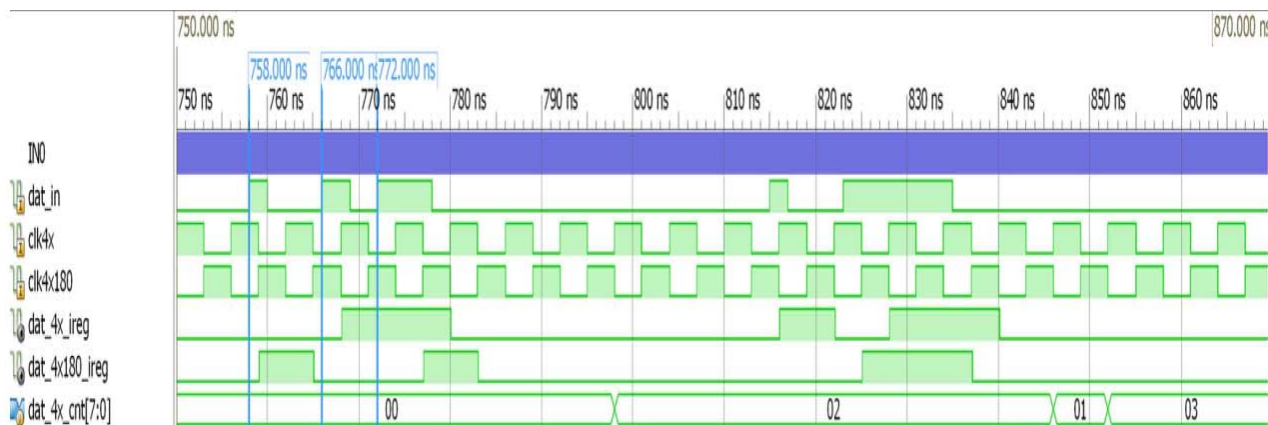


Рисунок 6 - Временная диаграмма работы корректора

Рассмотрим последовательность входных импульсов, начинающуюся на отметке времени 750 нс, сигнал `dat_in`. Оцифровщик входного потока регистрирует данные и фронтом и спадом частоты `clk4x`. Оцифрованные данные поступают на схему корректора. Первый импульс последовательности короче требуемого минимума, поэтому он блокируется корректором и пауза продолжается до второго импульса. Пауза между вторым и третьим импульсом также короче требуемого минимума, поэтому второй и третий импульс объединяются в один, эквивалентный 2 шагам квантования, см. сигнал `dat_4x_cnt[7:0]` на отметке примерно 798 нс.

В последовательности входных импульсов, начинающейся на отметке времени 815 нс первый короткий импульс меньше минимального, на выход корректора пропускается только второй импульс.

С помощью подобных анализаторов предполагается провести экспериментальное исследование спектра длительностей выходных импульсов микросхемы DTMROC для проверки достоверности результатов, полученных МС моделированием.

2.1 Обоснование выбора алгоритма работы триггера

Основной алгоритм работы FAST OR триггера должен обеспечить подавление фона в несколько шагов. Во-первых, прохождение НР частицы

приводит к появлению большой ионизации в каждой дрейфовой трубке, которую она пересекает, что вызывает превышение сигнала над высоким порогом НТ. Для обычных частиц превышение сигнала над порогом происходит в 20% случаев при прохождении электрона и в 4% при прохождении π мезонов. Во-вторых, сигналы, амплитуда которых превышает высокий порог дискриминаторов, вызывают появление сигналов FAST OR на платах придетекторной электроники, которые расположены в определенной последовательности в пространстве вдоль движения частицы. Амплитуда этих сигналов пропорциональна числу микросхем DTMROC, расположенных на платах придетекторной электроники, которые соединены с дрейфовыми трубками, в которых есть сигнал с амплитудой выше высокого порога.

Для того чтобы отличить прохождение НР частиц от обычных частиц (электронов или π мезонов) достаточно потребовать определенную последовательность срабатывания по высокому порогу плат придетекторной электроники. Кроме того, длительность сигнала, образовавшегося при прохождении НР частицы, значительно больше, чем сигнала от обычной частицы. Таким образом, алгоритм работы FAST OR триггера должен требовать срабатывания плат придетекторной электроники, расположенных в определенной последовательности, на каждой из которых сработало несколько микросхем DTMROC, и сигнал оставался активным в течение достаточно большого промежутка времени.

2.2 Изучение возможности использования времени превышения сигнала над порогом (Time over Threshold) от индивидуальных FAST OR сигналов для триггирования сильно ионизирующих частиц

Правильная симуляция и оцифровка сигналов, превышающих высокий порог дискриминатора НТ, особенно важна для надежной оценки ожидаемого фона для FAST OR триггера. Так как НР частицы производят сигнал, превышающий высокий порог длительностью много больше, чем сигналы от фона, время превышения над порогом (Time over High Threshold -ToHT) может быть использовано как дискриминант для подавления фона. К сожалению, существует существенное отличие времени ToHT, измеряемое в данных и смоделированным программным обеспечением Athena. Симуляция времени превышения над низким порогом (Time over Low Threshold -ToLT) так же не совпадает с измеряемым в данных, хотя в этом случае разница не так велика. На рисунке 7 показано время ToHT измеренное в данных 2010 года и смоделированное для электронов и π мезонов.

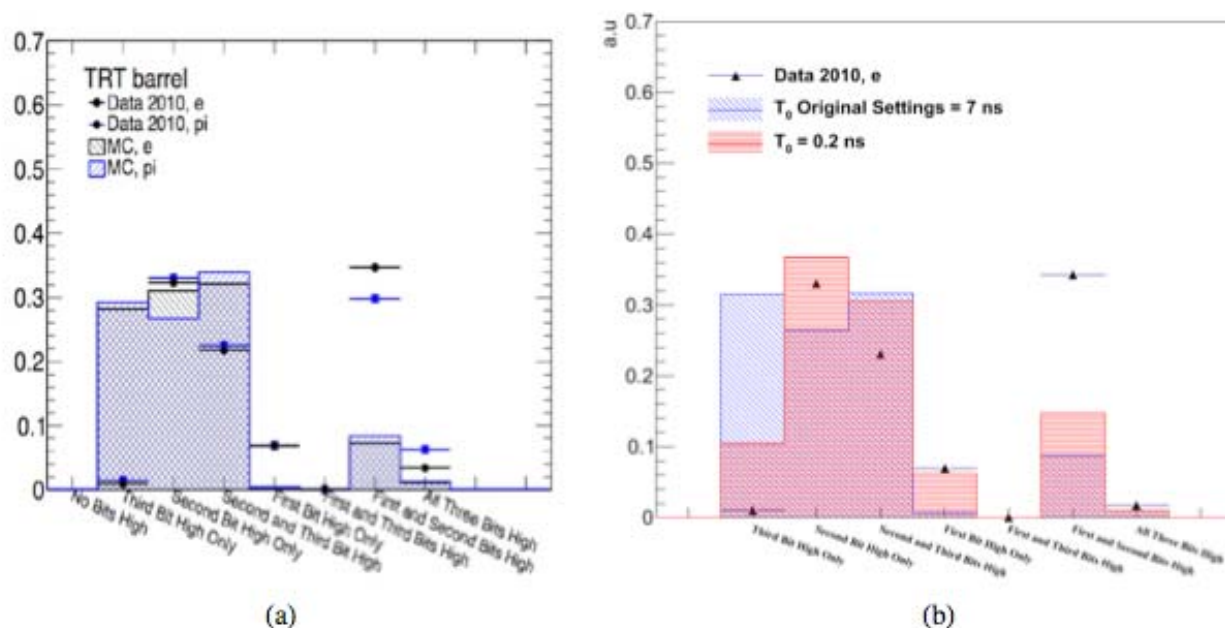


Рисунок 7 - Распределение по ToHT для данных и симуляции: (a) для случая стандартных установок в программе оцифровки сигнала, (b) для двух разных значений T_0

Было проведено изучение двух возможных источников приводящих к отличию данных и результатов симуляции:

- время сдвига в симуляции оцифровки сигнала T_{shift} ;
- форма сигнала.

Параметр T_{shift} используется в программе оцифровки сигнала для корректировки времени, которое необходимо для частицы, чтобы долететь из точки взаимодействия до дрейфовой трубки. Это время определяется в соответствии с формулой: $T_{\text{shift}} = \frac{d_{\text{min}}^{\text{min}}}{k \square c} - T_0$, где d_{min} – минимальное расстояние от точки взаимодействия до концов активной области дрейфовой трубки, k – корректирующий параметр ($k=1$), c – скорость света, T_0 – дополнительный временной сдвиг, не связанный с временем пролета частицы. Из рисунка 7 видно, что при изменении величины T_0 с 7 нсек до 0,2 нсек наблюдается улучшение согласия между распределениями ТоНТ, полученным в данных и при моделировании. Тем не менее, даже с $T_0=0,2$ нсек сохраняется большое разногласие между данными и результатами симуляции. Было выполнено исследование влияния формы сигнала, используемого в симуляции оцифровки сигнала, на распределение по ТоНТ. На рисунке 8а показана исходная и модифицированная форма сигнала, используемая при симуляции оцифровки.

На рисунке 8b показано распределение по ТоНТ, полученное для $T_0=0,2$ нсек с исходной и модифицированной формой сигнала.

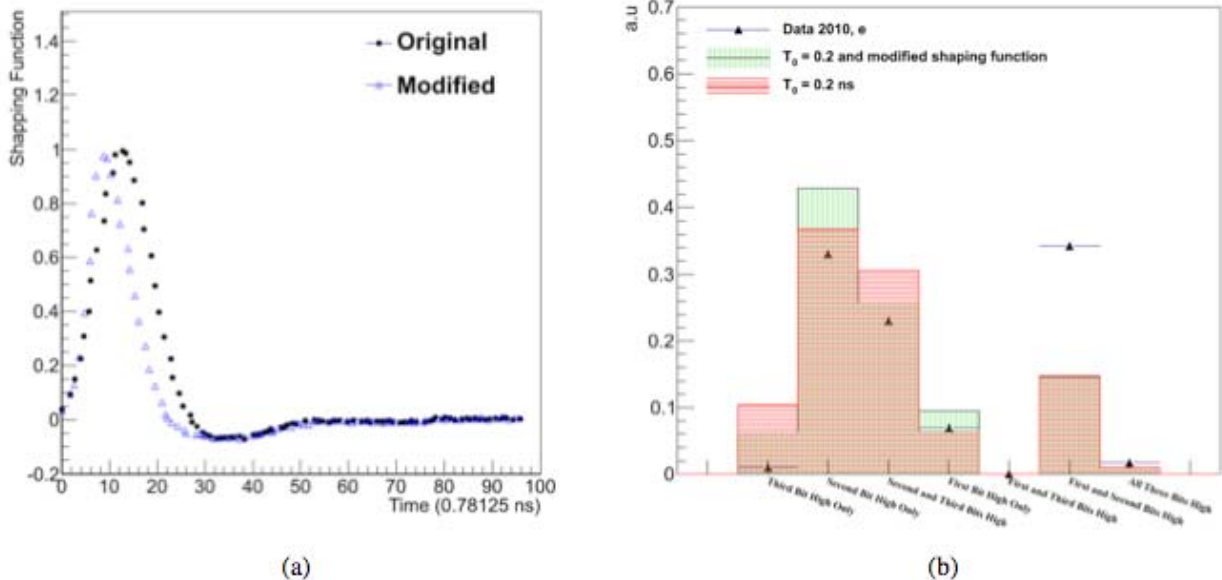


Рисунок 8 - (а) Исходная и модифицированная форма сигнала, используемая для симуляции оцифровки. (b) - Распределение по ТоНТ с исходной и модифицированной функцией оцифровки сигнала

Из рисунков 8а и 8b видно, что форма сигнала влияет на временную структуру ТоНТ. Так как число параметров, необходимое для задания формы сигнала достаточно большое, затруднительно определить оптимальную

форму сигнала. Для дальнейшего улучшения симуляции было принято решение выделить эту проблему в отдельную задачу, которая решается TRT сотрудничеством [5].

2.3 Анализ эффективности алгоритмов построения FAST OR триггера с учётом методов их аппаратно-программной реализации

Основные изменения, которые необходимо внести в существующую систему считывания информации с детектора TRT для реализации работы алгоритмов FAST OR триггера, состоят в следующем:

- В дополнение к существующим функциям, выполняемым платами электроники TTC-PP2, необходимо добавить возможность передачи числа микросхем DTMROC, которые имеют активный сигнал FAST OR на каждой плате при детекторной электронике в интервале времени 25 нсек. Необходимо также добавить возможность предварительной обработки сигналов FAST OR поступающих с плат при детекторной электронике FEB. Таким образом, требуется модернизировать 128 плат TTC-PP2;
- Для передачи данных с TTC-PP2 на электронику, расположенную в USA15, необходимо иметь два дополнительных оптоволоконных кабеля на каждую плату TTC-PP2 для торцевых частей детектора TRT и по одному оптоволокну для центральной части;
- Для обработки информации, поступающей в USA15, необходимо разработать логические платы "Logic Board". Всего достаточно иметь две платы для каждой стороны (А и С) детектора TRT;
- Для передачи информации о решении FAST OR триггера в центральную триггерную систему эксперимента ATLAS (Central Trigger Processor) необходимо разработать концентратор (Concentrator board).

Простейшая блок схема новой системы считывания информации с детектора TRT показана на рисунке 9.

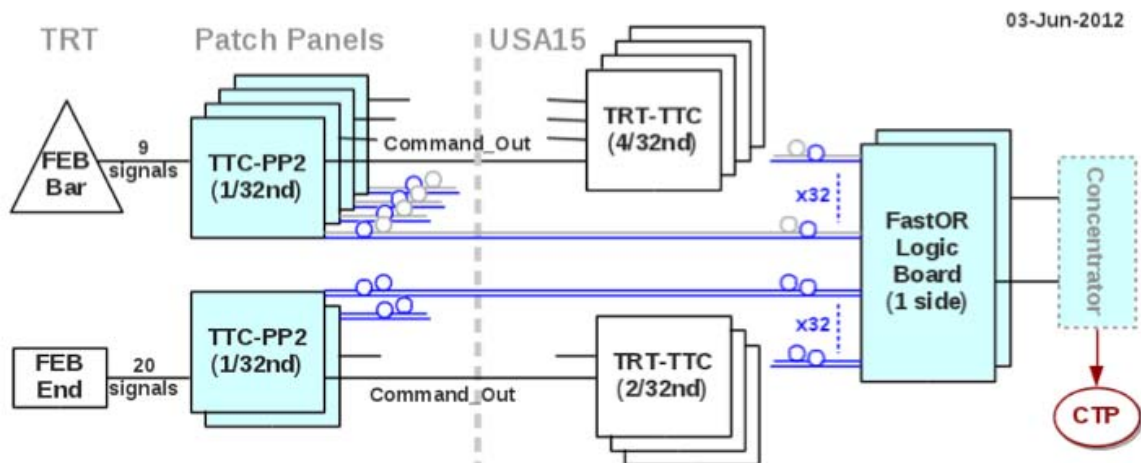


Рисунок 9 - Блок-схема FAST OR триггера

Блок-схема основных элементов новых TTC-PP2 плат показана на рисунке 10.

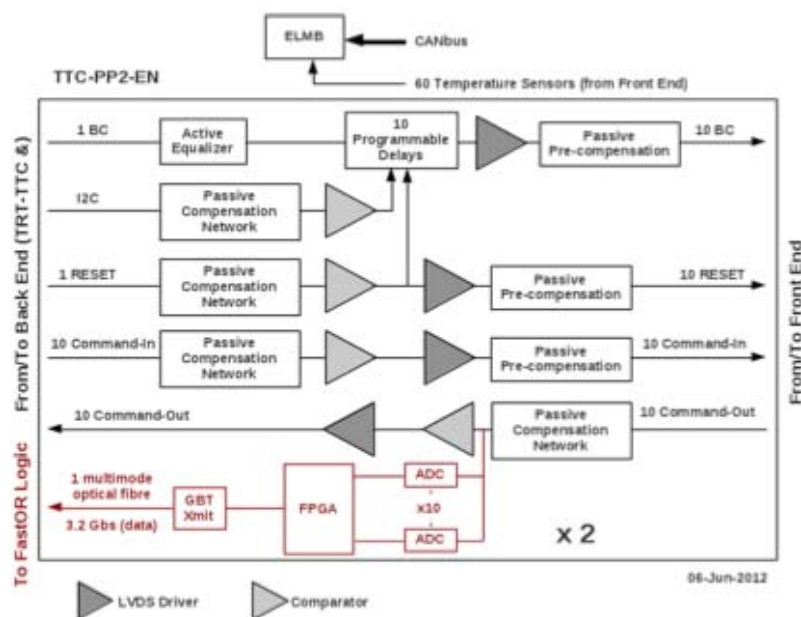


Рисунок 10 - Блок-схема плат TTC-PP2. Красным цветом показаны изменения, которые необходимо внести в существующие платы для реализации алгоритма предварительной обработки данных

В новых TTC-PP2 платах добавлена возможность передачи числа сработавших микросхем DTMROC N_{DTMROC} на каждой плате детекторной электроники. Для этого добавлено одно 4-х битовое АЦП (ADC) на каждые 20 линий “Command Out/FastOR inputs”, проходящих с плат детекторной электроники.

Для того, чтобы реализовать предварительную обработку сигналов, эти АЦП должны работать с частотой, превышающей частоту пересечения пучков 40 МГц. Для реализации предложенного алгоритма предварительной обработки должно быть достаточно частоты выборки 320 МГц. Оцифрованное значение N_{DTMROC} посылается далее на FPGA в который внесен код алгоритма предварительной обработки данных, после выполнения которого данные последовательно выдаются на оптический выход для передачи их на “Logic Board”. Требуемая частота передачи данных для центральной и торцевых частей детектора TRT приведена в таблице 2, в предположении передачи 4-х битного слова на одну плату придетекторной электроники в интервале времени 25 нсек.

Таблица 2. Частота передачи данных, необходимая для передачи данных с торцевой и центральной части детектора TRT в интервале 25 нсек

	Barrel	Endcap
Bits per FEB	4	4
FEBs per TTC-PP2	9	20
BC frequency, MHz	40	40
Data frequency, Gbps	1,44	3,20

Для достижения заданных скоростей передачи данных необходимо иметь два выхода на оптическое волокно для каждой из 20 плат придетекторной электроники в торцевой части детектора и только одно оптоволокно для каждой из девяти плат в центральной части детектора. Если сохранить двукратное дублирование на плате TTC-PP2, то это позволит использовать один тип TTC-PP2 плат для торцевой и центральной части детектора.

Существует несколько технических решений для передачи данных на основе оптической технологии. В ЦЕРН [6] производятся оптические передатчики/приемники, работающие с частотой 4,8 Гбит в секунду (полезный размер данных 3.2 Гбит/сек). Это дает хороший запас (~ 2 раза) для передачи данных с частотами, указанными в таблице 2. Другая возможность состоит в использовании Avago MicroPOD/MiniPOD систем [6]. В таком

случае можно достичь скорости передачи данных до 10 Гбит/сек. Основная проблема при создании новых TTC-PP2 плат заключается в том, что их габаритные размеры должны остаться такими же, как у прежних.

Блок-схема основных элементов логических плат “Logic Board” показана на рисунке 11.

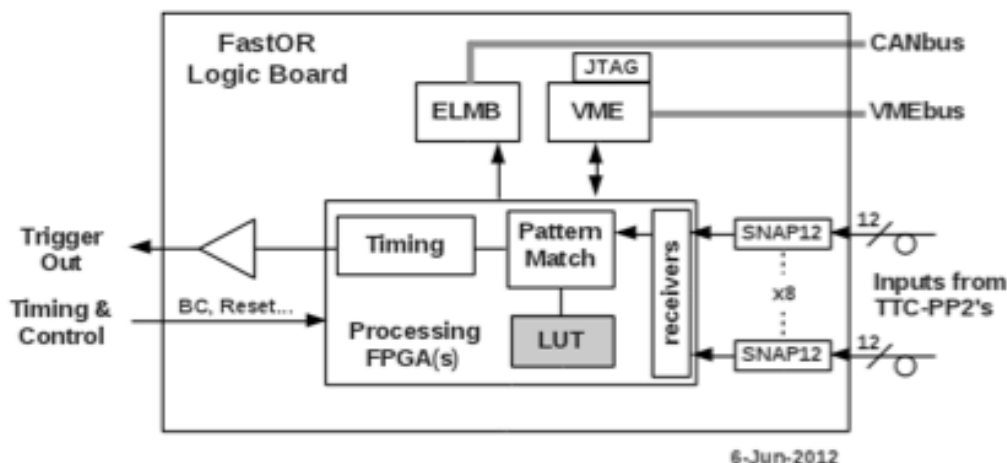


Рисунок 11 - Блок схема основных узлов логических плат “Logic Board”

Назначение этих плат состоит в следующем:

- собрать выходные сигналы с плат TTC-PP2;
- используя Look Up Tables создать последовательность срабатывания плат детекторной электроники;
- используя счетчики проверить выполнение временных ограничения при создании последовательности срабатывания плат детекторной электроники;
- передать результаты на центральный процессор триггерной системы эксперимента ATLAS;
- выполнять функции контроля, конфигурации и мониторинга.

Большая часть этих функций может быть реализована путем использования современных микросхем FPGA. Основной элемент неопределенности при создании “Logic Board” в настоящее время заключается в определении количества сигналов с плат TTC-PP2, которые могут быть физически переданы на “Logic Board”. Использование оптических приемников Avago SNAP12 должно обеспечить передачу данных со всех 96 (32 в центральной плюс 64 в торцевой части) оптоволокон с одной стороны детектора TRT на одну плату в формате 9U VME. Выполнение этого условия позволит избежать

обмена данными между логическими платами “Logic Board”, что существенно облегчает конструкцию системы. При такой конструкции две логические платы, которые собирают данные с двух сторон детектора, напрямую будут передавать независимо выработанное FAST OR триггерное решение в центральный процессор триггерной системы (СТР).

Это самый простой способ организации передачи сигналов FastOR триггера в центральную триггерную систему эксперимента ATLAS.

3 Испытания опытной партии усовершенствованных прецизионных дрейфовых трубок

Принципиальное отличие усовершенствованного варианта дрейфовой трубки от базового (с единственной проволокой внутри алюминиевой трубы, выполняющей функцию анода) [7, 8] заключается во введении четного числа дополнительных проволок, на которые подается положительный потенциал, что позволяет модифицировать электрическое поле внутри трубки, делая его похожим на электрическое поле планарных дрейфовых камер с равномерно распределенным потенциалом, а именно: в узкой области шириной около 1 см электрическое поле становится практически однородным. Это позволяет преодолеть главный недостаток базового варианта трубки, связанный с радиальным распределением электрического поля, которое быстро спадает при удалении от сигнальной проволоки ($\sim 1/r$).

При этом напряженность электрического поля у стенок трубки существенно повышается и, как следствие, возрастает скорость дрейфа электронов, а соотношение $x(t)$ приближается к линейному (см. отчет по 2-му этапу).

В ГНЦ ИФВЭ опробовано изготовление дрейфовых трубок с 2, 4 и 6 полеформирующими проволоками. Из технологических соображений в качестве основного выбран вариант дрейфовых трубок с 4 полеформирующими проволоками. Для детальных испытаний были изготовлены (в соответствии с разработанной технологией, описанной в отчете по 2-му этапу) опытные образцы именно таких дрейфовых трубок.

Важным вопросом является диаметр сигнальной проволоки. На высоковольтных переходных платах мюонных камер установки АТЛАС используются разделительные конденсаторы с допустимым рабочим напряжением 4,5 кВ. При диаметре сигнальной проволоки 30 мкм и более требуемое рабочее напряжение, как показано в работе [9], превышает

указанное ограничение АТЛАС. Поэтому в качестве базового варианта выбран диаметр 25 мкм.

Было изготовлено 10 опытных образцов дрейфовых трубок с таким диаметром, а также 3 шт. с сигнальной проволокой диаметром 20 мкм. Длина трубок 700мм. Внешний вид трубки показан на рисунке 12.



Рисунок 12 - Дрейфовая трубка (внешний вид)

Изготовленные дрейфовые трубки были испытаны на герметичность и высоковольтную стабильность. Герметичность соответствует проектной: уровень утечек не превышает 2×10^{-8} л/бар в секунду.

Затем трубки были собраны в сборки (рисунок 13, заштрихованы зоны собирания электронов на сигнальные проволоки) и испытаны на космических частицах.



Рисунок 13 - Схемы сборки дрейфовых трубок с полеформирующими электродами для испытаний на космике

Газовое заполнение – $\text{Ar}+7\%\text{CO}_2$ при давлении 3 бар(абс).

Счётные характеристики, полученные при испытаниях, приведены на рисунке 14.

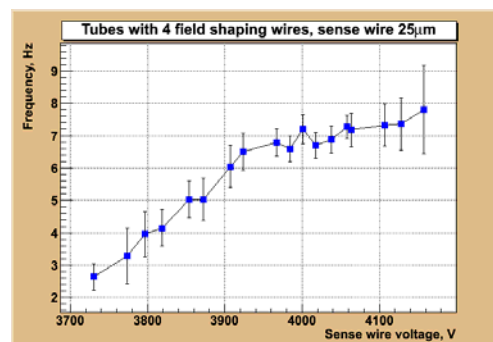
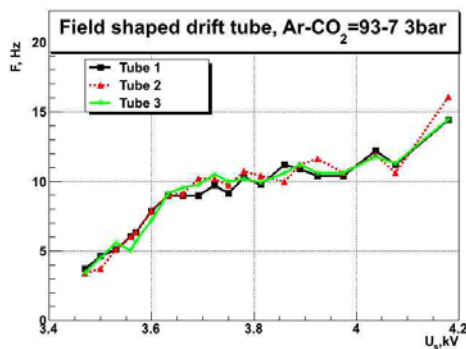


Рисунок 14 - Счетные характеристики дрейфовых трубок с диаметром сигнальных проволок 20 (слева) и 25 (справа) микрометров

При испытании была использована электроника с разрешением время-цифровых преобразователей 5 нсек. Первоначально были измерены счетные характеристики (plateau curves) – зависимость скорости счета сигналов от величины приложенного напряжения. Результаты для двух вариантов дрейфовых трубок (с диаметром сигнальной проволоки 20 мкм и 25 мкм) показаны на рисунке 14. Протяженность плато не менее 200 В. Оба варианта работоспособны при напряжениях менее 4.5 кВ. Из соображений механической прочности, предпочтительным вариантом является вариант с 25 мкм проволокой.

Временные распределения сигналов с дрейфовых трубок с полеформирующими электродами (TDC спектра, рисунок 15) заметно отличаются от спектров обычных (однопроволочных) трубок, что соответствует заявленной линейности соотношения время-координата.

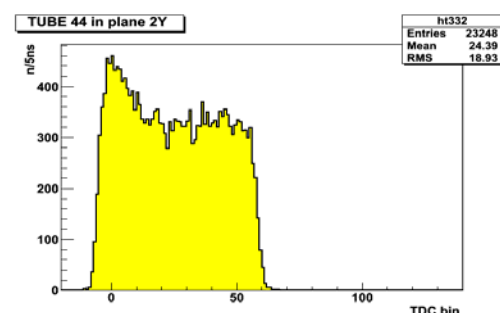
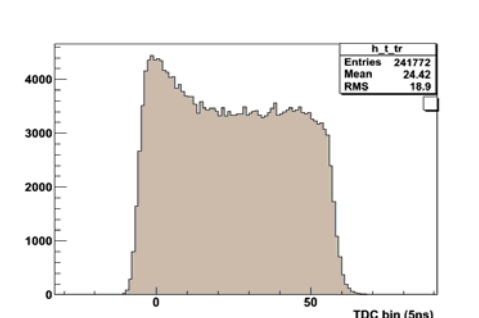


Рисунок 15 - Примеры временных спектров: (слева) суммарный для всех 10 трубок в сборке и отдельной трубки (справа)

Использованная для исследований установка не позволяла выделить жесткую компоненту космического излучения, что затрудняет определение координатного разрешения. Можно сделать только предварительные оценки. Для треков, перпендикулярных направлению дрейфа, и любого триплета трубок из разных слоев сборки (рисунок 13) в случае линейного соотношения время-координата ($x=v \cdot T$) справедливо соотношение $v \cdot (T_1+T_3)/2 + v \cdot T_2=R$, где v – скорость дрейфа, T_i – время, измеренное i -ой трубкой, R – внутренний радиус трубки.

Разрешение отдельной трубки (σ) связано с шириной распределения этого соотношения: $\sigma \approx \sigma_R/1,22$.

Распределения $(T_1+T_3)/2+T_2$ показаны на рисунке 16. Оценка разрешения отдельной трубки составляет 0,30-0,38 мм, что неплохо для данного метода проверки.

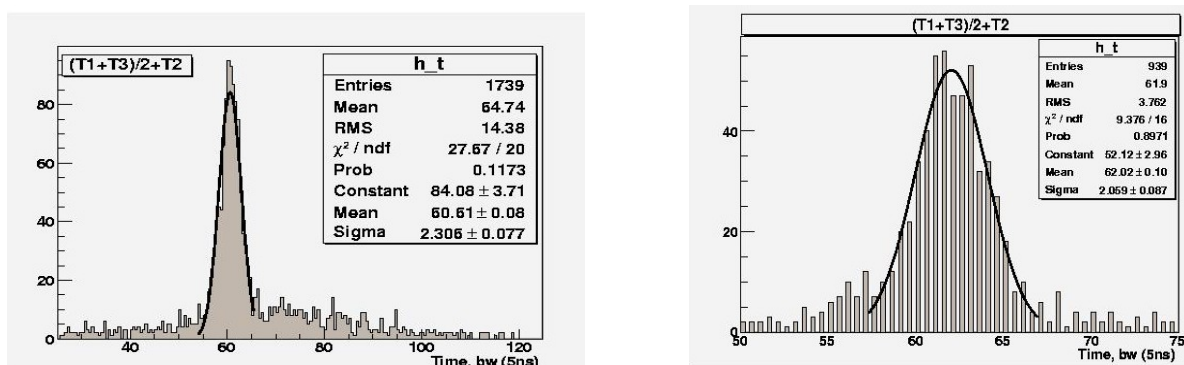


Рисунок 16 - Примеры распределений $(T_1+T_3)/2+T_2$

Подключение к газораспределительной системе и электронике опытной партии дрейфовых трубок с полеформирующими проволоками при описанных выше испытаниях осуществлялось по временной схеме.

4 Доработка конструкции прецизионных дрейфовых трубок по результатам испытаний

После успешных испытаний трубок встал вопрос о надежном, герметичном способе подвода газа при последовательном соединении трубок

в плоскости камеры и о надежном и удобном контакте трубок с регистрирующей электроникой.

Соответственно, конструкция дрейфовых трубок была доработана, а именно, были разработаны и опробованы газовый переходник, контактный колпачок и заземляющий штырь (рисунок 17).



Рисунок 17 - Газовый переходник, контактные колпачки и заземляющий штырь

Уплотнение (герметизация) газового переходника и контактного колпачка осуществляется через резиновые прокладки. Заземляющий штырь вкручивается в резьбовое отверстие в алюминиевой части торцевой заглушки. Усовершенствованный экспериментальный образец дрейфовой трубки в сборе с указанными выше доработанными элементами показан на рисунке 18.



Рисунок 18 - Усовершенствованный экспериментальный образец дрейфовой трубки в сборе с газовыми переходниками, контактными колпачками и заземляющими штырями

Чертежи усовершенствованных трубок показаны в Приложении Е.

Сборка усовершенствованных дрейфовых трубок в детектирующие плоскости (трековые детекторы) будет осуществляться в ГНЦ ИФВЭ методом прецизионной склейки на гранитном столе с использованием (после небольшой доработки) технологической оснастки, разработанной и успешно использованной при сборке мюонных камер АТЛАС [10, 11].

Требование доработки вызвано следующим обстоятельством. В обычной, однопроволочной дрейфовой трубке электрическое поле распределено радиально. Соответственно, нет выделенной области собирания дрейфующих электронов, вследствие чего не встает вопрос об ориентации такой дрейфовой трубки относительно позиционирующих гребенок при склейке.

Для дрейфовых трубок с полеформирующими электродами крайне важно, чтобы взаиморасположение этих дополнительных электродов было в плоскости, параллельной детектирующему слою трубок (см. рисунок 2). Поэтому каждая дрейфовая трубка на клеечном столе надлежащим образом ориентируется с помощью позиционирующих штырей на крайних позиционирующих гребенках сборочной оснастки, которые вводятся в позиционирующие отверстия на торцевых элементах дрейфовых трубок.

На фото на рисунке 19 показан ряд дрейфовых трубок на позиционирующих гребенках и клеераздаточная машина для послойной склейки.



Рисунок 19 - Дрейфовые трубки на позиционирующих гребенках и клеераздаточная машина для послойной склейки

Для сборки трековых детекторов на основе прецизионных дрейфовых трубок с полеформирующими электродами в ГНЦ ИФВЭ разработан технологический регламент, представленный в Приложении А.

5 Исследование характеристик и радиационной стойкости торцевых калориметров (адронного и электромагнитного) и переднего калориметра установки АТЛАС

В ходе эксперимента в марте 2013 года на ускорителе ИФВЭ через установку было пропущено $2,3 \cdot 10^{15}$ протонов, при этом признаков деградации сигналов с модулей калориметра из-за облучения обнаружено не было.

Моделирование установки позволяет вычислить эквивалентную интегральную светимость ЛНС для каждого из модулей калориметров: (2,6, 4,8 и 0,4) 10^{41} см^{-2} для ЕМЕС, НЕС и FCAL соответственно. При этом для

сравнения использовались потоки заряженных частиц, рассчитанные для торцевых жидкоарогоновых калориметров установки ATLAS при номинальной светимости LHC $10^{34} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$ при энергии в системе центра масс 14 ТэВ.

Кроме того, проведено измерение активности радионуклидов в отобранном из криостатов газообразном аргоне объемом 1 л. после облучения высокоинтенсивным пучком (через установку пропущено $2.3 \cdot 10^{15}$ протонов).

Результаты измерений, проведенных через 5 часов после отбора прекращения облучения, приведены в Таблице 3.

Таблица 3. Активности радионуклидов в пробе (газообразный аргон в сосуде Маринелли объемом 1 литр) через 5 часов после прекращения облучения

Радионуклид	Активность, Бк	Погрешность, %
^{24}Na	120	8
^{41}Ar	3320	7
^{18}F	22	11

Такая активность не влияет на форму сигналов с модулей калориметров, но препятствует нормальной работе системы измерения чистоты жидкого аргона.

- 6 Разработка экспериментальных модулей. усовершенствованной периферийной электроники для контроля цезиевой мониторирующей системы адронного калориметра установки ATLAS

С учетом проведенных испытаний в ЦЕРНе в декабре 2012г. прототипов модуля управления клапанами гидро- и пневмо-оборудования 3U-Valve и контроллера 3U-ETH на базе микроконтроллера, была сделана коррекция принципиальных схем и подготовлена документация для разводки печатных плат. В дальнейшем было изготовлено 10 печатных плат типа 3U-Valve и 3 печатные платы типа 3U-ETH, произведен их монтаж и осуществлена настройка.

Блок-схема модуля управления клапанами представлена на рисунке 20.

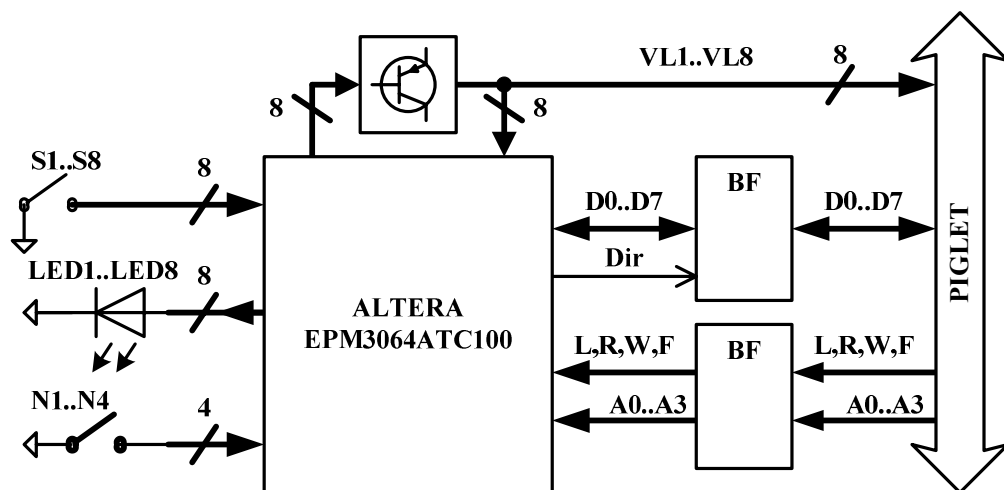


Рисунок 20 - Блок-схема построения модуля управления клапанами

Через сдвоенный двунаправленный восьмиразрядный буфер (BF SN74LVTH162245) данные и управляющие сигналы поступают на микросхему Altera EPM3064ATC100, которая управляет работой всего блока. К ней же подключены тумблеры S1..S8 и светодиоды, расположенные на передней панели. Альтера включает транзисторные ключи, подающие напряжение +24 вольта на включение клапанов VL1..VL8 и принимает сигналы обратной связи, информирующие о том, что эти клапаны включились.

На передней панели располагаются: восемь тумблеров включения клапанов в режиме “Local” (L) и восемь светодиодов красного цвета (LED1..LED8), отображающие включенные каналы (см. рисунок 21).

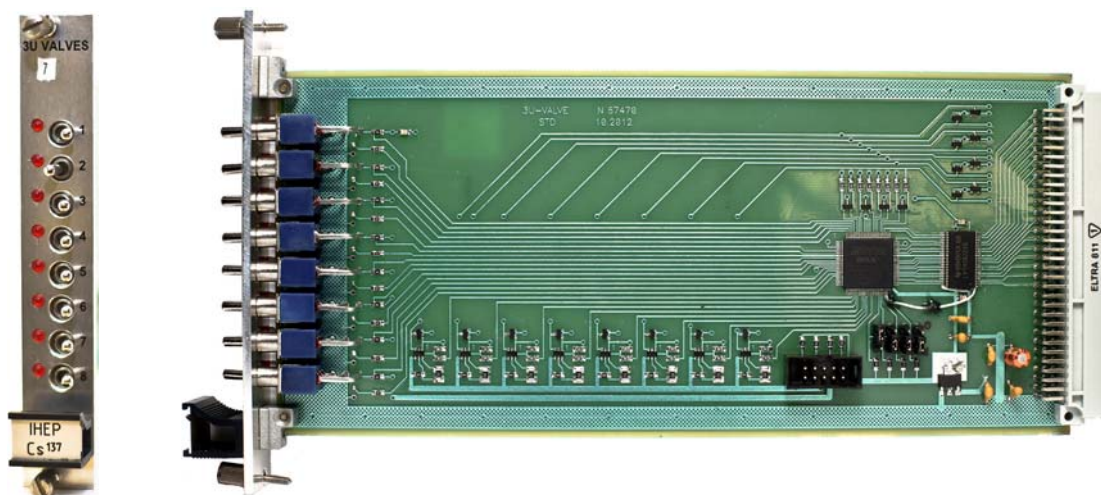


Рисунок 21 - Внешний вид передней панели и печатной платы модуля 3U-Valves

Для модуля управления помпами 3U-Pump была выбрана новая элементная база. Проведено макетирование отдельных узлов модуля, и на

основании этого разработана принципиальная схема. Осуществлена разводка печатной платы модуля 3U-Pump, произведен монтаж и настройка двух модулей. Эти модули являются прототипами для проведения испытаний, на основании которых будет выбран окончательный вариант схемы модуля.

Модуль предназначен для управления работой помпой в автоматическом и ручном режимах. В автоматическом режиме работы по каналу каркаса записывается информация о включении помпы, направлении и скорости потока жидкости. Эта же информация вместе с данными о включении помпы может быть прочитана из модуля.

В ручном режиме имеется возможность включения помпы, возможность выбрать направление потока жидкости и задать скорость потока жидкости от 0 до максимума. В этом режиме имеется возможность прочитать параметры работы помпы: включено, направление потока, данные о скорости. В обоих режимах горят светодиоды: ВКЛ, ВПЕРЕД, НАЗАД.

На передней панели расположены четыре светодиода, переменное сопротивление, два тумблера и разъем для подключения блока управления помпой фирмы Yaskawa electric corporation. Светодиоды идентифицируют режим работы модуля - ручное управление или автоматическое, направление потока жидкости. Переменным сопротивлением можно регулировать скорость жидкости в ручном режиме управления помпой. Одним тумблером включается помпа, а другим выбирается направление движения жидкости.

Работой модуля управляет контроллер каркаса 3U-ETH, расположенный в каркасе "Piglet". Схема блока показана в Приложении Ж.

Декодирование команд контролера каркаса происходит в ПЛИМ типа PALCE16V8-25PC. Работа ПЛИМ разрешена, когда номер модуля (от 0 до 15), заданный переключателями на плате совпадает с кодом номера модуля на шинах A0-A3 каркаса, что выполняется интегральной микросхемой K555СП1. Расширенная адресация к узлам модуля происходит через дополнительный четырёхбитный регистр U5 на КР1804ИР1, который осуществляет управление работой ПЛИМ вместе с сигналами каркаса F, W, R. Запись и чтение данных регистра происходит при состоянии шины F=1. При F=0 идёт обращение к дополнительным регистрам с адресом, записанным в регистр. Таким образом, осуществляется косвенная адресация к регистрам модуля.

Режимы работы насоса задаются регистром U8, который по включению питания устанавливается в состояние с выключенной помпой. Сигналы D8-

D10 через мультиплексор K555КП11 и драйвер K155ЛН5 поступают на оптронные развязки. Через драйвер поджигаются светодиоды, индицирующие направление вращения насоса. Через формирователь K555АП5 контроллер может прочитать режим работы помпы по шинам D8-D11 независимо от состояния сигнала "Local", при этом по шинам D0-D7 прочитывается записанный в регистры U6, U7 код для ЦАП'а. По шине D11 читается сигнал включения помпы, поступающий через разъем X3 от блока управления насосом VS mini J7 Series. Этот сигнал через инвертор и драйвер поджигает светодиод, индицирующий включение помпы.

Режим "Local" устанавливается по шине L, сигнал с которой через инвертор K555ЛН1 переключает мультиплексоры в режим ручного управления. С помощью переменного резистора регулируется скорость вращения насоса, задающая скорость движения жидкости, а тумблеры определяют включение насоса и переключение направления движения жидкости.

Гаражная плата системы мониторинга типа 6U-Garage состоит из двух частей: «гейгеровской» и управляющей. Для гейгеровской части была подобрана новая элементная база с учетом накопленного опыта за время работы существующей мониторинговой системы, проведена симуляция отдельных узлов. На основании этого разработана принципиальная схема «гейгеровской» части гаражной платы, осуществлена разводка печатной платы и произведен монтаж двух плат.

Устройство предназначено для регистрации нахождения радиоактивной капсулы в гараже (механическом устройстве постоянного хранения радиоактивной капсулы для обеспечения радиационной безопасности).

Местонахождение капсулы идентифицируется двухцветным диодом. Красный цвет - капсула в гараже. Зеленый цвет - капсула вне гаража.

Схема состоит из следующих узлов: управляемый задающий генератор, первый каскад умножения, импульсный усилитель, второй каскад умножения, регулятор высокого напряжения, формирователь выходного сигнала.

Задающий генератор выполнен на интегральной схеме TLC555SD. Сигнал включения/выключения высоковольтного напряжения поступает с микроконтроллера. Длительность выходного импульса - 160 μ s. Форма сигнала - меандр. Сигнал с выхода генератора подается на первый каскад умножения, который представляет собой параллельный умножитель с

коэффициентом умножения равным 7. Амплитуда выпрямленного напряжения достигает 70В. Сигнал с выхода генератора также подается на двухтактный усилитель, на выходе которого формируется сигнал амплитудой 70В длительностью 160 μ s. Этот сигнал подается на второй каскад умножения, который представляет собой последовательный умножитель с коэффициентом умножения 7. На выходе умножителя формируется высокое напряжение равное 400В, необходимое для работы счетчика Гейгера. В качестве счетчика Гейгера используется детектор ионизирующего излучения СБМ-10 (СБМ-21).

Регулировка высоковольтного напряжения в пределах ± 20 В осуществляется регулятором, выполненным на компараторе LM311D. На компараторе LM311D выполнена схема индикации включения высокого напряжения (светодиод красного цвета), а также формирователь сигнала HV_OK, подающийся на микроконтроллер.

Сигнал с датчика ионизирующего излучения поступает на схему формирования сигнала OUT, который поступает на микроконтроллер. Микроконтроллер считает поступившие импульсы OUT и определяет наличие радиоактивного источника в гараже по превышению порога частоты приходящих импульсов. Порог устанавливается программным путем. Чувствительность канала регистрации задается подстроечным сопротивлением.

Принципиальная схема управляющей части гаражной платы 6U-Garage во многом зависит от общей системы управления калориметра, в частности от интерфейсов, которые будут приняты сотрудничеством. Поэтому подготовлена предварительная принципиальная схема управляющей части гаражной платы. Вопрос выбора интерфейсов для общей системы управления будет обсуждаться на совещании сотрудничества в июне. Планируется, что вопрос о выборе интерфейсов прояснится и появится возможность уточнить принципиальную схему управляющей части гаражной платы.

На основе полученных результатов в процессе испытаний модулей управления клапанами 3U-Valve и контроллера 3U-ETH в ЦЕРН'е осуществлена коррекция базового программного обеспечения, библиотек функций, необходимых для работы с новыми модулями, а также тестовых программ для проверки функционирования и надежности новой электроники. В дальнейшем были проведены длительные тестовые испытания, направленные на выявление программных и электронных сбоев в

электронной системе с высокой частотой поступления управляющих команд. Сбоев выявлено не было.

В течение третьего этапа исполнения контракта был проведен ряд обсуждений в ЦЕРНе и на совещаниях сотрудничества по организации радиационных испытаний разрабатываемой электронной аппаратуры. Была достигнута договоренность, что сначала будут проводиться испытания не модулей, а отдельных электронных комплектующих, размещаемых на специальных тестовых платах. Будет предусмотрена возможность их включения и проверки на работоспособность. Размеры плат определяются размерами используемых при испытаниях пучков частиц, а именно не более 10см в диаметре.

7 Подготовка, выбор и тестирование перспективных материалов

7.1 Сцинтилляционные материалы

С целью оперативного получения экспериментальных образцов радиационно-стойких сцинтилляторов и отработки технологии производства полноразмерных сцинтилляторов для установки Атлас были изготовлены первые образцы плавных сцинтилляторов метровых размеров на основе новой технологии плавления смеси полистирольных гранул со сцинтилляционными добавками в формах с зеркальными стенками.

На рисунках 22-24 приведены фотографии полученных образцов сцинтилляторов с размерами $20 \times 500 \times 500 \text{ мм}^3$, $50 \times 200 \times 1000 \text{ мм}^3$ и $15 \times 100 \times 1000 \text{ мм}^3$

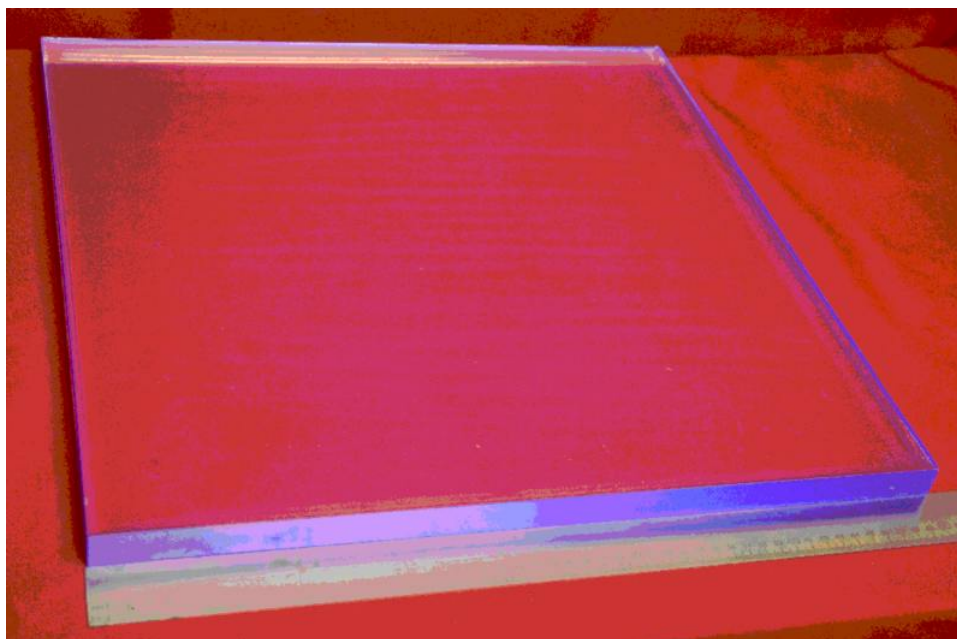


Рисунок 22. Сцинтиллятор с размерами $20 \times 500 \times 500 \text{ мм}^3$

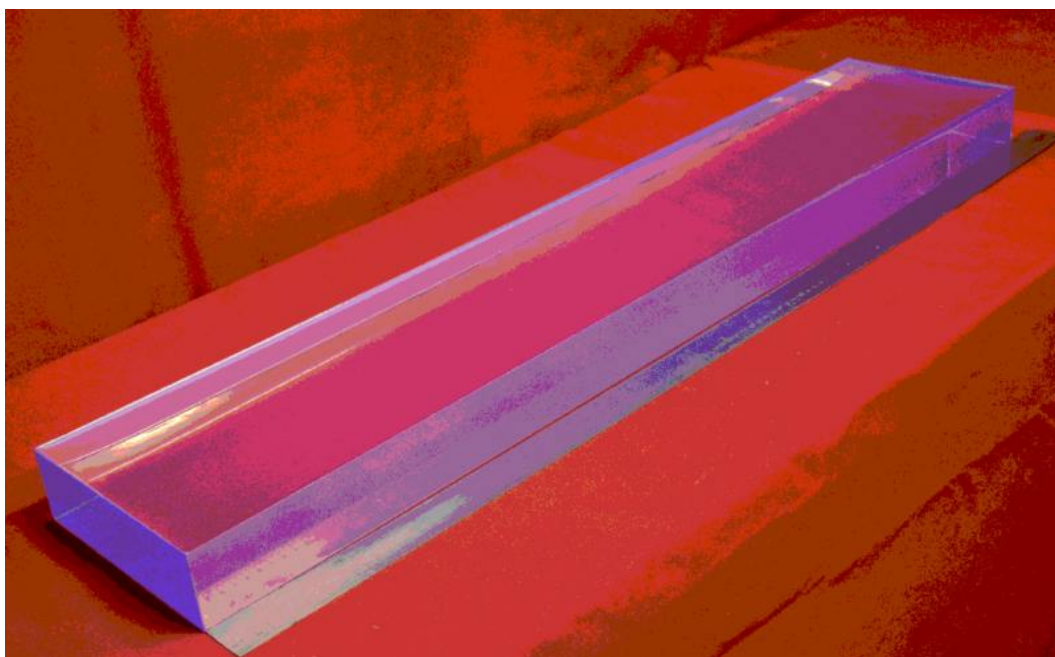


Рисунок 23. Сцинтиллятор с размерами $50 \times 200 \times 1000 \text{ мм}^3$

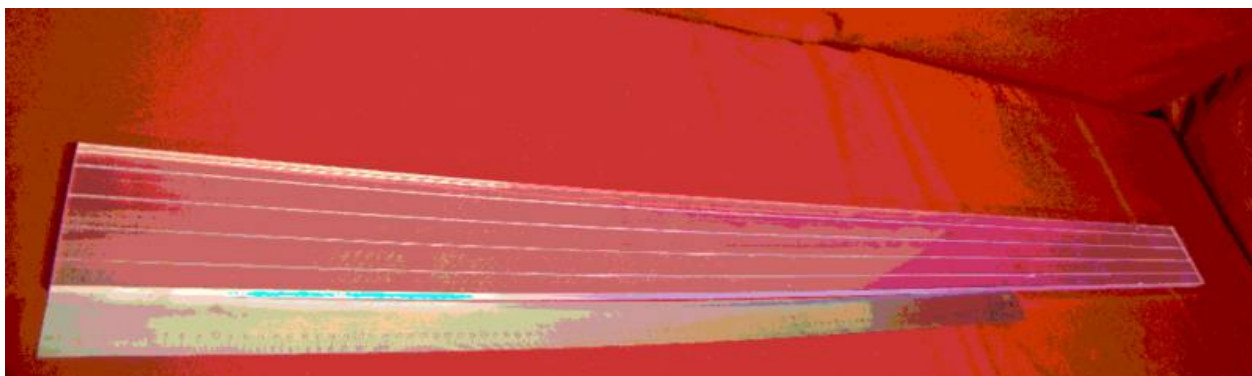


Рисунок 24 - Сцинтиллятор с размерами $50 \times 100 \times 1800 \text{ мм}^3$

Измерения световыхода плавленных сцинтилляторов были проведены при использовании образцов плавленных сцинтилляторов размерами $50 \times 200 \times 1800 \text{ мм}^3$ с уложенными в фрезерованные канавки WLS волокнами. Общий вид указанного сцинтиллятора приведён на рисунке 24. Измеренное количество фотоэлектронов при использовании в качестве фотодетектора ФЭУ 115М составляло около 15.

Составлен технологический регламент на производство сцинтилляторов методом плавления полистирольных гранул в формах с зеркальными стенками. Указанный регламент приведен в Приложении Б.

Были также разработаны и изготовлены приспособления для размещения образцов сцинтилляторов и WLS волокон в рабочем объёме камеры облучательного центра ГНЦ ИФВЭ.

7.2 Подложки и ламинаты

Изучение радиационной стойкости, электрической прочности и стабильности радиочастотных свойств материалов подложек и ламинатов для печатных плат является важным и необходимым шагом в работах по созданию переднего миникалориметра, который может оказаться в условиях радиационных нагрузок вплоть до $3 \cdot 10^{17}$ нейтронов/см².

Предполагается выполнить измерения электрических характеристик для образцов из следующих типов материалов, а именно: полиимид (Kapton), Arlon 85N, G-10, FR-4, Rogers 4450B. Для расширения спектра рассматриваемых материалов, к списку, ранее планировавшемуся к испытаниям, был добавлен перспективный материал Arlon 85N [12], являющийся наиболее современным композитом на основе полиимида. При этом образцы на основе полиимида толщиной 100 мкм были сняты с тестирования по причине ограниченности объема зоны облучения и несущественности отличий от образцов толщиной 75 мкм.

Послойная структура тестовых плат из различных исследуемых материалов представлена на рисунке 25.

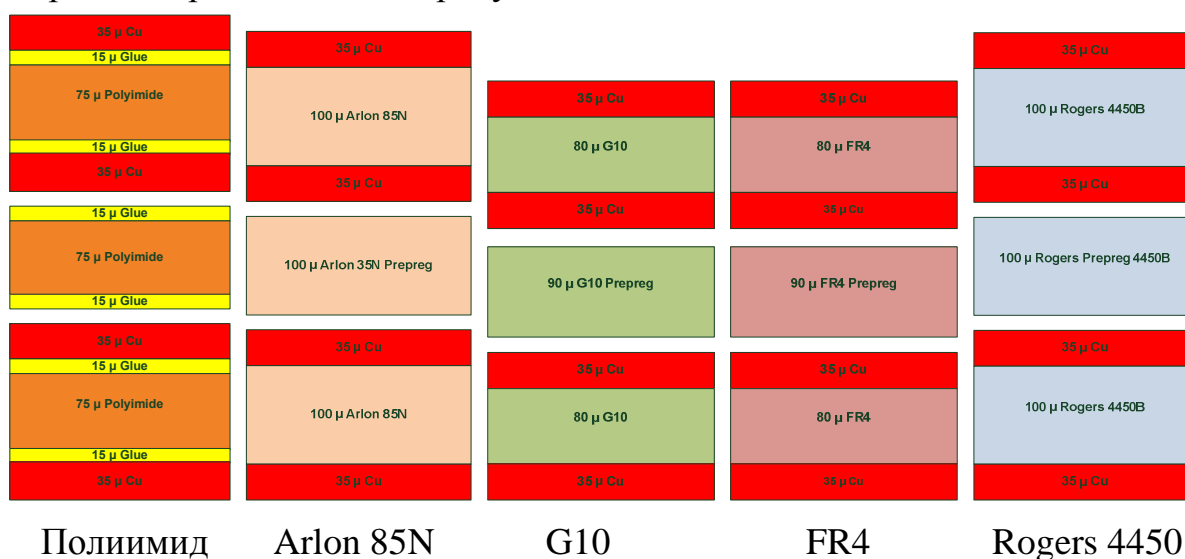


Рисунок 25 - Структура слоев тестовых образцов

Графики изменения электропрочностных характеристик тестовых образцов от накопленной дозы явятся основой для заключения о перспективности применения представленных материалов в варианте mini-FCal детектора АТЛАС для использования в условиях высокой светимости БАК.

7.3 Техническое задание и эскизная документация на облучательную установку

Полный текст технического задания на проектирование облучательной установки приведен в Приложении В. Здесь представлены основные идеи, которыми руководствовались при его составлении.

Канал №3, на котором будет размещаться облучательная установка для проведения исследований радиационной стойкости материалов при воздействии интегральными потоками нейтронов вплоть до $(3 \div 7) 10^{17}$ н/см², давно используется в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, как для исследования фундаментальных свойств нейтронов (например, ультрахолодных нейтронов), так и для проведения работ по материаловедению. До реконструкции [13-14] реактора ИБР-2 на нем по тематике АТЛАС был проведен целый комплекс исследований с целью изучения различных аспектов радиационной стойкости электроники. Нами также была исследована проблема загрязнения жидкого аргона, являющегося активной средой в калориметрической системе установки АТЛАС: электроотрицательные примеси, возникающие при взаимодействии нейтронов в конструкционных материалов, приводят к заметной деградации калориметрического сигнала. Максимальный флюэнс нейтронов в этих экспериментах не превышал 10^{16} н/см². Результаты наших экспериментов были опубликованы [15-16] и подтвердили возможность применения предложенных материалов для создания жидкоаргоновых калориметров.

Увеличение интегрального потока нейтронов на реакторе при той же его мощности может быть достигнуто только за счет геометрического фактора - расположением облучаемого предмета ближе к активной зоне реактора.

При создании облучательной установки для работы с потоками нейтронов на порядок большими, чем в предыдущих экспериментах, представляется целесообразным использовать имеющуюся аппаратуру и инфраструктуру канала №3 реактора ИБР-2м. Облучательная установка с новыми возможностями должна содержать стальной цилиндр, заполненный водой и обеспечивающий защиту персонала от ионизирующего излучения, в головной части которого закреплен транспортный двутавр. Образцы, подвергающиеся облучению, должны помещаться в металлический контейнер, расположенный на конце транспортного двутавра.

Для предупреждения непредвиденного сближения облучательной установки с водяным замедлителем реактора в головной части облучательной установки следует расположить механический упор. Его задача - исключить приближение установки к задней стенке водяного замедлителя реактора ближе минимально допустимого расстояния, и тем самым сделать невозможным какое-либо изменение реактивности реактора. Стальной цилиндр с водой и транспортным двутавром должен размещаться на рельсовом пути для перемещения его при помощи механизма электропривода.

Облучательная установка должна иметь биологическую защиту, защищающую персонал от ионизирующего излучения во время работы. В зоне экспериментального зала должен быть размещен стандартный домик для нахождения в нем дежурного персонала, размещения регистрирующей электроники и вычислительной техники.

Для мониторинга радиационных потоков вблизи зоны облучения необходимо расположить гамма-детектор, обеспечивающий надежную идентификацию гамма-пиков в спектрах остаточного излучения. Для подавления внешнего фона гамма-детектор должен быть помещен в специальную защиту (домик).

Облучательная установка должна создать возможность проведения облучения при комнатной температуре образцов материалов за стандартный цикл работы реактора (~12 суток) флюэнсом быстрых нейтронов до $5 \cdot 10^{17}$ н/см². Зона облучения в перпендикулярном сечении должна быть велика (~ 20 x 40 см²), с однородностью на уровне ~ 20% и величиной потока нейтронов на уровне $3 \cdot 10^{12}$ н/см²сек⁻¹.

7.4 Облучательная установка на реакторе ИБР-2м

Приведенный ниже рисунок 26 содержит общий план размещения облучательной установки (ОУ) на канале №3 реактора ИБР-2м.

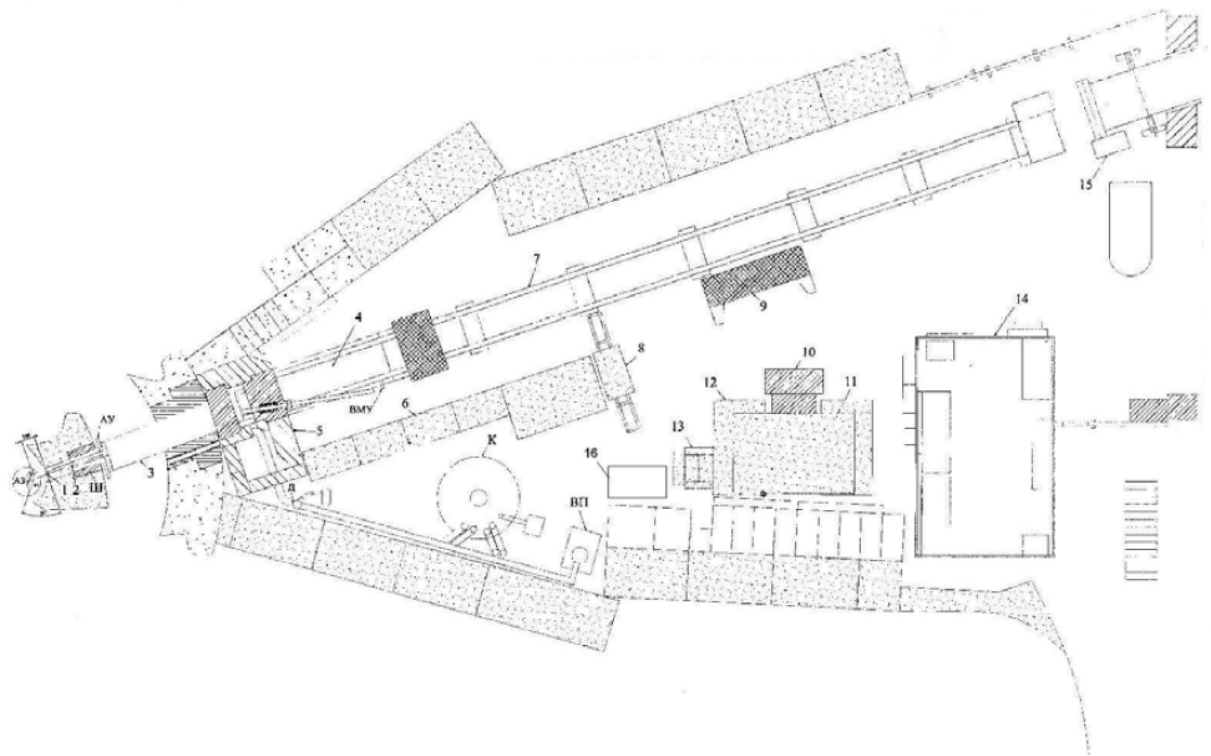


Рисунок 26 – Общий план: 1-металлический контейнер для облучаемых образцов, 2-транспортный двутавр, 3-головная часть, 4-облучательная установка, 5 и 6-биологическая защита, 7-рельсовый путь, 8-бетонная дверь, 9-свинцовая защита, 10-откатная защита, 11-крышка хранилища откатной защиты, 12-хранилище откатной защиты, 13-временное хранилище радиоактивных образцов, 14-домик экспериментатора, 15-пульт управления, 16-гамма-детектор, Д-дозатор, К-криостат, ВП-вакуумный пост, ВМУ-видимый механический упор, АУ-аварийный упор, Ш-шибер, АЗ-активная зона, ВЗ-водяной замедлитель

Облучательная установка (4) представляет собой стальной цилиндр, заполненный водой (3), диаметром 800 мм с закрепленным на нем транспортным двутавром (2). Образцы для облучения помещаются в металлический контейнер, изготовленный из сплава АМГ6, размерами 180мм x 160мм x 10мм, который крепится к концу транспортного двутавра (2 на рисунке 1) шириной 100мм, высотой 82мм и длиной 2,7 м, также изготовленного из сплава АМГ6. Транспортный двутавр подсоединен к облучательной установке при помощи разборного фланцевого соединения.

Перемещение облучательной установки по рельсовому пути (7 на рисунке 26) осуществляется механизмом с электроприводом, пульт управления (15 на рисунке 26) которым размещается в экспериментальном зале в конце рельсового пути. Механизм перемещения облучательной установки позволяет доставить металлический контейнер с образцами на расстояние в 350 мм от задней стенки водяного замедлителя (ВЗ),

расположенного между активной зоной (АЗ) реактора и его защитой. В этом положении поток быстрых нейтронов на входной поверхности металлического контейнера должен составить величину до $3 \cdot 10^{12}$ н/см²сек⁻¹, что обеспечит за цикл работы реактора в 12 суток флюэнс порядка $\sim 5 \cdot 10^{17}$ н/см². Расположение металлического контейнера на расстоянии меньшем, чем 350 мм до замедлителя, может повлиять на реактивность реактора и поэтому недопустимо по требованиям обеспечения ядерной безопасности. С этой целью перемещение установки ограничено концевыми выключателями, аварийными упорами (АУ), расположенными на обоих концах рельсового пути, и видимым механическим упором (ВМУ).

Облучательная установка имеет биологическую защиту (5,6,8 на рисунке 26), которая препятствует проникновению ионизирующего излучения в экспериментальный зал реактора во время его работы, в частности, в домик экспериментатора (14).

Эскизный чертеж головной части облучательной установки представлен на рисунке 27, где показаны размеры и расположение транспортного двутавра в его рабочем положении при работе реактора.

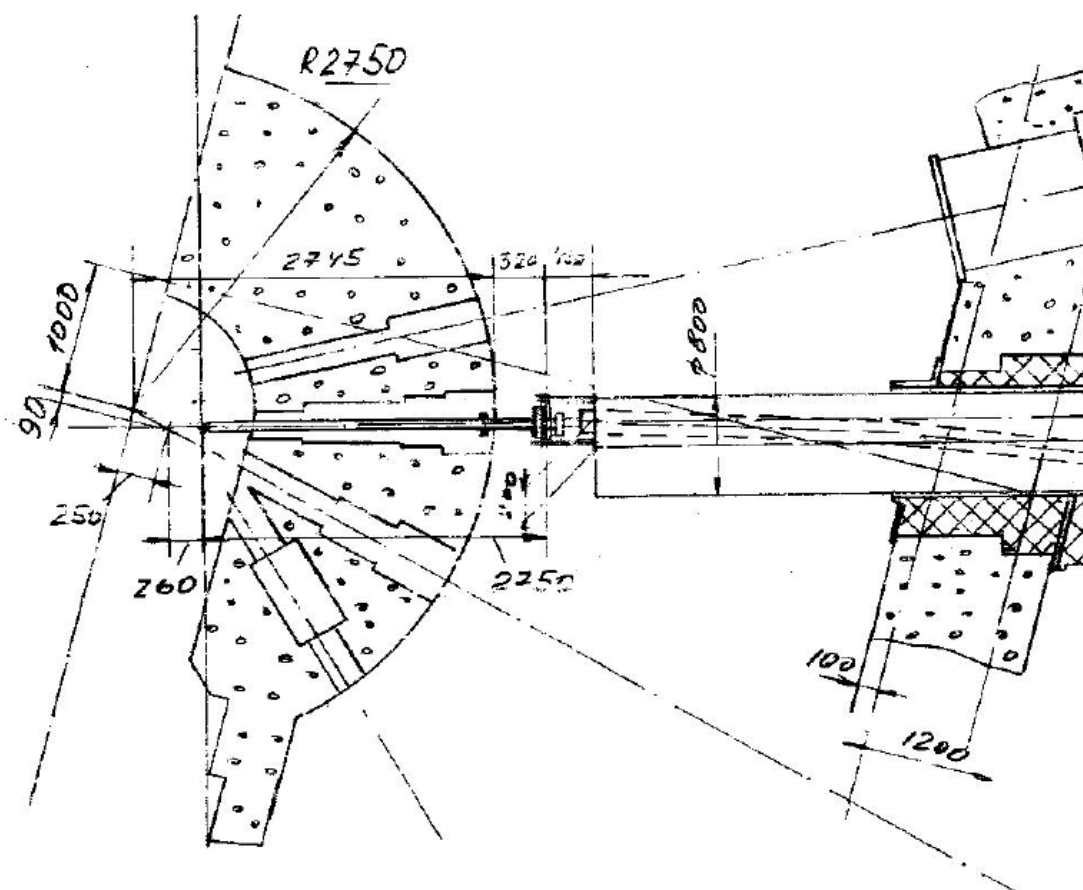


Рисунок 27 – Эскиз головной части облучающего устройства

На основании разработанных эскизных чертежей были изготовлены ключевые элементы головной части ОУ, обеспечивающие доставку исследуемых образцов в зону облучения вблизи активной зоны реактора ИБР-2м. Контейнер и транспортный двутавр, закрепленные на переднем фланце подвижного стального цилиндра, в рабочем положении и готовые к использованию представлены на рисунке 28.

Эскизные чертежи изготовленных элементов головной части ОУ представлены в Приложении Д к настоящему отчёту.



Рисунок 28 - Контейнер и транспортный двугавр, закрепленный на подвижном цилиндре

7.5 Подготовка участка тестирования для HV тестов.

На данном этапе работ подготовлен участок высоковольтного тестирования образцов перспективных материалов для его дальнейшего использования в ОИЯИ (г. Дубна). Участок смонтирован в технологическом помещении Лаборатории электронов высоких энергий ФИАН, и готов к перемещению в экспериментальную зону в непосредственной близости от реактора ИБР-2 Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ, предназначенную для размещения тестового оборудования.

Принципиальная схема измерений представлена на рисунке 29.

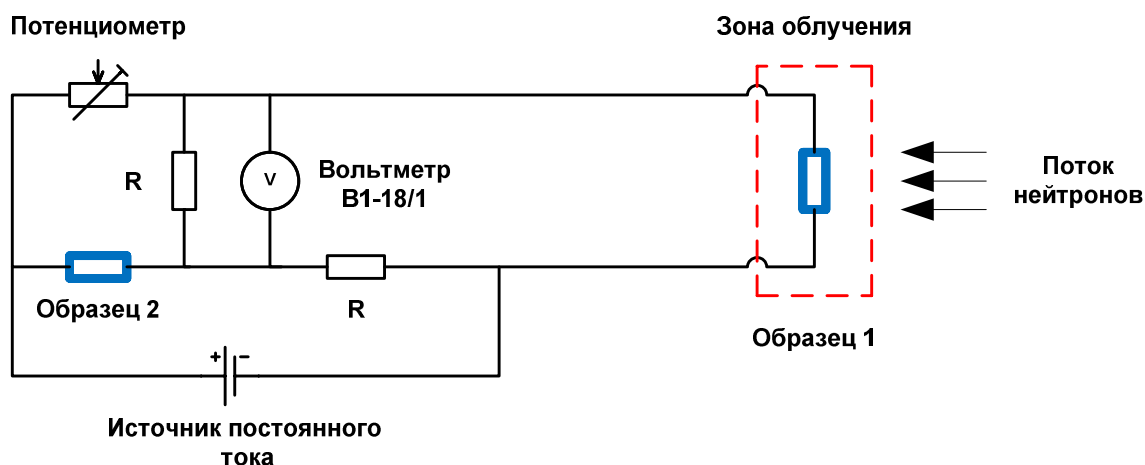


Рисунок 29 - Принципиальная схема измерений

Где:

Образец 1 – тестовый образец, находящийся в нейтронном пучке.

Образец 2 – контрольный образец из того же материала, находящийся вне зоны облучения, в аналогичных температурно-влажностных условиях.

Потенциометр – подстроечный потенциометр для балансировки мостовой схемы в начале измерений.

В измерениях используется следующее оборудование:

- вольтметр-калибратор постоянного тока В1-18/1 с высоким входным сопротивлением (> 10 ГОм на шкале 10 В);
- лабораторный высоковольтный источник постоянного тока.

7.6 Первый HV тест перспективных материалов

Первый высоковольтный (HV) тест перспективных материалов, проведенный в нормальных лабораторных условиях для 10 образцов материалов каждого типа в отсутствии нейтронного облучения, показал близкие значения электрической прочности к паспортным данным тестируемых материалов.

Экспериментальные результаты, пересчитанные в объемное удельное сопротивление, представлены в таблице 4.

Таблица 4. Объемное удельное сопротивление образцов (МОм·см)

Образец №	Материал				
	Полиимид	Arlon 85N	G10	FR4	Rogers 4450B
1	$2,5 \cdot 10^{12}$	$2,5 \cdot 10^7$	$5,8 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^8$
2	$2,1 \cdot 10^{12}$	$3,2 \cdot 10^7$	$6,4 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^7$	$2,6 \cdot 10^8$
3	$2,4 \cdot 10^{12}$	$3,7 \cdot 10^7$	$7,3 \cdot 10^6$	$2,4 \cdot 10^7$	$2,1 \cdot 10^8$
4	$1,9 \cdot 10^{12}$	$2,4 \cdot 10^7$	$5,2 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^8$
5	$2,3 \cdot 10^{12}$	$2,8 \cdot 10^7$	$6,9 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^7$	$2,9 \cdot 10^8$
6	$2,3 \cdot 10^{12}$	$3,6 \cdot 10^7$	$7,6 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^7$	$2,3 \cdot 10^8$
7	$2,0 \cdot 10^{12}$	$2,9 \cdot 10^7$	$6,8 \cdot 10^6$	$1,7 \cdot 10^7$	$2,5 \cdot 10^8$
8	$2,1 \cdot 10^{12}$	$3,2 \cdot 10^7$	$6,2 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^7$	$2,7 \cdot 10^8$
9	$2,5 \cdot 10^{12}$	$3,5 \cdot 10^7$	$7,1 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^8$
10	$2,7 \cdot 10^{12}$	$2,9 \cdot 10^7$	$5,7 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^8$
Среднее значение	$2,27 \cdot 10^{12}$	$3,07 \cdot 10^7$	$6,49 \cdot 10^6$	$2,04 \cdot 10^7$	$2,54 \cdot 10^8$
Стандартное отклонение	$0,236 \cdot 10^{12}$	$0,447 \cdot 10^7$	$0,785 \cdot 10^6$	$0,341 \cdot 10^7$	$0,263 \cdot 10^8$

8 Разработка и оптимизация алгоритмов быстрой идентификации трека частицы и измерение его параметров на уровне наддетекторной электроники

При разработке и моделировании алгоритма считывания и обработки информации с газовых пиксельных детекторов использовались следующие исходные данные:

- Размеры электронного чипа, обеспечивающего считывание информации $20 \times 20 \text{ мм}^2$
- Количество пикселей по оси X..... 200
- Количество пикселей по оси Y.....100
- Общее число пикселей в детекторе..... 20000
- Размеры одного пикселя..... 100x200 мкм
- Высота газового слоя над плоскостью пикселя..... 10 мм
- Газовая смесь..... XeCO_2
- Напряжение между плоскостью катода и сеткой..... 4000 В
- Коэффициент газового усиления в промежутке между сеткой и анодами пикселей..... ≥ 1000
- Полное время дрейфа электронов в газовом промежутке 200 нс
- Размеры поперечной диффузии электронов 300 мкм

- Период считывания информации с каждого пикселя 25 нс
- Число циклов считывания за полное время дрейфа..... 8

При регистрации частиц используется бинарный способ съема информации. Т.е. на выходе электронного пикселя появляется короткий логический импульс, независимо от того, сколько частиц попало в зону пикселя за период 25 нс.

Электронный канал считывания информации интегрирован с чувствительной зоной (анодом) пикселя и обеспечивает 100% регистрацию каждого электрона, прошедшего через сетку и попавшего в зону газового усиления.

8.1 Основные факты, определяющие концепцию алгоритма

Заряженная частица, проходя через детектор, ионизирует газ, создавая определенное количество электрон-ионных пар на единицу пути. В общем случае, ионизация зависит от массы и энергии однозарядной частицы, но для высокоэнергичных частиц, например, пионов с энергией 20 ГэВ, использовавшихся при моделировании, ионизация уже выходит на плато ее релятивистского роста в газе и становится постоянной.

Поскольку полное число родившихся пар пропорционально пути частицы в газе, оно минимально, когда частица пересекает детектор под прямым углом к плоскости чипа ($\theta=0$, $\varphi=0$) и растет с увеличением углов. Так как скорость дрейфа легких электронов гораздо выше, чем тяжелых ионов, а скорость регистрации высока, в качестве источника сигнала в пикселе мы используем только электронную составляющую.

Факты, важные для разработки алгоритма:

- Электроны, созданные частицей в газе, дрейфуют перпендикулярно поверхности чипа (плоскости XY), вдоль оси Z, независимо от траектории частицы.
- Скорость дрейфа электронов постоянна (не зависит от расстояния от чипа), т.к. электрическое поле между катодом и анодом (чипом) однородно.

На рисунке 30 схематически изображена часть поперечного разреза детектора по осям YZ. Ось Z представлена как расстояние между

поверхностью чипа и катодом – 10 мм, и как соответствующее время дрейфа – 200 нс. На рисунке частица пересекает детектор под углом θ .

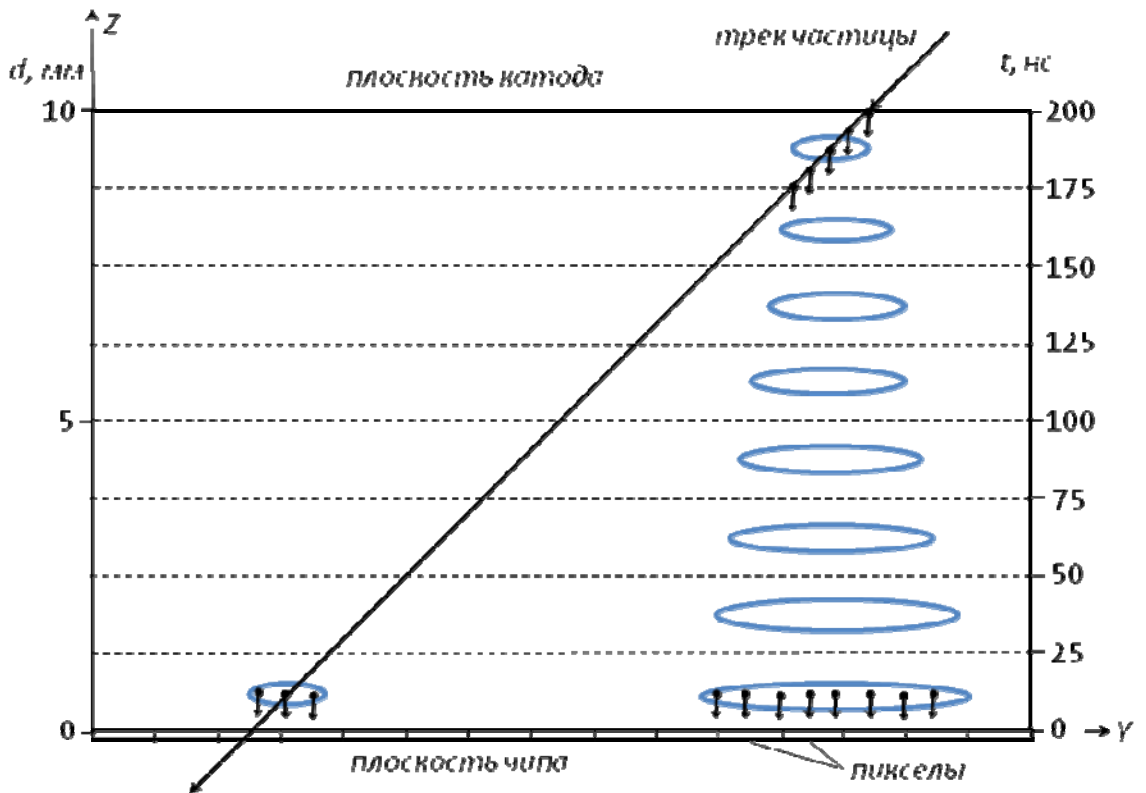


Рисунок 30 - Схема поперечного разреза детектора по осям YZ

Примем за $t_0 = 0$ время пролета частицы. Это вполне допустимо, т.к. частица пересекает детектор за 0,03 – 0,05 нс, что пренебрежимо мало по сравнению со временем сбора информации 25 нс. Понятно, что электроны, рожденные вблизи катода, будут дрейфовать к аноду (чипу) максимальное время $t = 200$ нс. А для электронов, рожденных в непосредственной близости от чипа, $t = 0$. Таким образом, за 200 нс на чипе будут собраны и зарегистрированы все электроны, рожденные данной частицей.

Учитывая, что каждый цикл считывания составляет 25 нс, вся имеющаяся информация о траектории частицы будет зарегистрирована за 8 циклов. На рисунке 30 временная шкала поделена на 8 отрезков, каждый из которых составляет 25 нс или 1/8 от расстояния между катодом и чипом 10 мм, т.е. 1,25 мм.

Таким образом, положение сработавших пикселей в каждый из 8 временных интервалов отражает координату частицы в пространстве на каждом из 8 расстояний от чипа. В интервале времени $t = 0 - 25$ нс среднее

время дрейфа $25/2 = 12,5$ нс соответствует положению частицы на расстоянии от чипа $1,25\text{мм}/2 = 0,625$ мм. Иначе говоря, координаты X и Y пикселей, сработавших в этот интервал времени (0-25 нс) отражают положение частицы в пространстве при фиксированной координате $Z = 0,625$ мм. Соответственно, координаты пикселей, сработавших в каждый из 8 циклов считывания, дают 8 засечек положения частицы в пространстве и позволяют восстановить ее траекторию.

8.2 Факторы, понижающие точность

К таковым относятся:

- Поперечная диффузия электронов во время дрейфа.

Из-за поперечной диффузии электроны как бы расплзаются в стороны, образуя небольшое облако. Понятно, что чем больше время дрейфа (расстояние от чипа), тем шире облако.

На рисунках 31 и 32 представлены распределения числа сработавших пикселей в интервалах 0 – 25 нс и 50 – 75 нс для событий, где пион с энергией 20 ГэВ пересекает детектор под углами $\varphi = 0$ и $\theta = 20$ град.

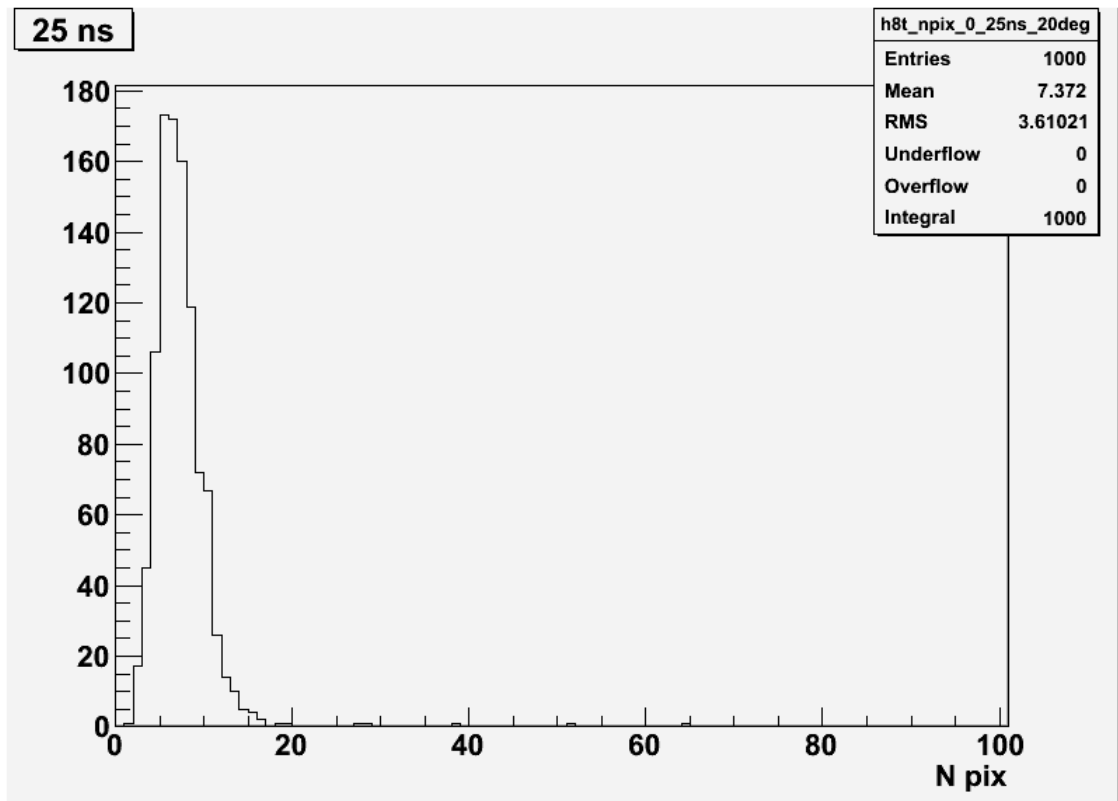


Рисунок 31 - Распределение числа сработавших пикселей в интервале 0 – 25 нс для событий, где пион с энергией 20 ГэВ пересекает детектор под углами $\varphi = 0^\circ$ и $\theta = 20^\circ$

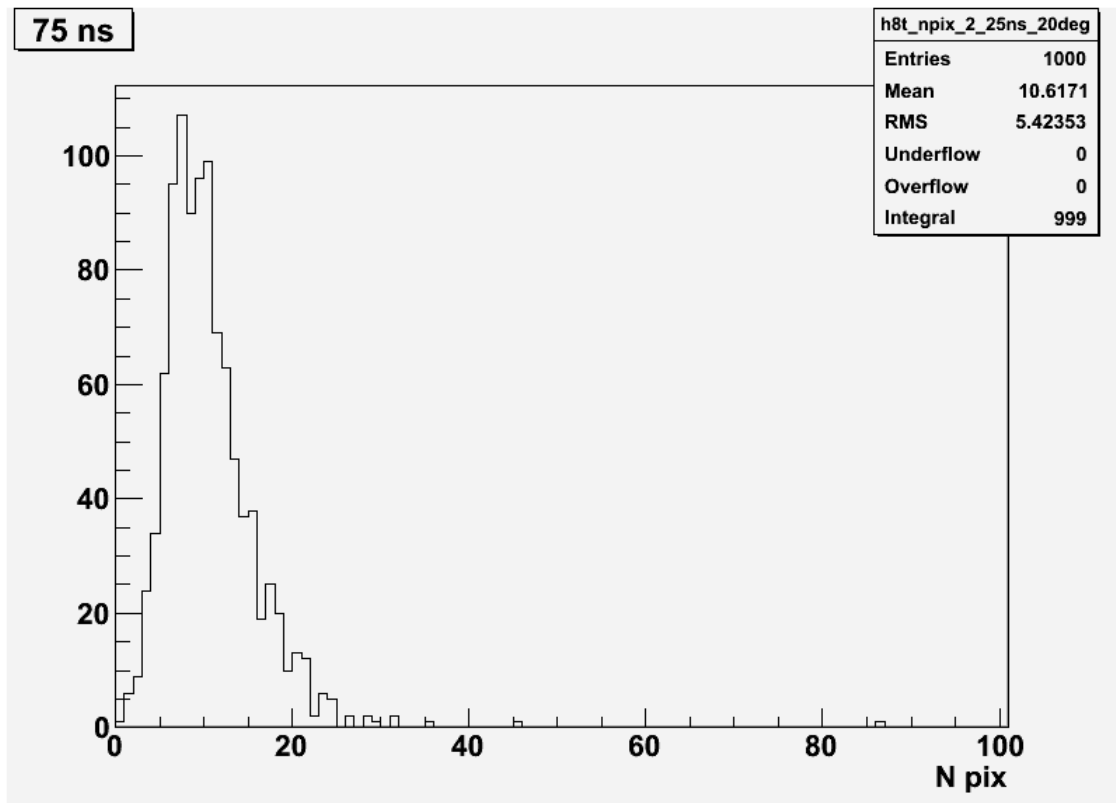


Рисунок 32 - Распределение числа сработавших пикселей в интервале 50 – 75 нс для событий, где пион с энергией 20 ГэВ пересекает детектор под углами $\varphi = 0^\circ$ и $\theta = 20^\circ$

Для первого цикла ($t = 0 - 25$ нс) диффузия минимальна и сработавшие пиксели выглядят тесной группой. Если бы количество электронов было очень велико, то из-за усреднения направлений диффузии облако имело правильную форму, например, круг, если оба угла φ и θ равны нулю. В нашем случае число электронов невелико и флуктуации приводят к сильным отклонениям сработавших пикселей от центра.

- Влияние углов.

Если частица пролетает под углом к оси Z , то за время одного интервала она успевает изменить координату, например, Y , и даже при большом количестве электронов облако уже будет выглядеть не как круг, а как эллипс, где большая полуось совпадает с направлением частицы.

- Дельта-электроны.

Рожденные частицей энергичные дельта-электроны сами ионизируют газ. Если направление движения дельта-электрона совпадает с траекторией частицы, то это приводит, лишь к увеличению ионизации. Гораздо чаще

дельта электрон вылетает под углом к траектории частицы, создавая отдельные сработавшие пиксели на большом расстоянии от центра или даже целую ветвь из пикселей. Это сильно искажает картину и плохо поддается on-line анализу. Пока такие события приходится отбрасывать, что снижает эффективность отдельного детектора со 100 до 99%.

8.3 Первичная обработка экспериментальных данных

На рисунке 33 показано расположение сработавших пикселей для четырех из 8 временных интервалов конкретного события (вид сверху).

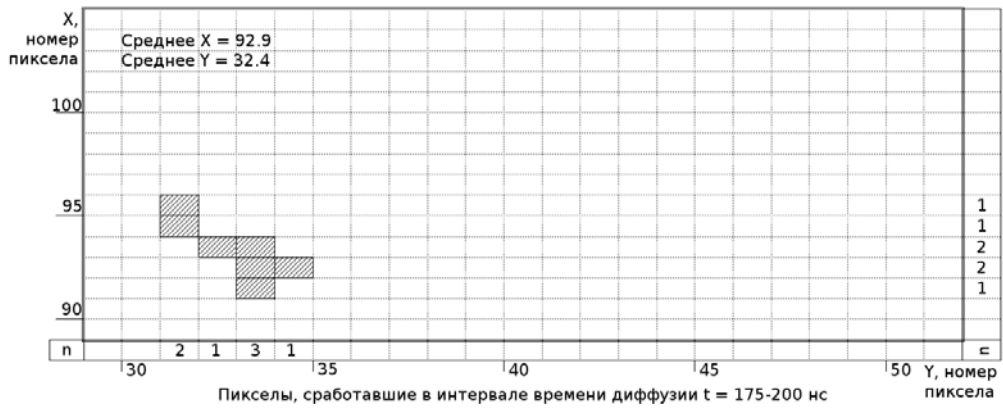
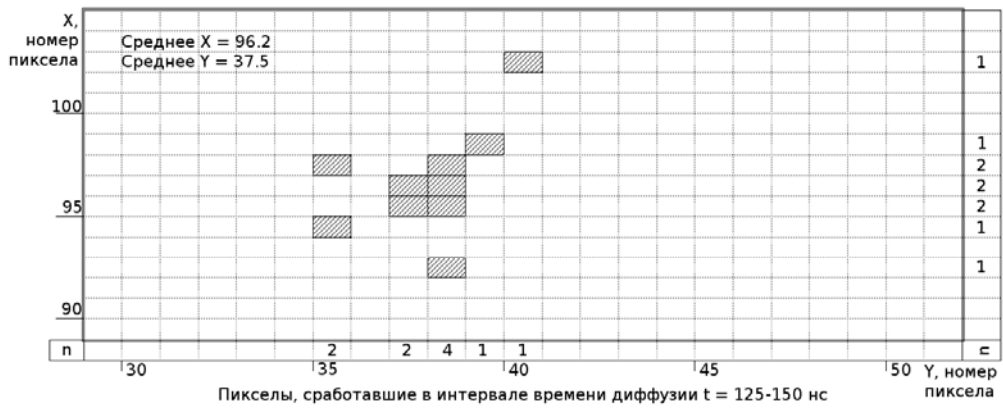


Рисунок 33 - Расположение сработавших пикселей для четырех из 8 временных интервалов

Видно, что в первом интервале времени 0-25 нс (первый цикл регистрации) сработавшие пиксели расположены очень компактно, т.к. диффузия практически не сказывается. В интервале 50-75 нс (3-й цикл регистрации) из-за диффузии группа пикселей стала гораздо больше. Она заметно сдвинулась влево из-за того, что угол θ в проекции YZ составляет 20° , и несколько вниз из-за угла φ в проекции XZ равного 3° . В следующих интервалах времени 125-150 нс (6-й цикл) и 175-200 нс (8-й цикл), сдвиг группы пикселей влево и вниз продолжается, отражая проекцию траектории частицы на плоскость XY .

Для оценки координаты частицы в каждом цикле, вычисляется среднее значение координат всех сработавших пикселей отдельно для координаты X и координаты Y . Для приведенного на рисунке 33 события вычисленные значения X среднего и Y среднего для каждого из четырех интервалов приведены на соответствующем рисунке.

Далее, отмечаем вычисленную координату X_i в виде точки в середине соответствующего пространственного интервала i в плоскости XZ , а вычисленную координату Y_i в середине того же интервала i в плоскости YZ . В результате получаем 8 точек в плоскости XZ и 8 точек в плоскости YZ . Через эти точки, используя метод наименьших квадратов, проводится прямая, отражающая проекцию траектории частицы на каждую из двух плоскостей. В плоскости XZ место пересечения прямой с плоскостью чипа и плоскостью катода дает нам координату X входа и выхода частицы из газового объема детектора, а угол между прямой и осью Z дает значение угла φ . Соответственно, в плоскости YZ место пересечения прямой с плоскостью чипа и катода дает координату Y входа и выхода частицы, а угол между этой прямой и осью Z дает значение угла θ .

Следует отметить, что аппроксимируя координатные точки прямой линией, мы не учитываем искривление траектории частицы в плоскости XZ из-за влияния магнитного поля. Однако, учитывая то, что толщина детектора (10 мм) мала по сравнению с расстоянием до оси пучка ускорителя (~ 1000 мм) и то, что ожидаемые для частиц высоких энергий углы φ оцениваются как $1-5^\circ$, этим искривлением можно пренебречь.

На рисунке 34 приведены восстановленные координатные точки в плоскости YZ и аппроксимирующая их прямая для конкретного события (на рисунке 33). Координата Y восстановленной точки выхода $Y_B = 50,4$, что практически совпадает с заданным при моделировании значением ($Y_3 =$

50.5), а восстановленные значения угла $\theta_B = 20,7^\circ$ близко к заданному значению ($\theta_3 = 20^\circ$).

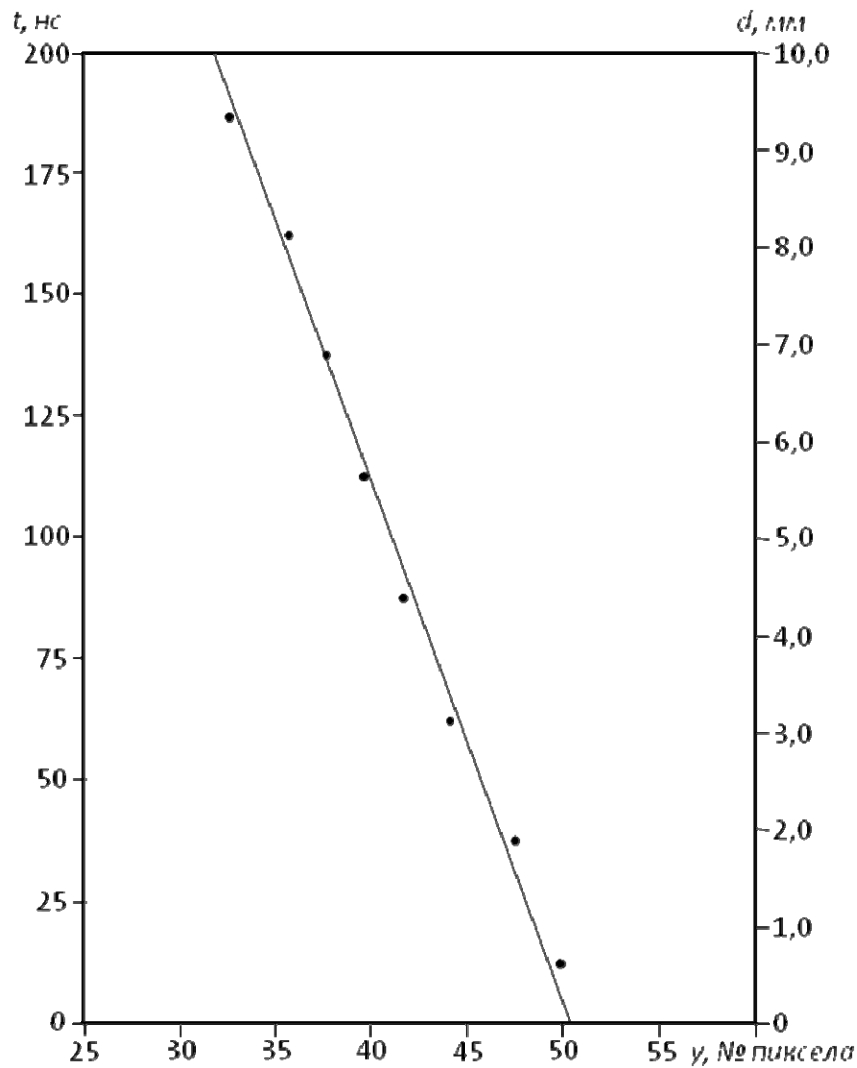


Рисунок 34 - Восстановленные координатные точки в плоскости YZ

На рисунках 35 и 36 представлены распределения восстановленных углов и точек входа в плоскости YZ для пионов с энергией 20 ГэВ. Видно, что среднее значение восстановленного угла ($20,08^\circ$) очень близко к заданному при моделировании, а $RMS = 0,56^\circ$. Для восстановленной точки входа (рисунок 34) $RMS = 0,33$ размера пикселя или 66 мкм.

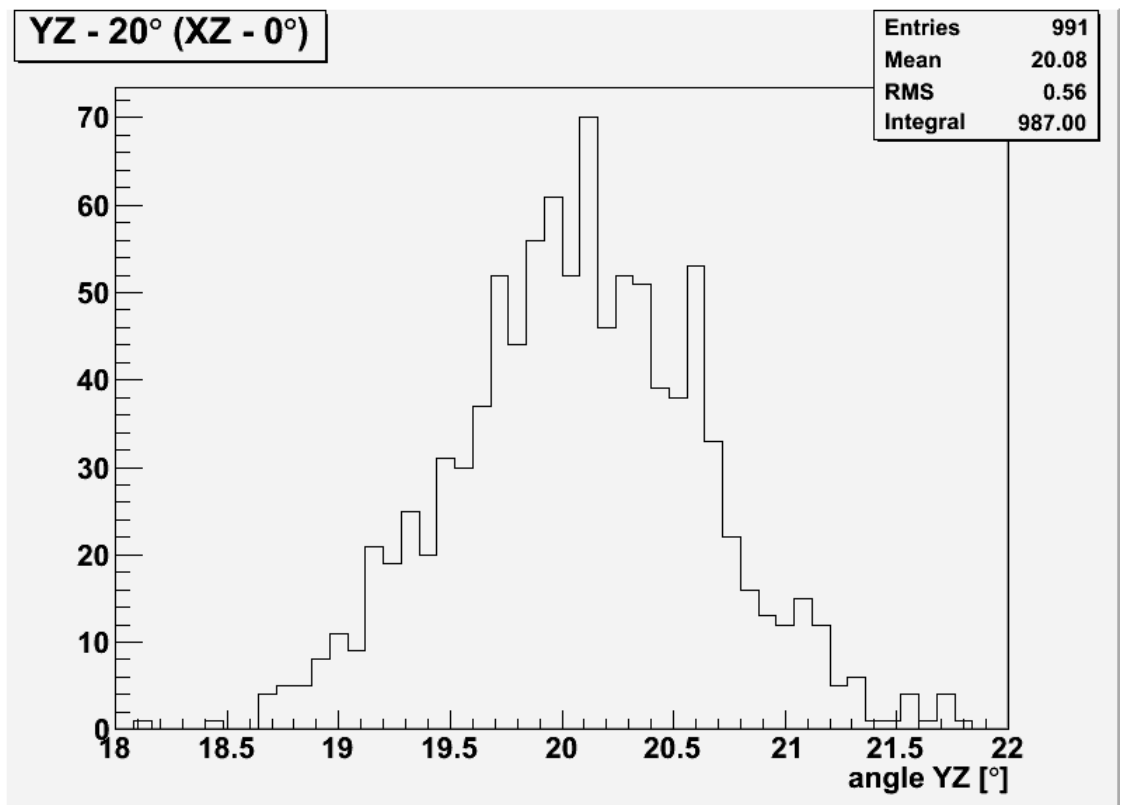


Рисунок 35 - Распределение восстановленных углов в плоскости YZ для пионов с энергией 20 ГэВ

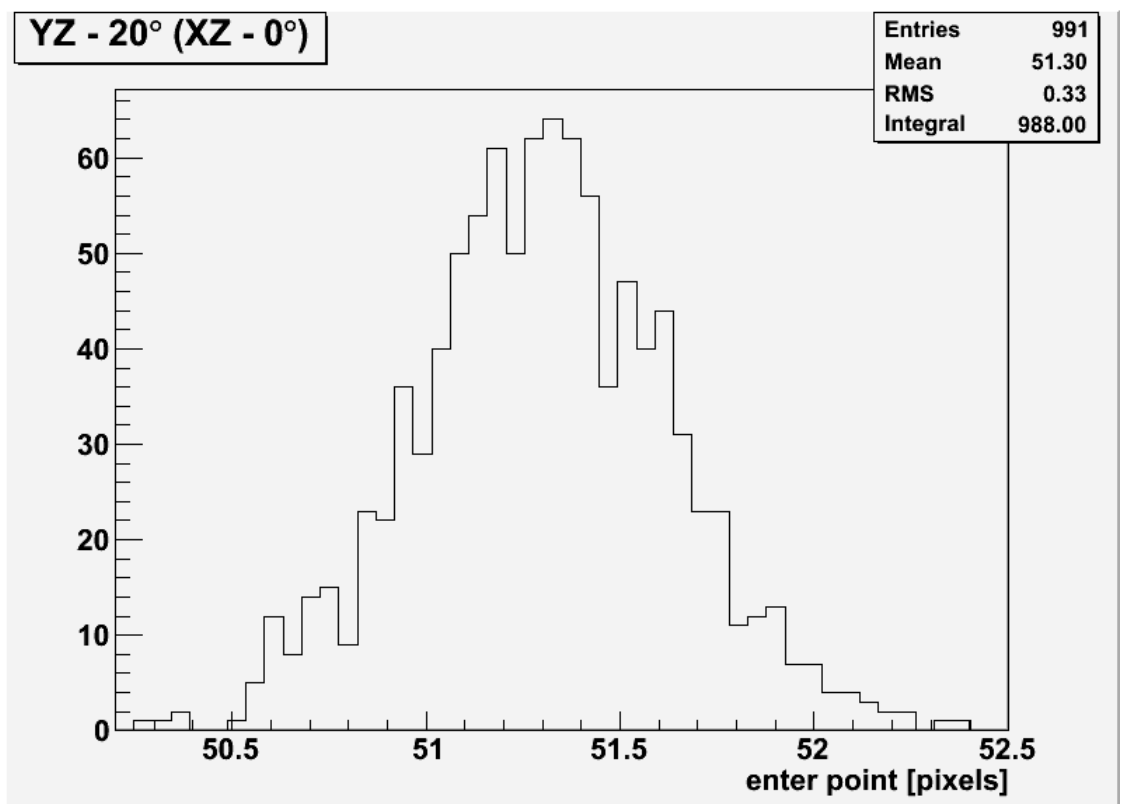


Рисунок 36 - Распределение восстановленных точек входа в плоскости YZ для пионов с энергией 20 ГэВ

На рисунке 37 приведены восстановленные значения угла φ в плоскости XZ. Видно, что среднее значение восстановленного угла $\varphi_B = -0,01^\circ$ практически равно заданному при моделировании значению $\varphi_3 = 0^\circ$, а RMS = $0,44^\circ$.

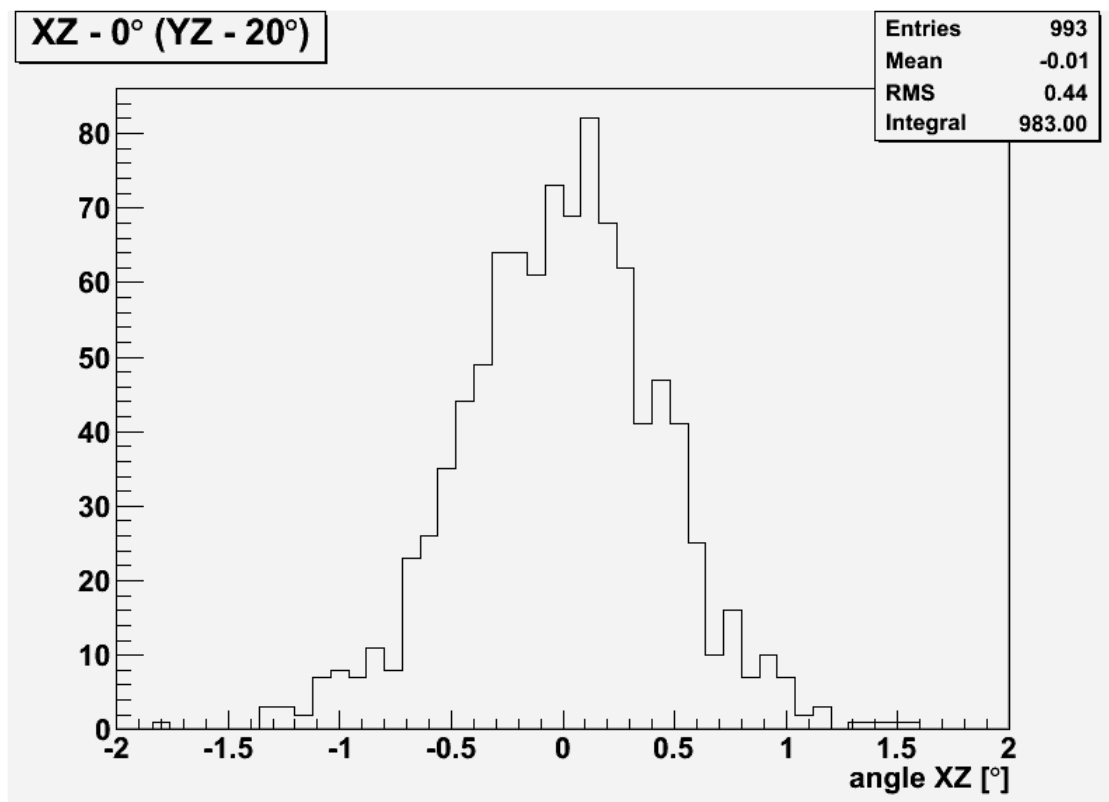


Рисунок 37 - Восстановленные значения угла φ в плоскости XZ

На рисунке 38 представлено распределение восстановленных значений точки входа в плоскости XZ. Полученное среднее значение 100,51 практически совпадает с заданным 100,50, а RMS = 0,37 пикселя или 37 мкм.

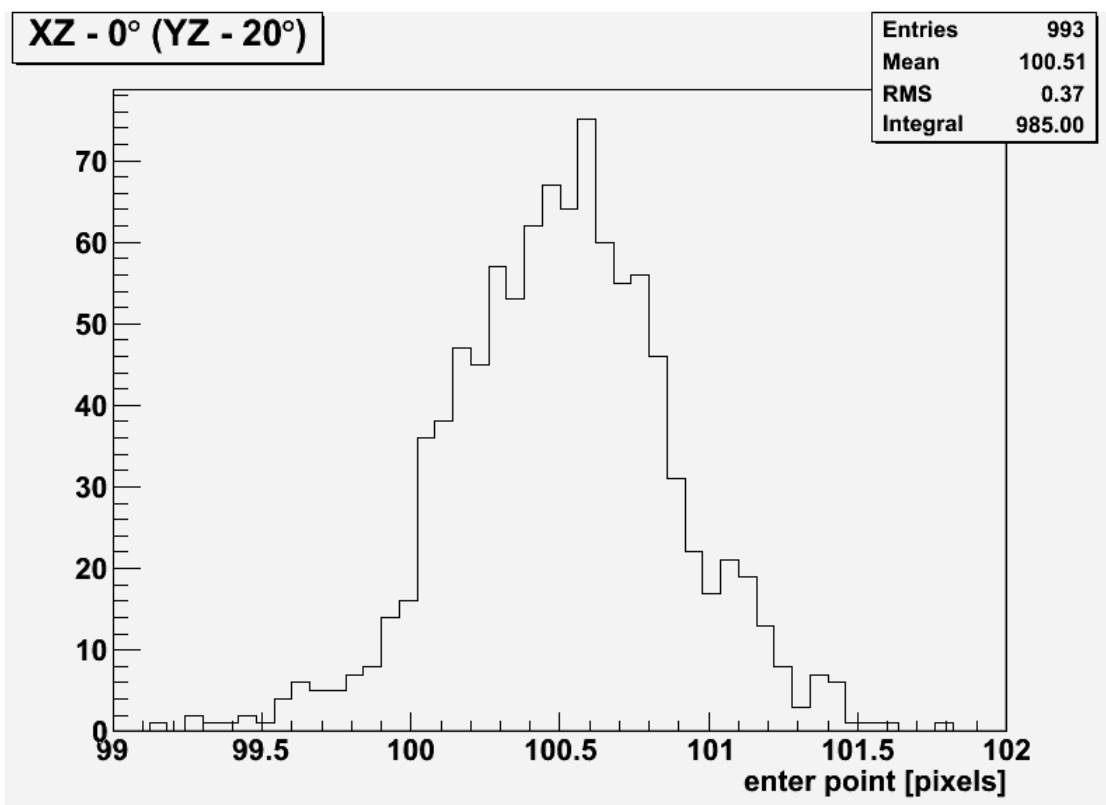


Рисунок 38 - Распределение восстановленных значений точки входа в плоскости XZ

Большой объем проведенного моделирования по определению траектории частицы при разных условиях позволил установить связь между точностью определения углов и точки входа частицы и значениями углов θ и φ . При заданных размерах пикселя 200x100 мкм, наихудшее разрешение как по углам, так и по точке входа получается в случае, когда оба угла равны 0. Увеличение хотя бы одного угла дает резкое улучшение точности. На рисунке 39 представлены зависимости RMS угла φ и RMS точки входа в плоскости XZ от величины угла θ .

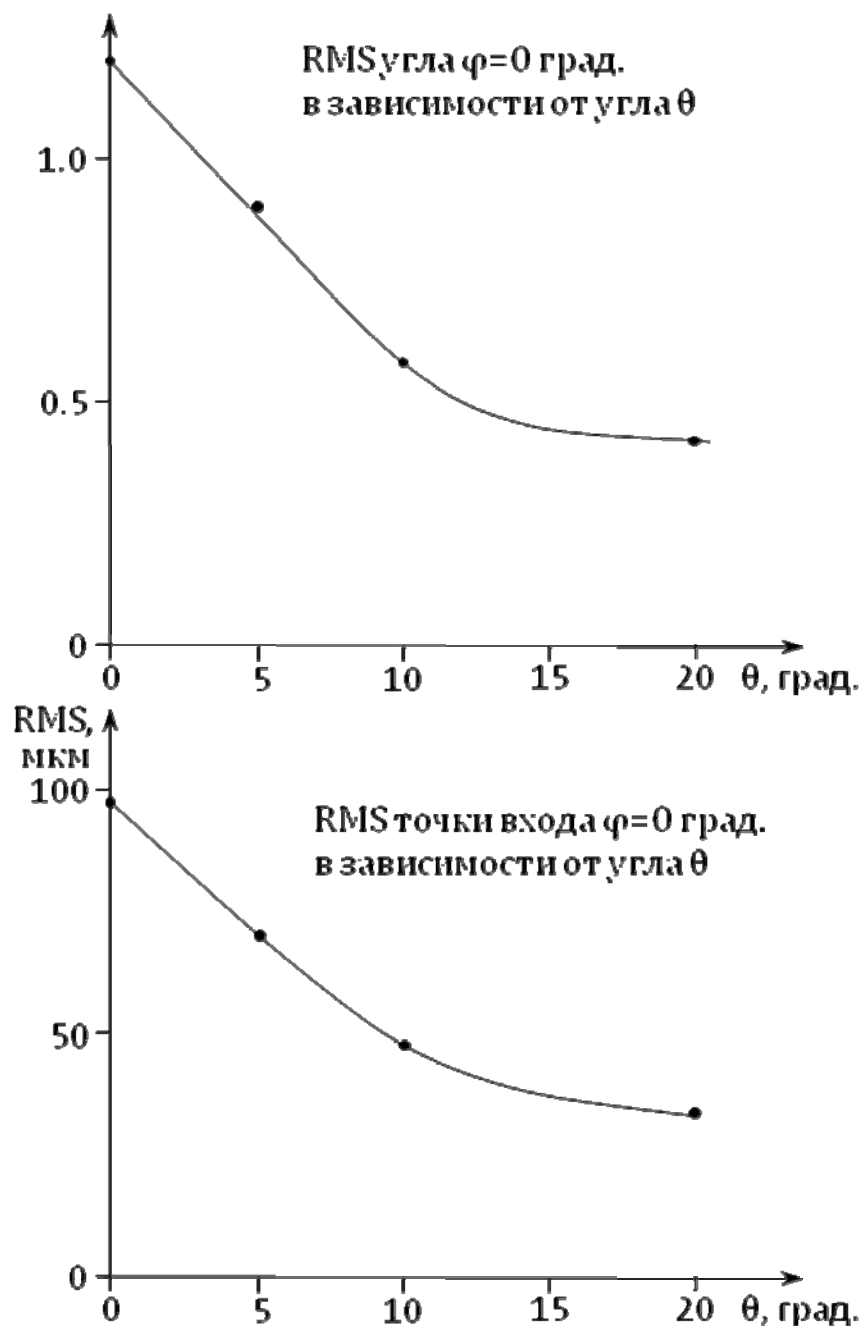


Рисунок 39 - Зависимости RMS угла φ и RMS точки входа в плоскости XZ от величины угла θ

Видно, что при возрастании угла θ от 0 до 20° RMS определения угла φ улучшается почти в 3 раза от 1,2° до 0,42°.

Аналогичная зависимость наблюдается между величиной угла θ и RMS определения точки входа. Здесь точность улучшается тоже почти в три раза с 98 мкм до 34 мкм. Подобная же, хотя и более слабая зависимость наблюдается между точностью определения угла θ и точки входа в плоскости YZ и величиной угла φ , что хорошо видно из рисунка 40.

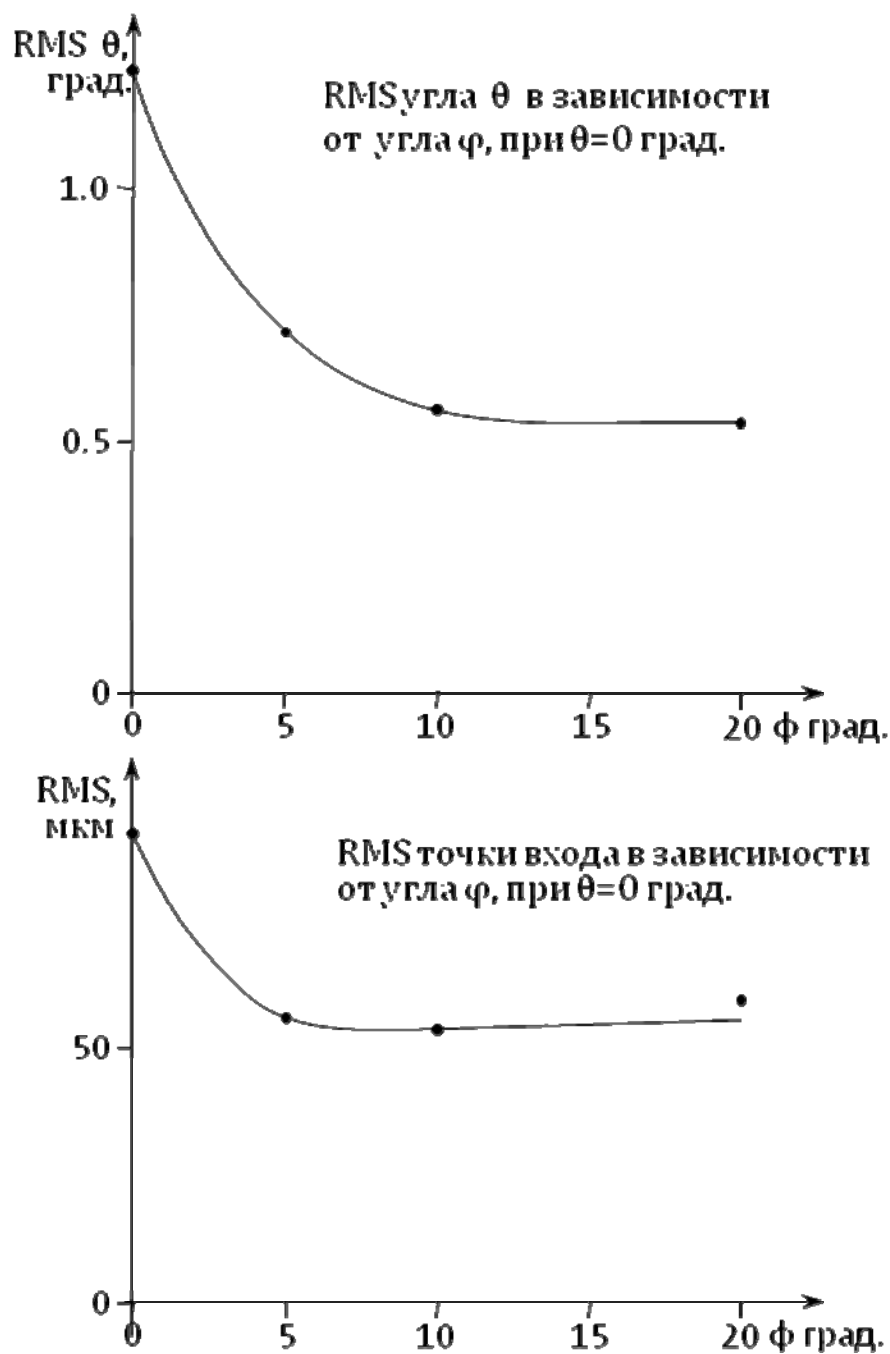


Рисунок 40 - Зависимость точности определения угла θ и точки входа в плоскости YZ от величины угла φ

Объясняется этот эффект, скорее всего, удлинением траектории частицы в газе и соответствующим возрастанием числа электронов и числа вовлеченных в определение траектории пикселей.

Применение алгоритма для быстрой идентификации трека частицы возможно при быстрой передаче координат сработавших пикселей в цифровую накопительную систему (pipe-line), расположенную на двух краях

чипа, где она анализируется отсчет за отсчетом с тем же периодом 25 нс. В этом случае алгоритм обработки данных реализуется на аппаратном уровне.

Примерная схема организации считывания и накопления данных представлена на рисунке 41.

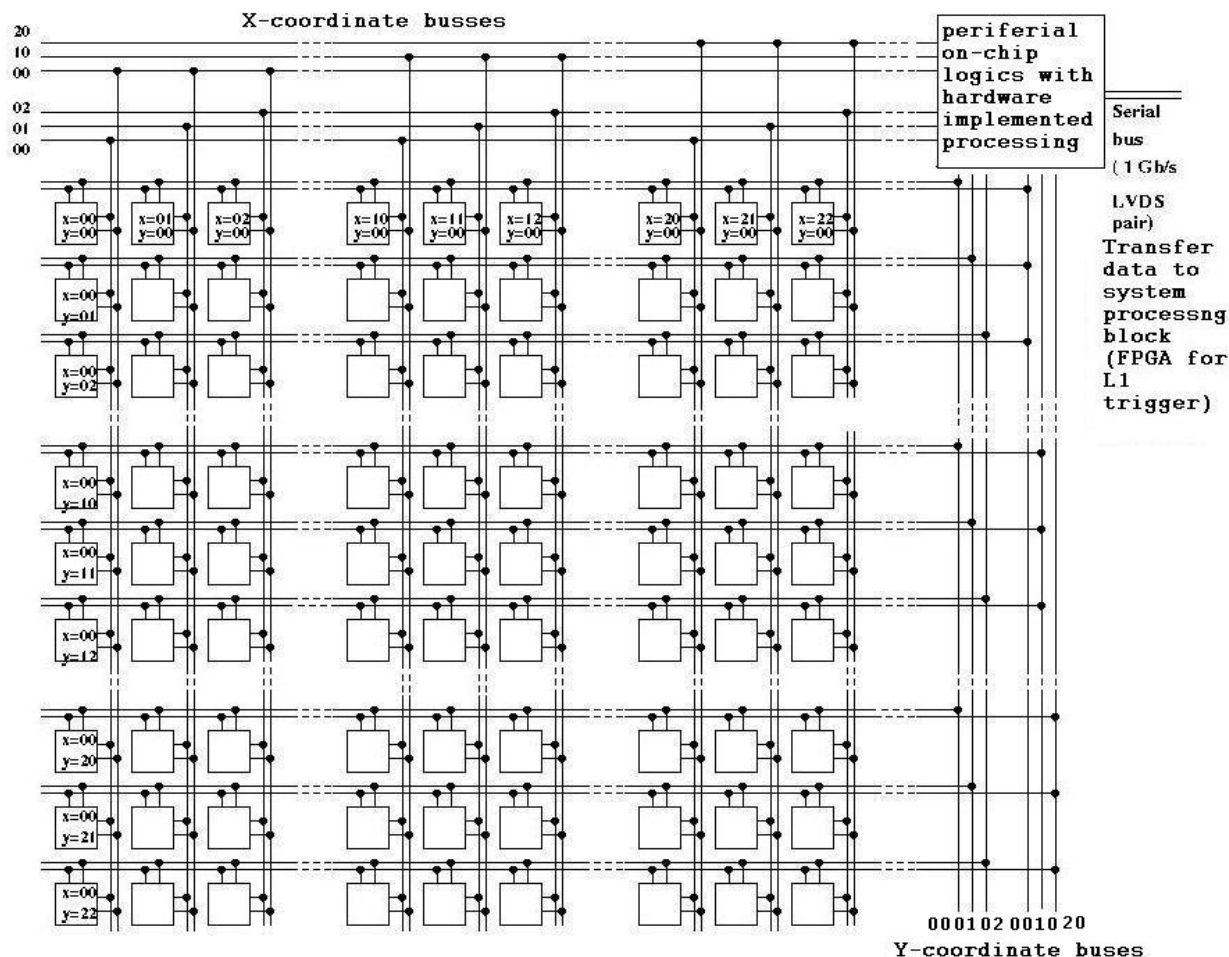


Рисунок 41 - Примерная схема организации считывания и накопления данных

Минимум 8 циклов (200 нс) требуется, чтобы собрать в накопителе полную информацию о сработавших пикселях, относящуюся к данной частице.

Однако обработка информации, полученной в данном цикле, начинается сразу после прихода информации от следующего цикла. Т.е. процессы накопления и предварительной обработки идут одновременно.

Предполагается, что, примерно, то же самое время (200 нс) потребуется, чтобы определить углы θ и φ , обе координаты точки входа и время прихода частицы (номер цикла).

Планируется, что вся эта информация, включая собственный номер самого чипа, будет закодирована и передана последовательным кодом в центр обработки и формирования триггера по линии Serial Bus не позже, чем через 500 нс после прихода частицы.

9 Настройка экспериментальной установки для исследования характеристик жидкоаргоновых калориметров^{*)}

Экспериментальная установка для исследования характеристик модулей жидкоаргоновых калориметров расположена на канале №23 ускорителя У-70 ФГБУ ГНЦ ИФВЭ. Установка введена в эксплуатацию, на ней был также выполнен комплекс пуско-наладочных работ. Акт ввода установки в эксплуатацию и акт о завершении пуско-наладочных работ приведены в Приложении Г.

10 Результаты исследования характеристик торцевых калориметров и переднего калориметра установки АТЛАС на ускорителе У-70 ФГБУ ГНЦ ИФВЭ^{*)}

10.1 Зависимость формы импульса от интенсивности пучка^{*)}

Для каждой интенсивности пучка были набраны данные при различных напряжениях на электродах, перекрывающих весь рабочий диапазон. Сигналы усреднялись, а их амплитуда нормировались на единицу.

На рисунках 42 и 43 показаны результаты для модулей ЕМЕС и НЕС, а на рисунках 44 и 45 – для модулей FCAL с зазором 269 и 119 мкм.

^{*)} Работа выполнена иностранным партнёром.

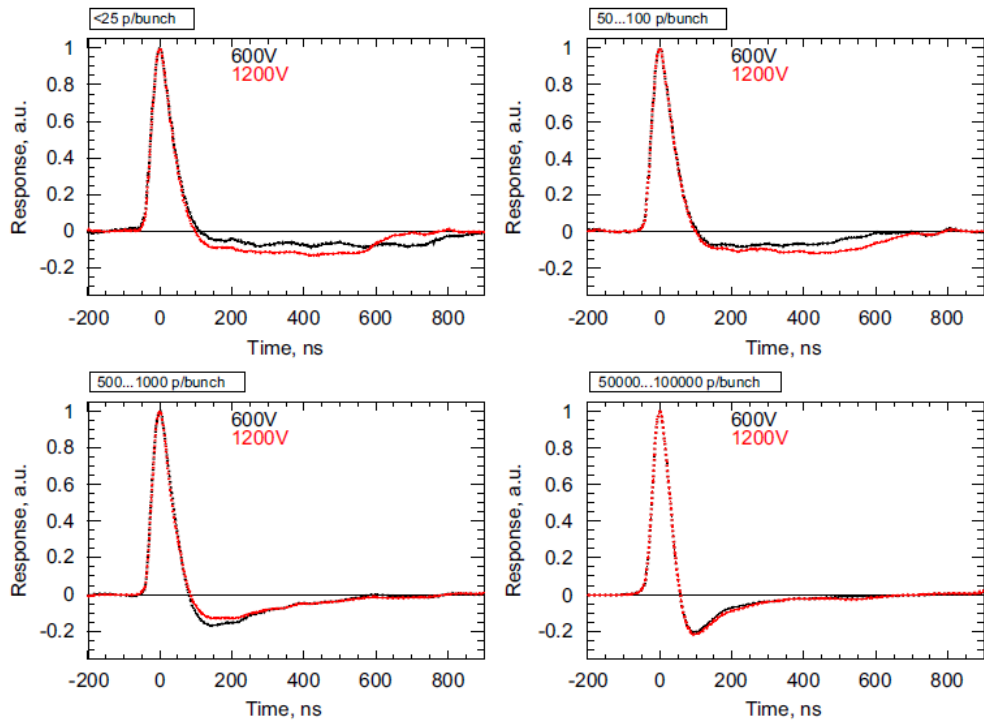


Рисунок 42 - Нормированная форма импульсов с модуля ЕМЕС для четырёх диапазонов интенсивности и напряжений 600 и 1200 В

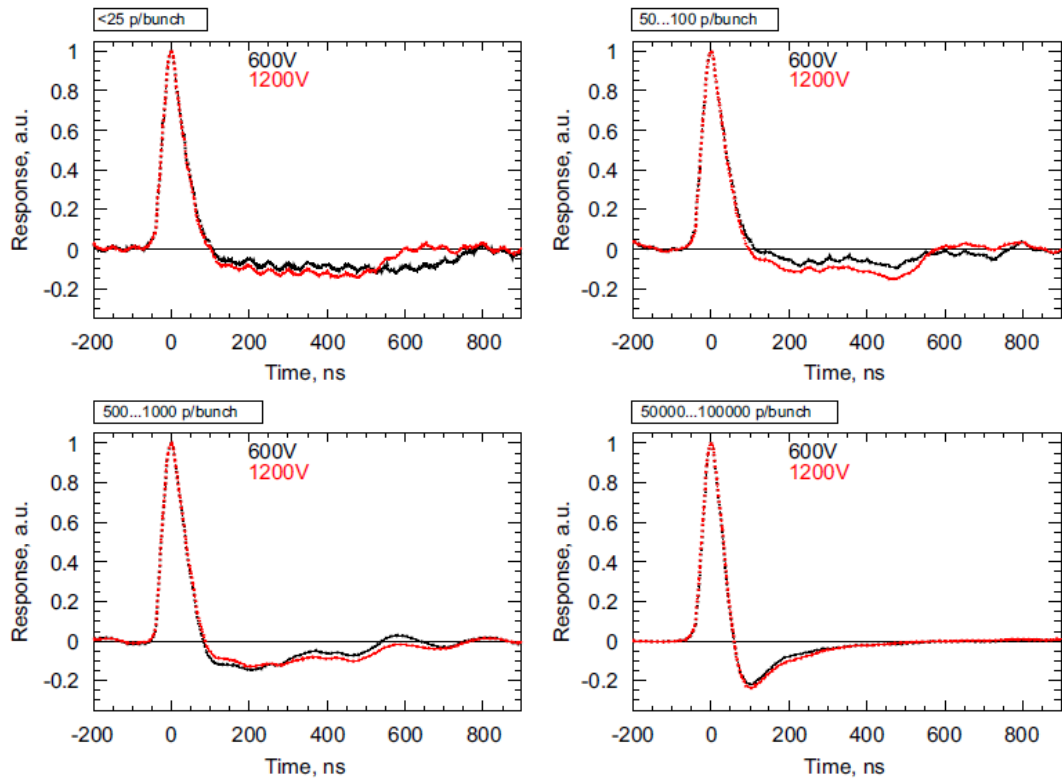


Рисунок 43 - Нормированная форма импульсов с модуля НЕС для четырёх диапазонов интенсивности и напряжений 600 и 1200 В

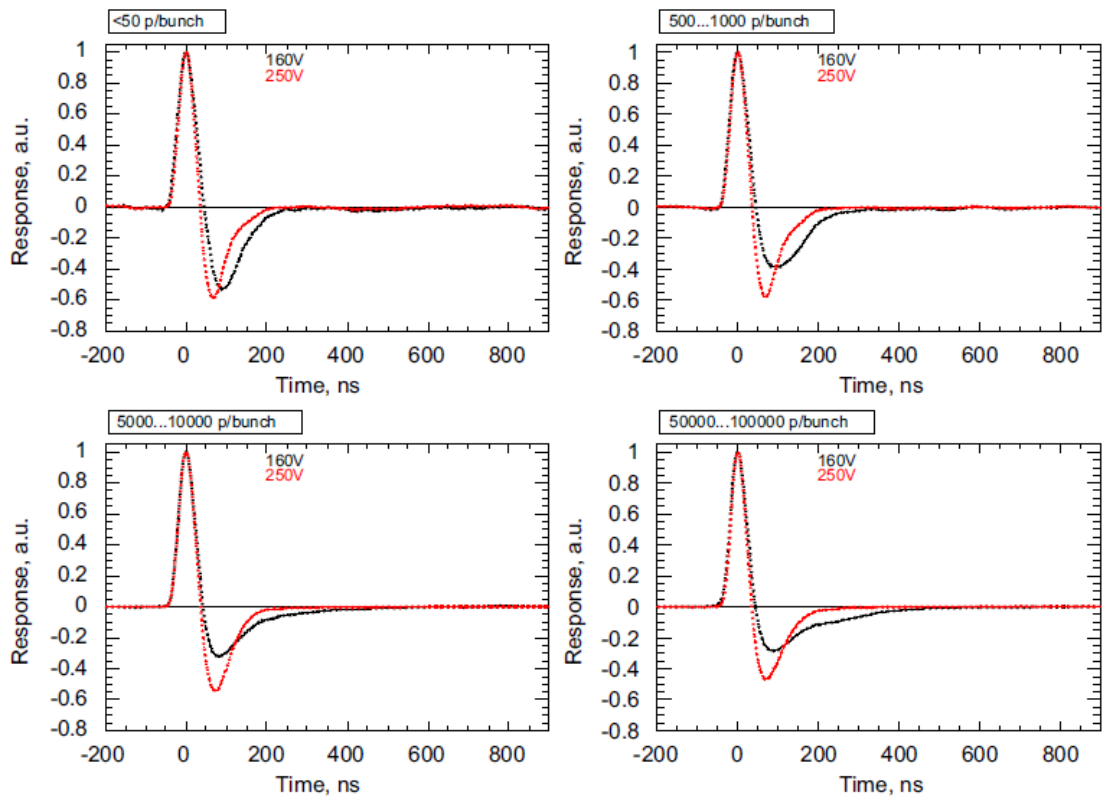


Рисунок 44 - Нормированная форма импульсов с модуля FCAL-250 для четырёх диапазонов интенсивности и напряжений 160 и 250 В

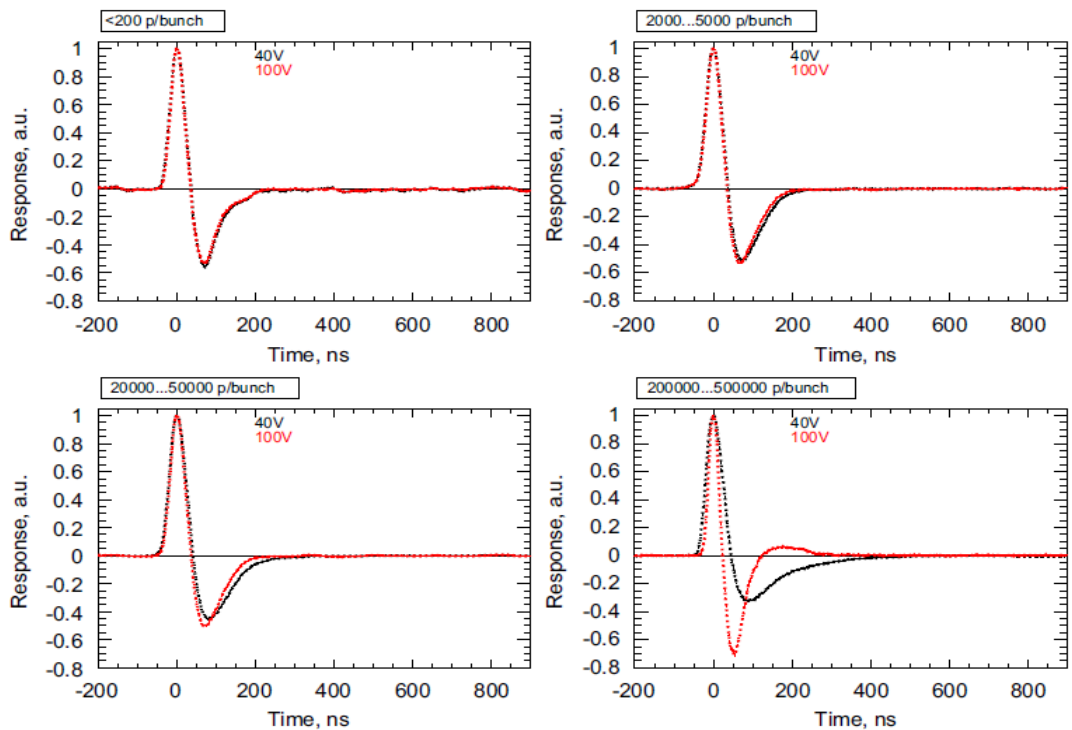


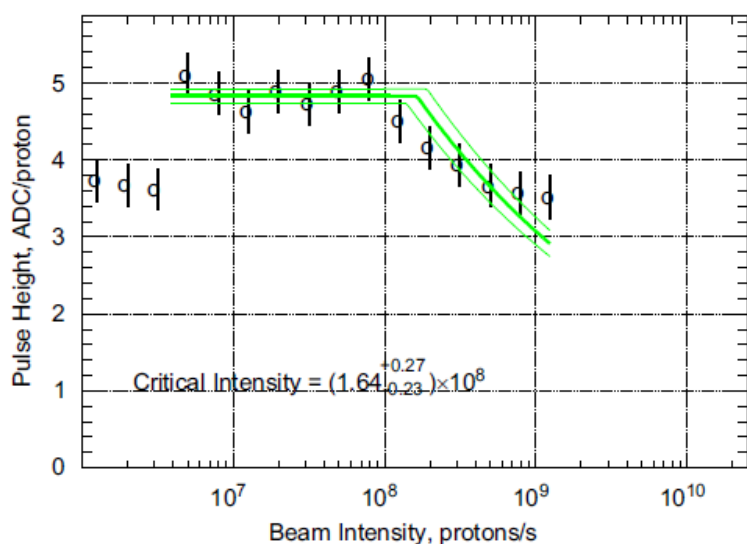
Рисунок 45 - Нормированная форма импульсов с модуля FCAL-100 для четырёх диапазонов интенсивности и напряжений 40 и 100 В

На рисунках виден когерентный шум, связанный, по-видимому, с плохим заземлением или недостаточной фильтрацией в цепи высокого напряжения. Сильнее всего этот эффект проявляется на малых сигналах, в особенности – в модуле НЕС. Тем не менее, отрицательная полуволна сигнала ведёт себя в соответствии с ожиданиями. При малых интенсивностях отчётливо видна разница в её длине, связанная с изменением скорости дрейфа электронов в зависимости от приложенного электрического поля.

При увеличении интенсивности происходит сокращение её длительности, как и следует из результатов моделирования накопления пространственного заряда. При интенсивности выше критической уменьшается длительность и положительной полуволны импульсов. В модулях FCAL исходный треугольный импульс короток по сравнению с постоянной времени формирователя, поэтому сокращение длительности положительной части сигнала менее заметно.

10.2 Зависимость амплитуды импульса от интенсивности пучка^{*)}

Простая модель (при достаточно малой скорости объемной рекомбинации) предсказывает, что амплитуда сигнала на один протон постоянна при интенсивности меньше критической, а при её превышении спадает по закону $\sim(1/I)^{1/4}$. На рисунках 46-49 показаны результаты измерения зависимости амплитуды сигналов от интенсивности и её фита указанной



МОДЕЛЮ.

Рисунок 46 - Зависимость амплитуды сигнала с модуля ЕМЕС от интенсивности пучка при напряжении на электродах 1200 В

^{*)} Работа выполнена иностранным партнёром.

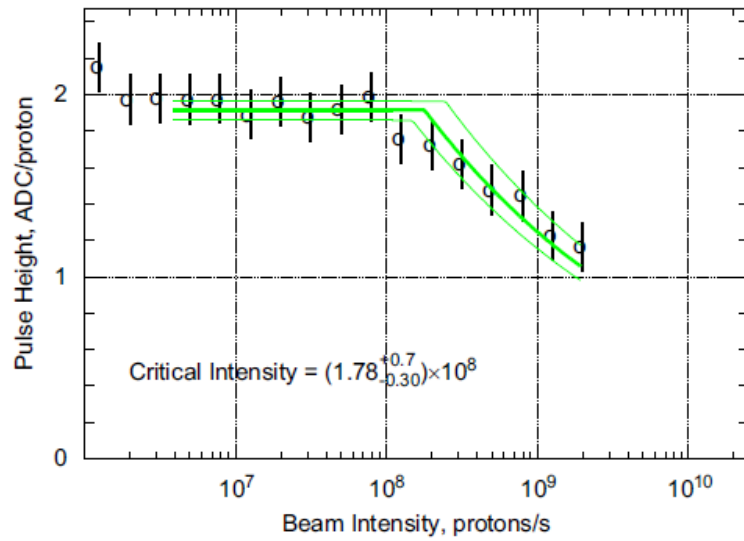


Рисунок 47 - Зависимость амплитуды сигнала с модуля НЕС от интенсивности пучка при напряжении на электродах 1200 В

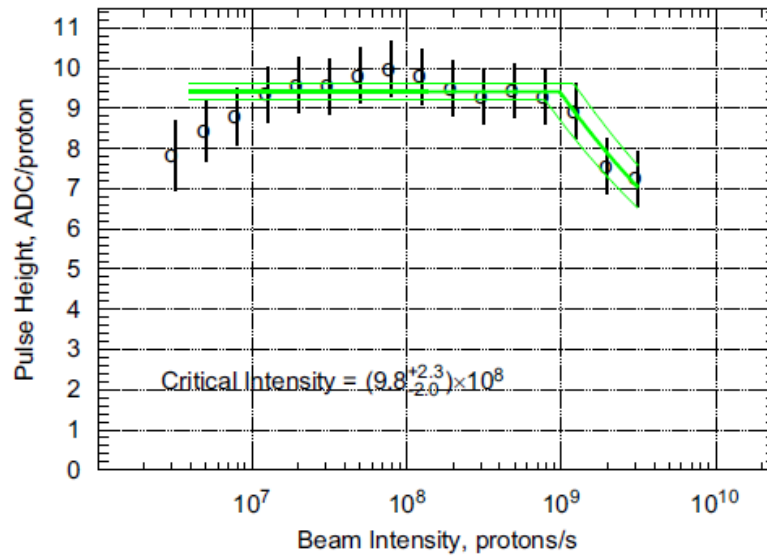


Рисунок 48 - Зависимость амплитуды сигнала с модуля FCAL-250 от интенсивности пучка при напряжении на электродах 250 В

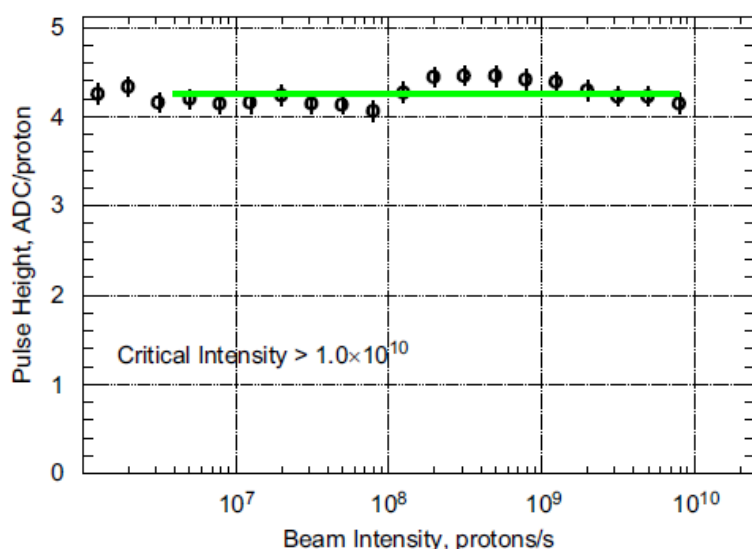


Рисунок 49 - Зависимость амплитуды сигнала с модуля FCAL-100 от интенсивности пучка при напряжении на электродах 100 В

Результаты фита представлены в таблице 5.

Таблица 5. Параметры фита зависимостей амплитуды сигнала от интенсивности пучка для различных модулей

	Амплитуда, отсчётов АЦП на протон	Критическая интенсивность, протонов/сек
EMEC	4,8±0,1	$[(1.64]_{-0.22}^{+0.27}) \cdot 10^8$
HEC	1,92±0,05	$[(1.78]_{-0.3}^{+0.7}) \cdot 10^8$
FCAL-100	9,4±0,2	$[(9.2]_{-0.2}^{+0.3}) \cdot 10^8$
FCAL-250	4,26±0,03	$>10^{10}$

11 Разработка комплектующих элементов для трековых детекторов для новых малых колёс мюонного спектрометра ATLAS

В рамках работ по модификации установки ATLAS разрабатывались различные типы микроканальных детекторов. К ним относятся, как газовые пиксельные детекторы для внутреннего детектора ATLAS, так и детекторы для обеих технологий Нового Мюонного Кольца включая детекторы NSW Micromegas и small Thin Gap Chambers sTGC.

^{*}) Работа выполнена иностранным партнёром.

11.1 Газовые Пиксельные Детекторы (ГПД)

ГПД - это газовый пиксельный детектор, в котором считывающий пиксельный чип принимает участие в процессе детектирования частицы.

Принцип работы ГПД общий для MicroMegas технологии и проиллюстрирован на рисунке 49.

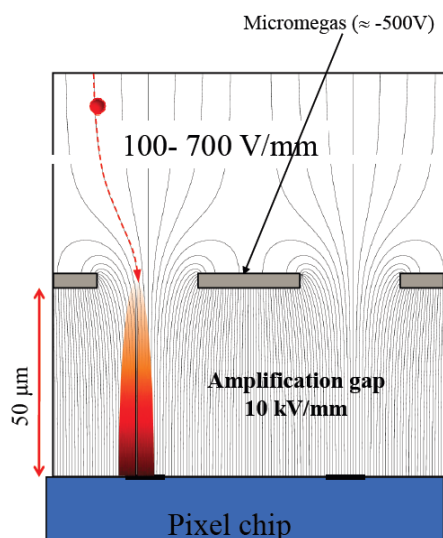


Рисунок 49 - Принцип работы камер типа MicroMegas на примере газового пиксельного детектора

В дрейфовом объеме, заполненном газом, вдоль трека пролетающей частицы рождаются электрон-ионные пары. Благодаря электрическому полю электроны дрейфуют к сетке и затем собираются в ее отверстиях. К сетке приложено напряжение -500 В относительно заземленного анода (пиксель или стрип в стандартной технологии), создавая сильное поле в 50-100 микронном лавинном промежутке. В результате каждый электрон, попадающий в отверстие сетки, создает электронную лавину с амплитудой, достаточной для того, чтобы быть зарегистрированным электроникой (в данном контексте пикселя). Регистрируя изображение на плоскости чипа и время прихода сигнала заряда лавины, можно восстановить сегмент трека частицы в 3х измерениях. По существу ГПД это время-проекционная камера, чувствительная к каждому электрону.

Устройство газового пиксельного детектора показано на рисунках 50 и 51. На пиксельный чип (размер пикселя 55x55 мкм) наносится покрытие, которое является изолятором и предохраняет его от пробоев. Затем промышленным способом наносится многослойное покрытие, из которого после травления образуются сетка и ее поддержки (рисунок 51). После отбора

чипов они капсулируются и верхняя крышка служит катодом и формирует дрейфовое поле.

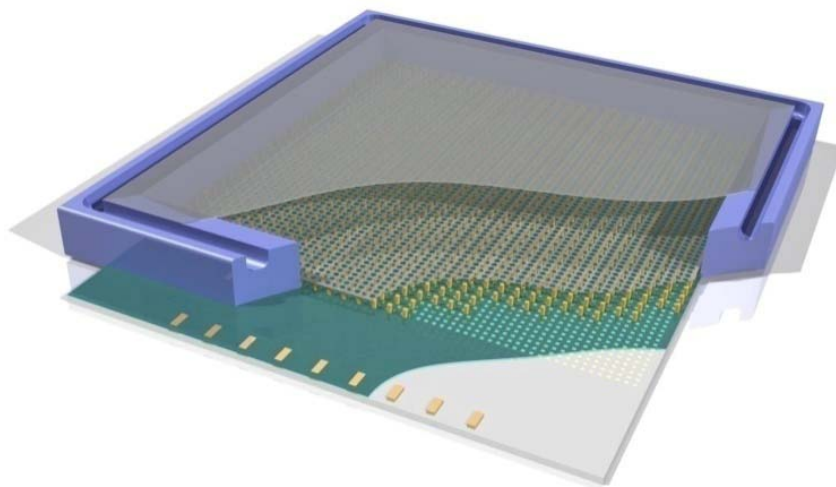


Рисунок 50 - Схематическое устройство ГПД

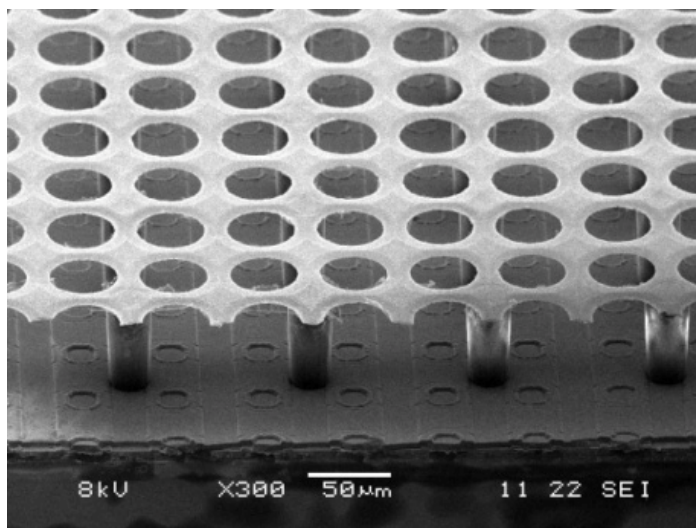


Рисунок 51 - Поверхность пиксельного чипа после процесса травления и формирования усилительного промежутка

Схема включения камеры приведена на рисунке 52. Однородность дрейфового поля гарантирует потенциальный делитель, который оканчивается охранным кольцом. Отдельное напряжение (около 500 В) подается на сетку. Поверхность чипа находится под потенциалом земли.

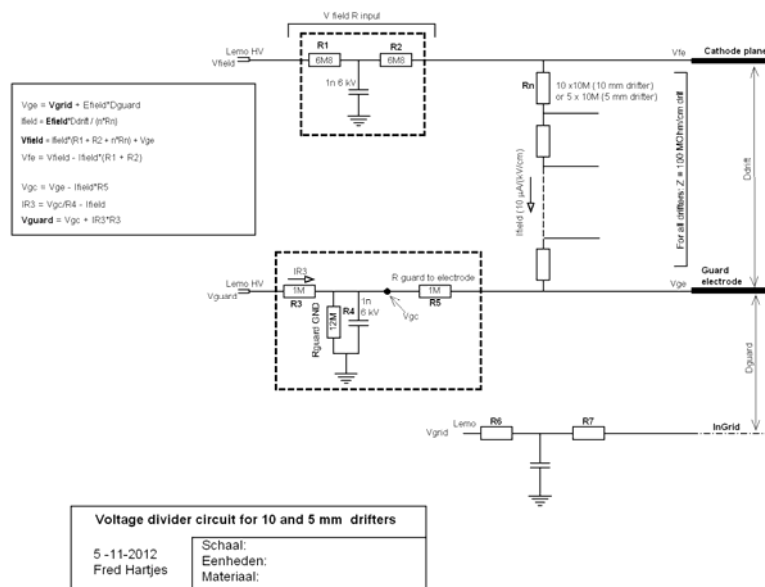


Рисунок 52 - Электрическая схема включения ГПД

11.2 Детекторы для Нового Мюонного Кольца (NSW): Micromegas и small Thin Gap Chambers (sTGC)

Новое мюонное кольцо будет изготавливаться из секторов, которые сконфигурованы из детекторов Micromegas и sTGC. На рисунке 53 показана принципиальная конструкция NSW, а на рисунке 54 принципиальная композиция детекторов в одном секторе мюонного кольца. Сектор будет состоять из 8 слоев sTGC. Эти камеры сделаны в виде пакетов по 4 слоя и между двумя такими пакетами размещены 8 слоев камер Micromegas.

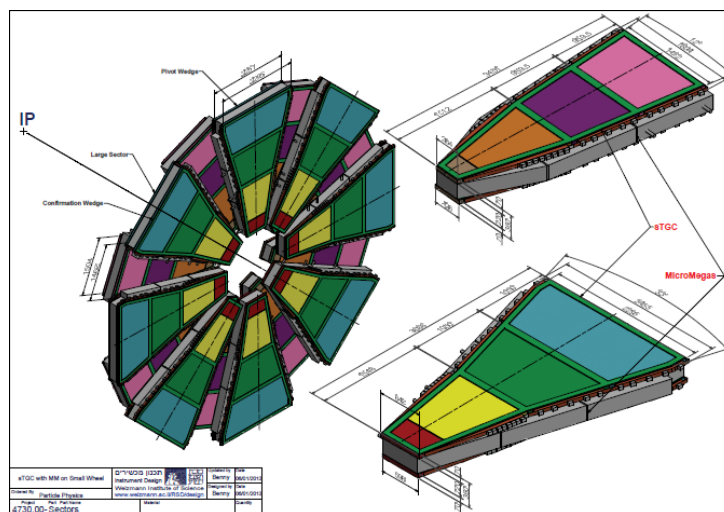


Рисунок 53 - Принципиальная конструкция NSW

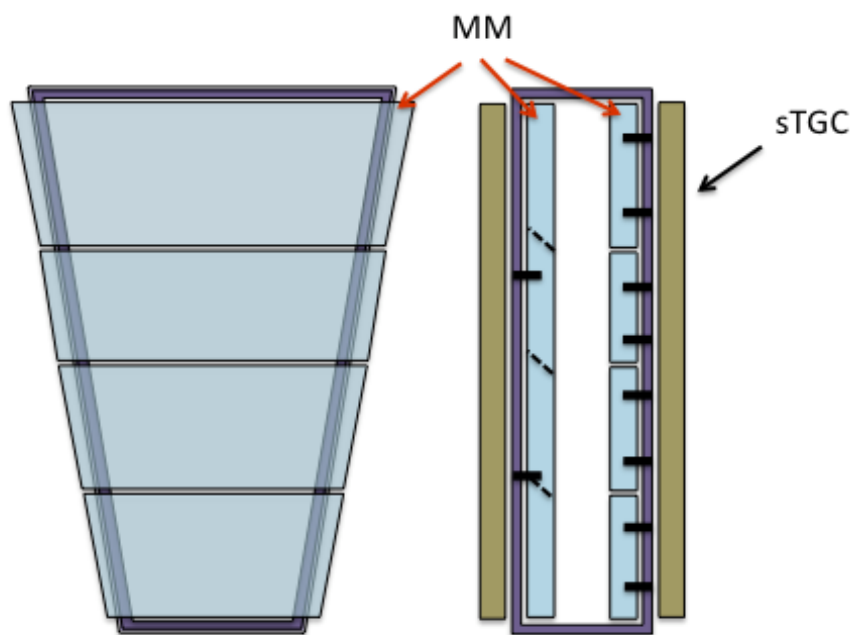


Рисунок 54 - Композиция сектора мюонного кольца

Камеры Micromegas и sTGC собираются в виде сборок по 4 камеры, как показано на рисунках 55 и 56.

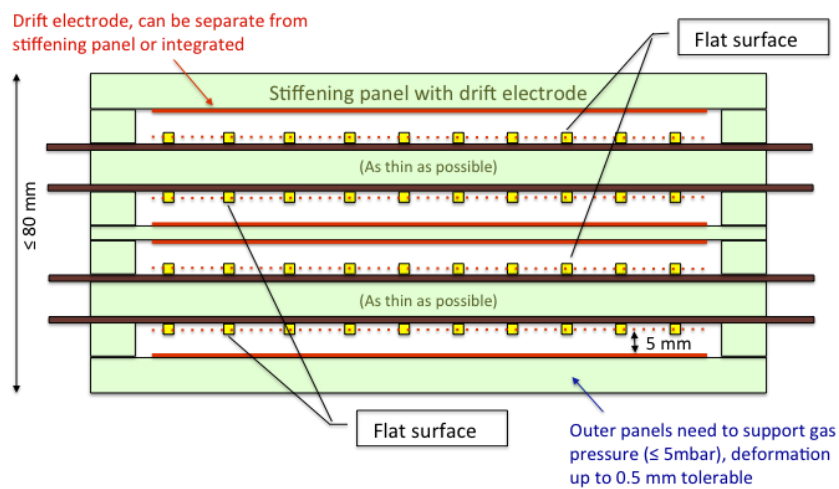


Рисунок 55 - Пакет 4х камер Micromegas

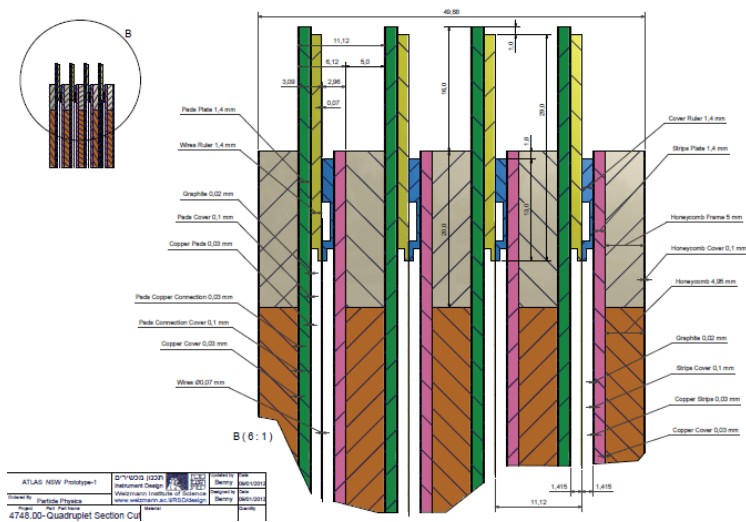


Рисунок 56 - Пакет 4х камер sTGC

Эскизная документация для элементов описанных в этом разделе детекторов представлена в Приложении К.

11.2.1 Детекторы Micromegas

Принцип работы детекторов Micromegas такой же, как газовых пиксельных детекторов, однако их производство использует другие технологии. На рисунке 57 схематически показано устройство детекторов Micromegas.

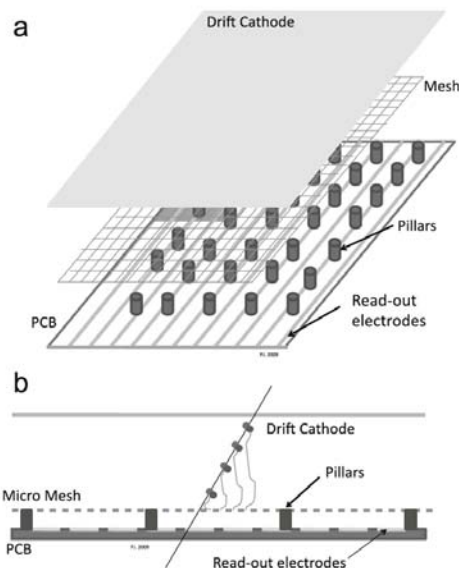


Рисунок 57 - Устройство детекторов Micromegas.

В данном случае считывание сигналов происходит с анодных полосок шириной 0,4 мм. Сетка производится отдельно и наклеивается на поддержки, которые определяют размер усилительного промежутка.

В настоящее время отрабатывается технология Micromegas камер большого размера (рисунок 58).



Рисунок 58 - Прототип камеры Micromegas размером 1x1 м² который был испытан на пучке частиц

11.2.2 Детекторы sTGC

Принципиальное устройство камеры, которая была испытана на пучке, показано на рисунке 58. Это проволочная камера с зазором 1,4 мм с каждой стороны плоскости камер. Шаг между проволоками 1,8 мм. Координата измеряется при помощи полосок шириной 3,2 мм, нанесенных на одном из катодов.

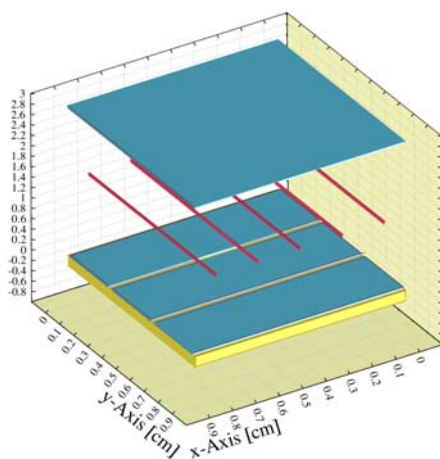


Рисунок 58 - Принципиальное устройство sTGC

Были изготовлены полномасштабные прототипы таких камер и испытаны на пучках частиц. Два пакета камер sTGC показаны на рисунке 59.

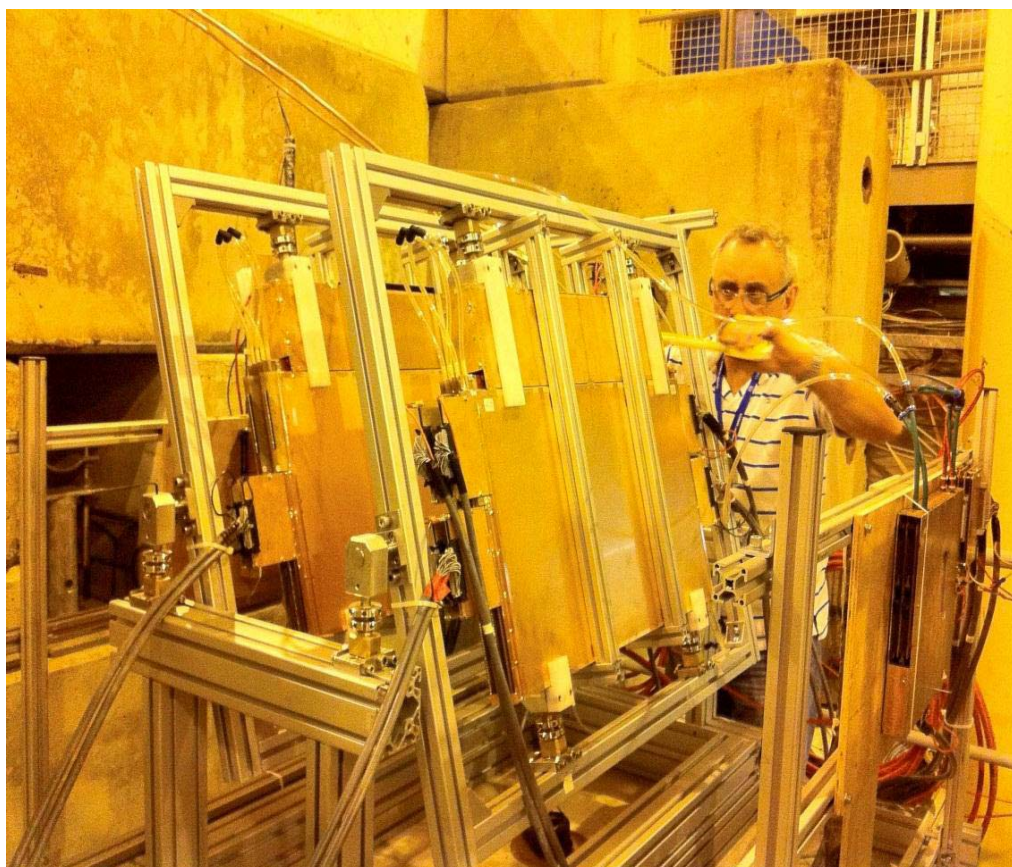


Рисунок 59 - Испытание sTGC камер на пучке частиц

- 12 Исследование характеристик детектирующих элементов трековых детекторов, выбранных для комплектации мюонного спектрометра АТЛАС^{*)}

^{*)} Работа выполнена иностранным партнёром.

В ноябре 2012 года на пучке H4 ускорителя SPS в ЦЕРН были проведены тестовые измерения с новыми прототипами газо-пиксельных детекторов (см. рисунки 60 и 61).

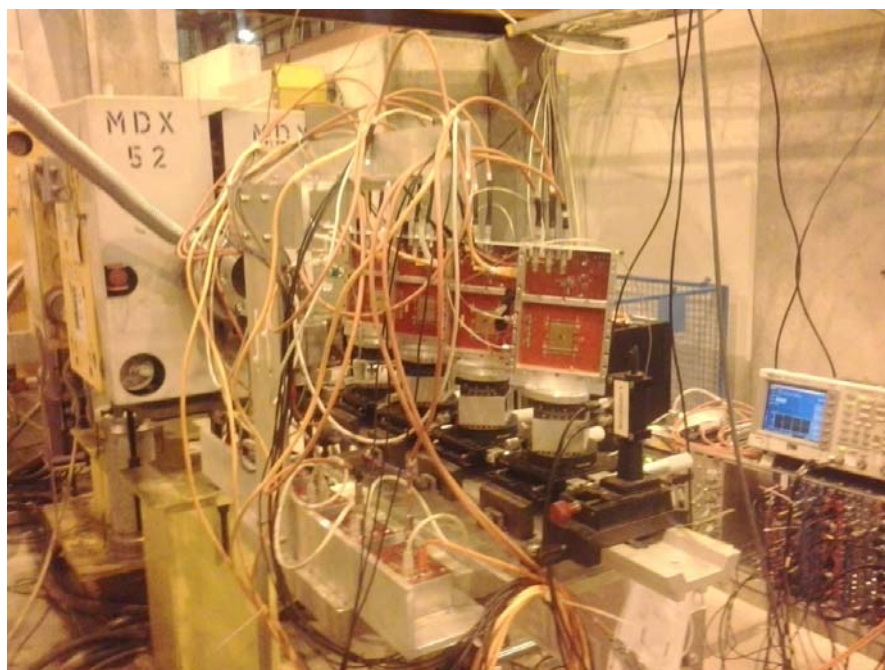


Рисунок 60 - В центре – четыре газо-пиксельных детектора на пучке H4 ускорителя SPS в ЦЕРН



Рисунок 61 - Сборка одного из газо-пиксельных детекторов (слева) и считывающей электроники (с правой стороны)

В этих измерениях изучалась работа нескольких детекторов с разной толщиной дрейфового газового промежутка, с различными газовыми

смесями, в различных режимах. Здесь приведены результаты обработки полученных данных и сравнение их с предсказаниями моделирования. Также описано программное обеспечение, разработанное для моделирования и анализа данных.

12.1 Тестовые испытания газо-пиксельных детекторов на пучке ускорителя SPS ЦЕРН

Испытывались несколько прототипов газо-пиксельных детекторов – с толщиной дрейфового промежутка 10 мм и 5 мм, заполненных газовыми смесями на основе DME (50% DME + 50% CO₂) и на основе аргона (93% Ar + 7% CO₂). Для каждой камеры проводились измерения с различными напряжениями в дрейфовом промежутке и в зоне газового усиления. Кроме этого, камеры ставились под разными углами по отношению к направлению пучка, что позволяло получать данные при разных длинах проекции трека на плоскость чипа и плотности ионизации вдоль этой проекции.

Основной особенностью газовой смеси на основе DME является низкая диффузия электронов ионизации в процессе их дрейфа. При максимальной напряженности поля 3,5 кВ/см, при которой проводились измерения, коэффициент поперечной диффузии составляет $T_{diff}=71$ мкм/(см)^{1/2}, а продольной $L_{diff}=95$ мкм/(см)^{1/2}. Это свойство позволяет получить максимально возможное пространственное и угловое разрешение при регистрации частиц. Кроме этого, измерения с такой смесью представляются наиболее удобными для сравнения экспериментальных данных с моделированием, поскольку процессы диффузии в меньшей степени «маскируют» другие сравниваемые эффекты – первичную ионизацию, процессы газового усиления, влияние регистрирующей электроники. С другой стороны, DME смесь является весьма огнеопасной. Поэтому ее использование в реальных детекторах большого объема представляется весьма проблематичным. Измерения с DME смесью преследовали, в основном, методические цели, отмеченные выше.

Смеси на основе аргона, напротив, очень широко применяются в газовых детекторах. Они хорошо изучены, дешевы, неогнеопасны, нетоксичны. Такие смеси являются хорошими кандидатами на применение в реальных больших установках. Однако диффузия в аргоне значительно выше, чем в DME. Так, для используемой нами смеси 93% Ar + 7% CO₂ при максимальной

используемой напряженности поля 1 кВ/см коэффициент поперечной диффузии составляет $T_{diff}=430 \text{ мкм}/(\text{см})^{1/2}$, а продольной $L_{diff}=195 \text{ мкм}/(\text{см})^{1/2}$. Отметим также, что в аргоновой смеси значительно выше скорость дрейфа электронов ионизации: 4,17 см/мксек по сравнению с 2,16 см/мксек в DME смеси.

На рисунках 62 и 63 приведены примеры регистрации частиц пучка в камерах на основе DME и Ar смесей соответственно.

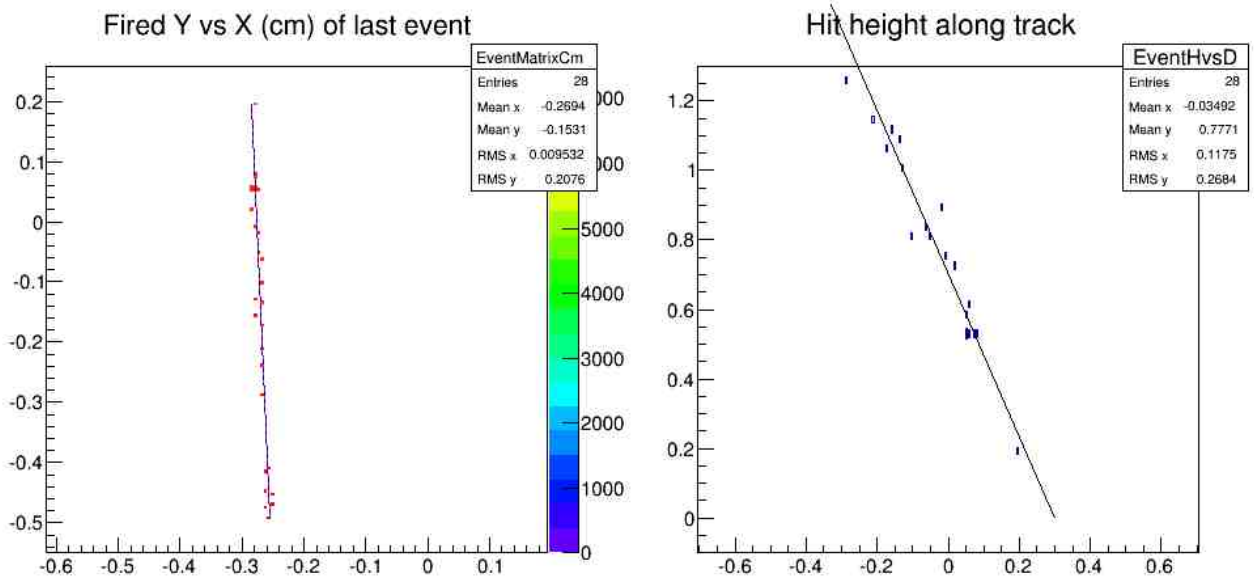


Рисунок 62 - Пример зарегистрированного в газо-пиксельном детекторе события в камере с DME смесью

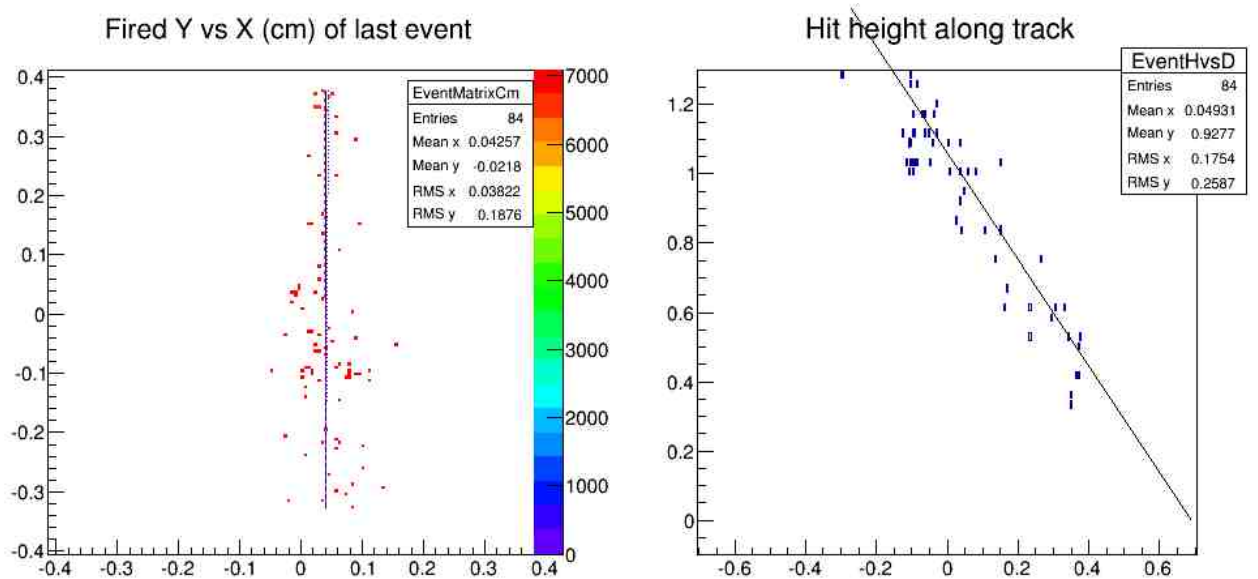


Рисунок 63 - Пример зарегистрированного в газо-пиксельном детекторе события в камере с аргонной смесью

Слева – в плоскости чипа. Здесь точки около отрезка реконструированного трека представляют собой координаты сработавших пикселей (в см). Справа – в плоскости, перпендикулярной чипу. По горизонтальной оси здесь также отложена координата пикселя, а по вертикальной оси – координата, восстановленная по измеренному времени дрейфа. Хорошо видно различие в разбросе измеряемых координат по отношению к треку, обусловленное разной диффузией в смесях.

При анализе данных с DME было обнаружено, что используемая в 2012 году смесь была не очень «чистой» и, по-видимому, содержала примеси, захватывающие электроны первичной ионизации во время их дрейфа. Это ясно видно из рисунка 64, где приведено сравнение «продольного профиля» проекции трека на чип для данных 2010 [18] и 2012 годов.

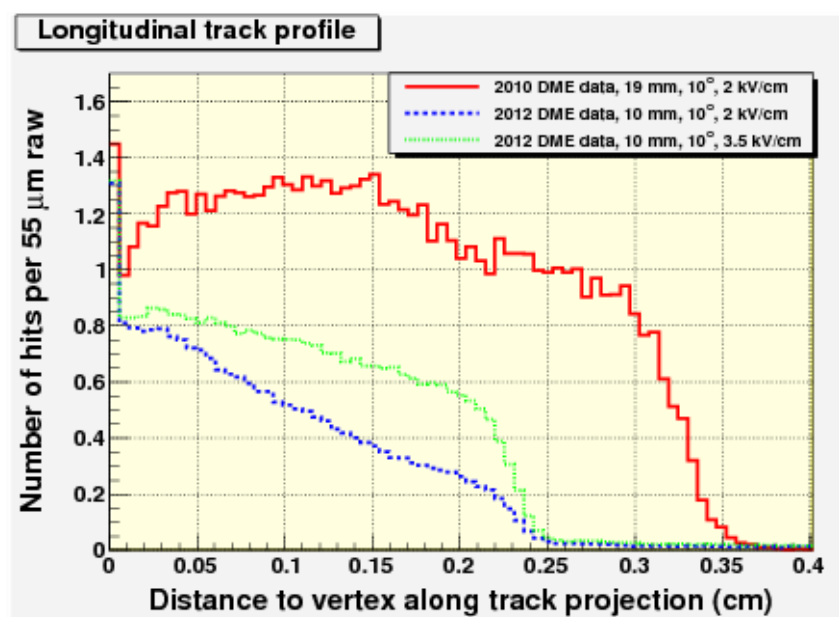


Рисунок 64 - Профили проекций трека на плоскости чипа для данных 2010 и 2012 годов в камерах с DME смесью

Здесь по оси X отложено расстояние до начала трека, а по Y – среднее число сработавших пикселей в одном их ряду на данном расстоянии. Профили трека для данных 2012 года, в отличие от данных 2010 года, показывают сильное падение числа сработавших пикселей при удалении от

начала трека, т.е. при увеличении длины дрейфа электронов ионизации. Степень этого падения, как можно видеть, зависит также от напряженности приложенного дрейфового поля: при меньшем поле увеличивается время дрейфа и сечение захвата, что приводит к более резкому падению.

Данный эффект, разумеется, приводит к некоторому ухудшению координатной и угловой точностей из-за уменьшения числа дошедших до зоны газового усиления первичных электронов ионизации и, соответственно, – количества сработавших пикселей – рисунки 65 и 66.

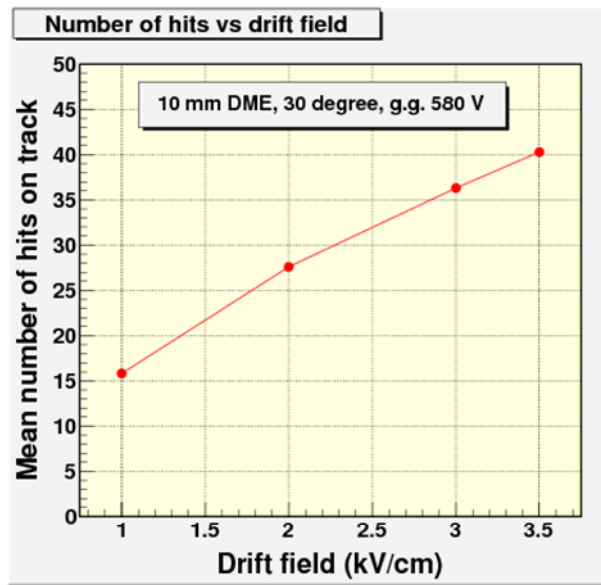


Рисунок 65 - Зависимость среднего числа сработавших пикселей на треке от напряженности дрейфового поля в камере с DME смесью

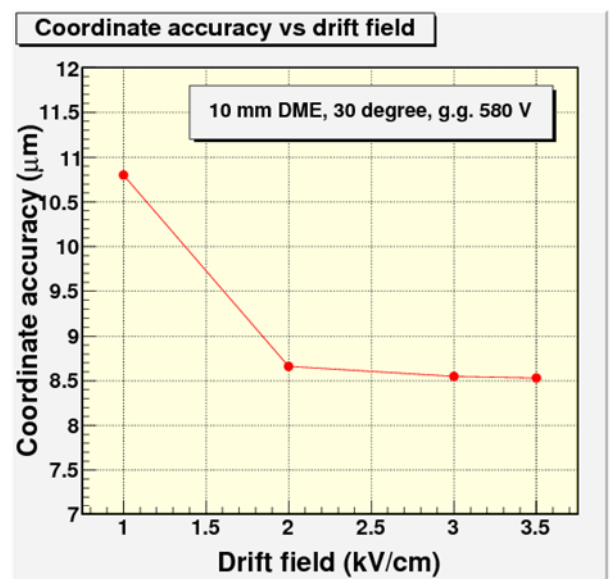
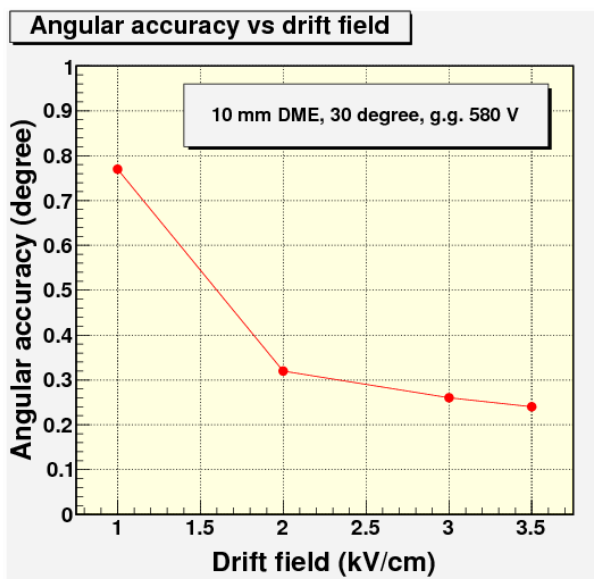


Рисунок 66 - Слева – угловая, справа – координатная точности восстановления трека в плоскости чипа в зависимости от напряженности дрейфового поля для камеры с DME смесью. Угол поворота камеры относительно пучка – 30°

С другой стороны, из рисунка 66 следует, что эта «недостача» числа сработавших пикселей при максимальных полях слабо отражается на точности восстановления угла и координаты трека – эти точности практически выходят на насыщение. Дело здесь в том, что точность восстановления угла определяется, главным образом, длиной проекции трека, а та не так сильно зависит от напряженности поля, как число сработавших пикселей. Захват первичных электронов ионизации в большей степени «прореживает» трек, чем влияет на длину проекции. Координатная же точность определяется, в основном, участком трека, близким к его «вершине» (точке пересечения траектории частицы с плоскостью чипа) – т.е. участком с наименьшей длиной дрейфа и, следовательно, наименее подверженным влиянию захвата.

При моделировании данный эффект в DME смеси был учтен подбором специального параметра – средней длины пробега электронов ионизации в процессе их дрейфа. В камерах с аргоновой смесью эффекта захвата первичных электронов ионизации не наблюдалось, и учитывать его при моделировании не было необходимости.

Малая диффузия и, как следствие, высокое пространственное разрешение в DME смеси позволило увидеть небольшую неоднородность электрического поля в дрейфовом промежутке камеры (рисунок 67).

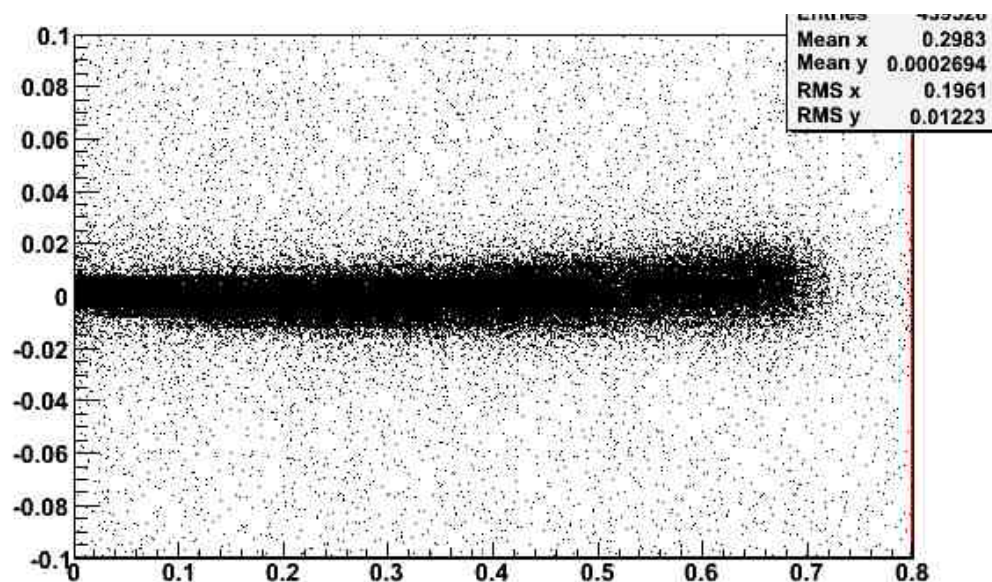


Рисунок 67 - Положение всех сработавших в данном сеансе измерений пикселей в «приведенной системе координат», связанной с положением реконструированного в событии трека. По оси X отложено расстояние до вершины трека, по оси Y – расстояние до оси трека, все – в см. Смесь на основе DME

Здесь координаты сработавших пикселей во всех событиях приведены в системе отчета, связанной с положением реконструированного трека. Другими словами, черная протяженная область представляет собой интегральный образ трека в плоскости чипа. Как можно видеть, форма этой области несколько искажена по сравнению с ожидаемой прямолинейной. Эта дисторсия объясняется небольшой неоднородностью дрейфового поля. Были проведены специальные исследования по изучению данной неоднородности и ее влияния на оцениваемые координатную и угловую точности. Показано, что неоднородность несколько увеличивается от центра камеры к ее краям. Влияние неоднородности на ухудшение координатной и угловой точностей оценивается в 7% и 16% соответственно для случая с максимальной длиной проекции (камера толщиной 10 мм под углом 30° по отношению к оси пучка). В случае меньшей длины проекции эффект неоднородности поля влияет на точности в меньшей степени. Для смеси на основе аргона данный эффект пренебрежимо мал по сравнению с влиянием поперечной диффузии – рисунок 68.

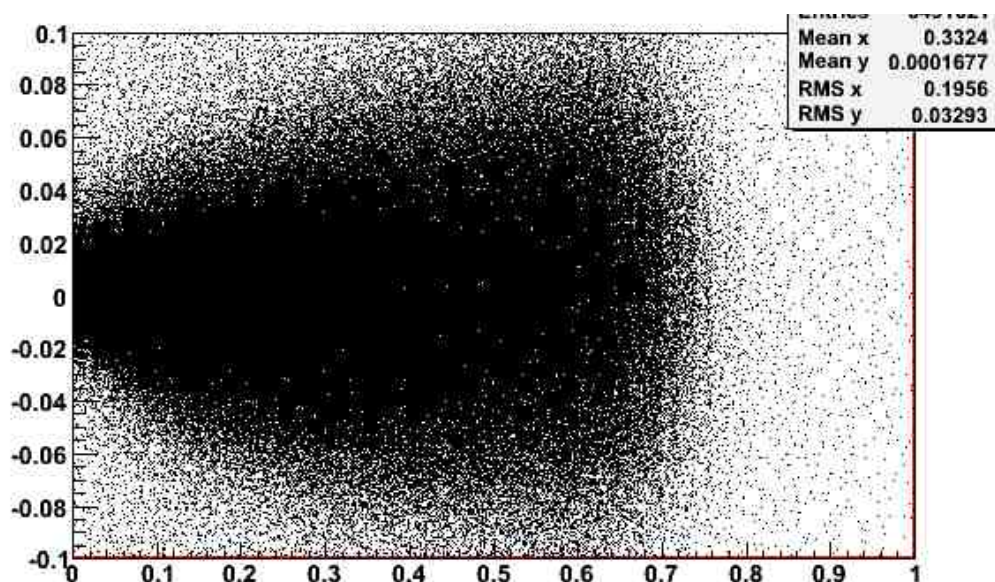


Рисунок 68 - То же, что и рисунок 67, смесь на основе аргона

В принципе, наблюдаемую неоднородность можно попытаться учесть при обработке экспериментальных событий, если из данных удастся определить карту дрейфового поля. Разработка такой процедуры значится в планах дальнейших работ.

12.2 Тестовые испытания мюонных детекторов на пучке ускорителя SPS ЦЕРН

Детектор sTGC (small Thin Gap Chambers) представляет собой новый тип тонкоззорных мюонных камер, обладающей существенно лучшим координатным разрешением, и при этом сохраняющим основные технические и механические параметры зарекомендовавшей себя TGC. Данный тип камер планируется применить в проекте Нового Мюонного Кольца (NSW) [19] для модернизации экспериментальной установки ATLAS. Устройство камеры которая, была испытана на пучке показано на рисунке 69 [20]. Основным отличием камеры от прошлых типов являются Strips – 3 мм полосы на катоде, которые, будучи подсоединенные к индивидуальным каналам электроники, позволяют достичь координатной точности 100 мкм.

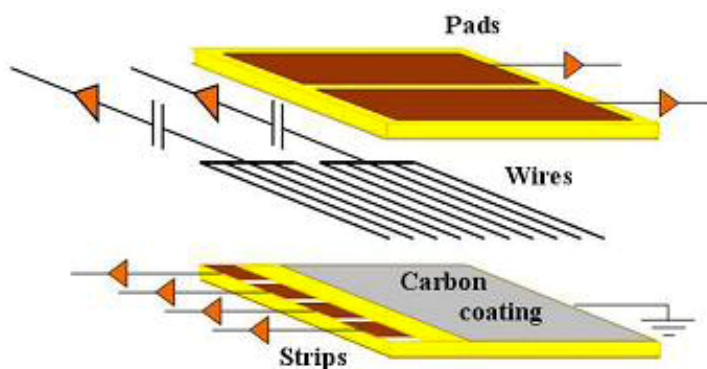


Рисунок 69 - Принципиальная схема детектора sTGC

В ноябре 2012 года на мюонном пучке H8 ускорителя SPS были испытана работа таких камер с использованием электроники VMM [21] и электроники с обычным считыванием, использующей стандартные зарядоцифровые преобразователи (QCD). Показано, что работа с новой высокоинтегрированной электроникой позволяет получать такие же результаты, как и со стандартной модульной электроникой.

При работе с VMM чипом были протестированы два метода. Метод 1 – это определение центра тяжести сигналов с соседних каналов по измерению пиковой амплитуды в этих каналах, если сигналы превышают заданные пороги. Метод 2 – это метод, когда сигнал, превышающий порог открывает считывание с соседних каналов даже тогда, когда сигнал в этих каналах ниже заданного порога (основная мода работы VMM чипа).

На рисунке 70 показана зависимость координатного разрешения для двух методов как функция напряжения на анодных проволочках.

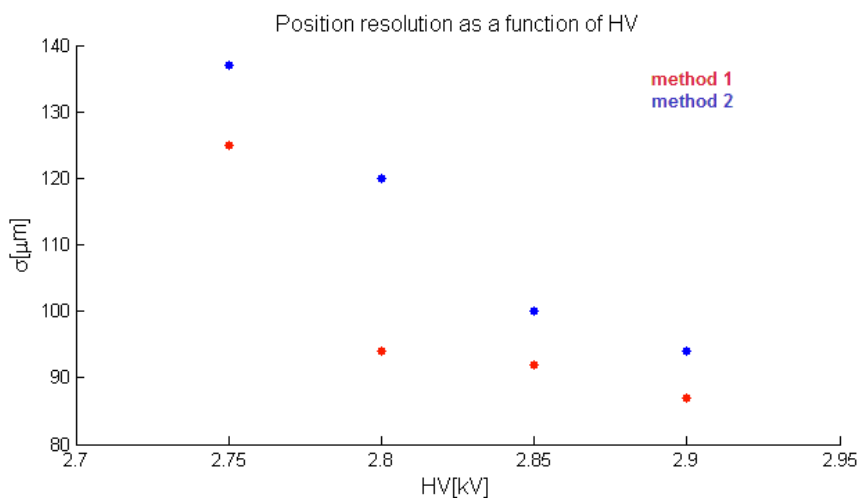


Рисунок 70 - Зависимость координатного разрешения от напряжения на анодных проволочках на камере для двух методов считывания микросхемой VMM

Рисунок 71 показывает эффективность камер с использованием разных методов.

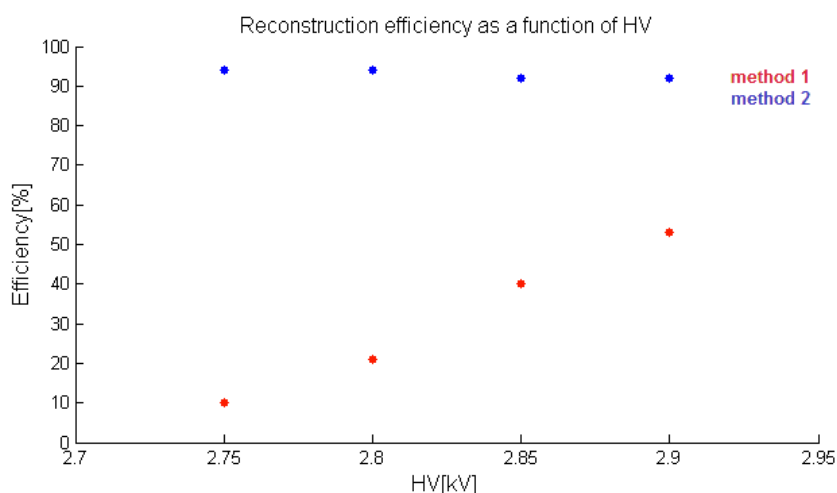


Рисунок 71 - Зависимость эффективности работы камеры от напряжения на анодных проволочках для двух методов считывания микросхемой VMM

Как видно из этих рисунков, хотя разрешение метода 2 немного хуже, его эффективность значительно лучше. Это связано с тем, что требование превышения порога для всех сигналов (Метод 1) сильно ограничивает число событий, которые ему отвечают.

12.3 Обработка и анализ экспериментальных данных, полученных в тестовых испытаниях прототипов детекторов

12.3.1 Программы для моделирования и обработки данных газо-пиксельных детекторов

Для моделирования газо-пиксельных детекторов и обработки данных с них разработано соответствующее программное обеспечение. Оно состоит из двух основных частей: программ моделирования детекторов с помощью метода Монте-Карло (МС), а также программ для обработки и анализа экспериментальных и смоделированных данных. Программа моделирования предназначена для описания геометрии детектора и основных физических процессов, происходящих в нем при прохождении регистрируемой частицы. Информация, полученная программой моделирования, сохраняется в файле с данными, предназначенном для дальнейшей обработки. Формат файла с

моделируемыми данными совместим с форматом, используемом в системе сбора данных DAQ при съеме информации с реального чипа. Таким образом, программа обработки может работать как с экспериментальными, так и с моделированными данными. Собственно обработка заключается в процедуре восстановления траектории регистрируемой частицы, исходя из информации, полученной с пиксельного детектора. Процедура состоит в проведении трека и определения его параметров: углов наклона по отношению к детектору и точки пересечения с плоскостью чипа.

Для оценки координатной и угловой точностей необходимо сравнение соответственно координат и углов, полученных в результате реконструкции трека, с истинными значениями этих параметров. В МС эти истинные значения известны. Однако в экспериментальных тестовых измерениях в пучке мы не имели внешних детекторов, которые определяли бы истинное положение и направление регистрируемой частицы с точностью, намного лучшей точности испытываемого газо-пиксельного детектора. В этом случае используется т.н. техника четно-нечетного трека. В данной процедуре определяются параметры двух треков: в реконструкции одного из них принимает участие только около половины сработавших пикселей (скажем, лежащих в четных рядах матрицы), а при реконструкции второго трека – другая половина пикселей, лежащих в нечетных рядах. Оценкой точности является разность соответствующих углов или координат этих двух реконструированных треков, деленная на два.

За отчетный период в программы моделирования и реконструкции событий были внесены следующие изменения и дополнения:

- В 2012 году при записи экспериментальных данных с газо-пиксельных детекторов во время их испытаний в пучке ускорителя использовался новый формат файла данных. В частности, он предусматривал возможность записи информации сразу с нескольких (до четырех) детекторов в один файл. Изменения коснулись также записываемой в файл служебной информации. Соответственно, в программу обработки были внесены необходимые изменения, позволяющие читать данные в новом формате.
- Как отмечалось выше, при обработке данных с DME смесью было обнаружено, что используемая смесь была не очень «чистой» и имел

место захват электронов первичной ионизации примесями, содержащимися в смеси. Чтобы учесть этот эффект, в программу моделирования был введен дополнительный параметр – средняя длина пробега электронов ионизации во время дрейфа. Поскольку экспериментально эта величина неизвестна, то ее значение подбиралось при моделировании так, чтобы в данных и МС совпала форма продольного профиля трека, точнее – степень падения числа сработавших пикселей вдоль трека при удалении от его начала.

- В программу обработки в режим «Event Display» была добавлена специальная опция, представляющая событие. В основном режиме (Timing) цвет каждого пикселя отражает измеренное время дрейфа (рис. 72).

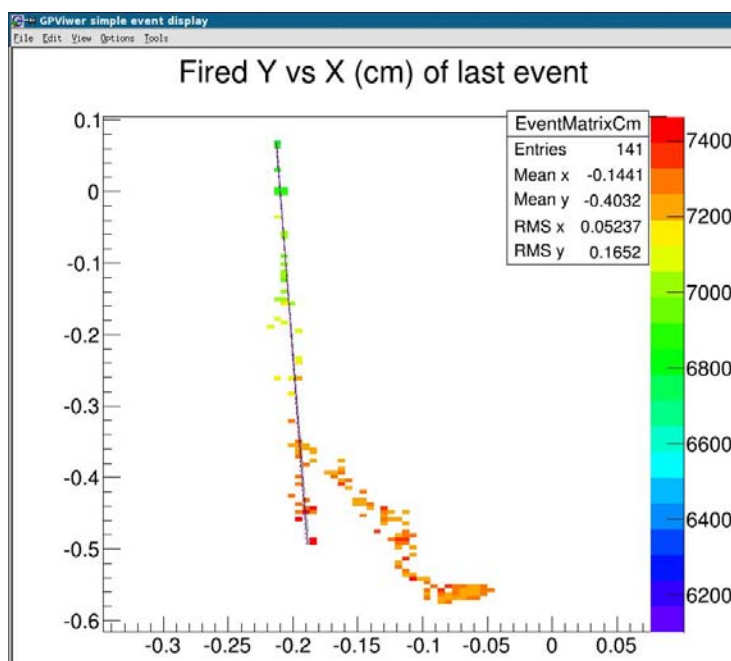


Рисунок 72 - Представление события в timing mode. Цвет пикселя отражает измеренное время дрейфа

- Специальное представление (Odd/even) полезно, главным образом, для отладки процедуры проведения треков. Здесь (см. рисунок 73) разными цветами (синий и красный) отмечаются пиксели, входящие в «четный» и «нечетный» треки, желтым – пиксели, не участвующие в процедуре реконструкции по причине их удаленности от трека, а также зеленым цветом (в приведенном событии таких нет) – пиксели, которые

отброшены при обработке, поскольку для них измеренное время дрейфа выходит за рамки заданных пределов.

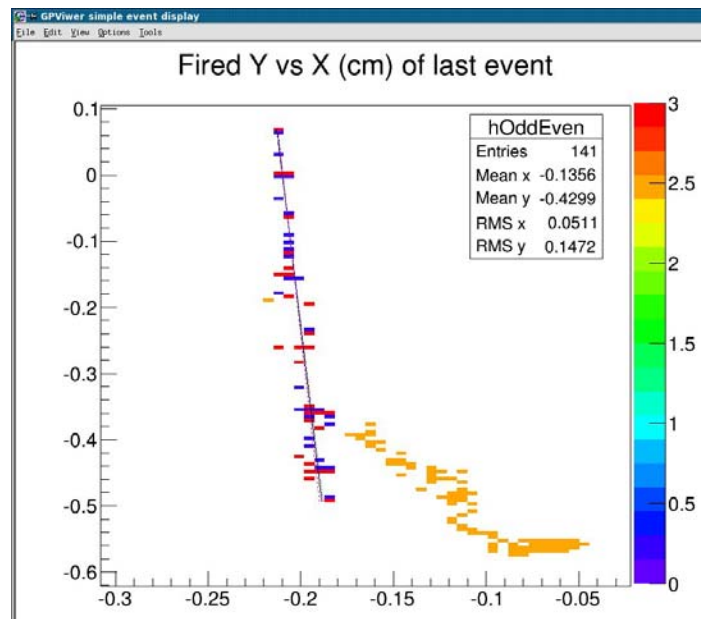


Рисунок 73 - Представление события в odd/even mode. Цвет пикселя отражает его «категорию»: принадлежность к четному или нечетному треку, outlier, out of accepted time

- Введена возможность обработки «на лету» сжатых с помощью стандартной процедуры gzip файлов с данными, например gpviewer run64.txt.gz

Это позволяет хранить все файлы с данными – как экспериментальными, так и смоделированными – в сжатом виде, что значительно сокращает занимаемое ими на диске пространство.

- Внесены изменения в процедуру восстановления проекции трека на чип, несколько улучшающие точность реконструкции.

12.3.2 Сравнение экспериментальных данных с моделированием и результаты.

Здесь приведены результаты тестовых испытаний газо-пиксельных детекторов в пучке ускорителя SPS в ЦЕРН в ноябре 2012 года, а также дано сравнение этих данных с моделированием. До настоящего момента обработана только часть полученных данных, которая касается проекции регистрируемого трека на плоскость чипа. Информация о времени дрейфа будет проанализирована позже и в данном анализе не используется.

Основными критериями, характеризующими степень согласия экспериментальных данных и МС, служат распределения числа и координат сработавших пикселей, как вдоль проекции трека, так и в поперечном к треку направлении. На первое из этих распределений влияют такие параметры, как плотность первичной ионизации, процесс газового усиления, порог срабатывания электроники и, в меньшей степени, – поперечная диффузия. На поперечный профиль трека наибольшее влияние оказывает именно диффузия.

При моделировании подбирались два параметра: порог срабатывания электроники и (только для DME смеси) – средняя длина пробега электронов ионизации в дрейфовом промежутке. Все приведенные далее данные соответствуют режиму работы с максимальной имевшейся напряженностью дрейфового поля (3.5 кВ/см для DME смеси и 1 кВ/см для аргона) и с максимальным газовым усилением.

На рисунке 74 представлено сравнение продольного профиля трека в данных и МС для камеры с DME смесью при различных углах поворота относительно оси пучка и, соответственно, – при различных длинах и плотности ионизации в проекции на плоскость чипа.

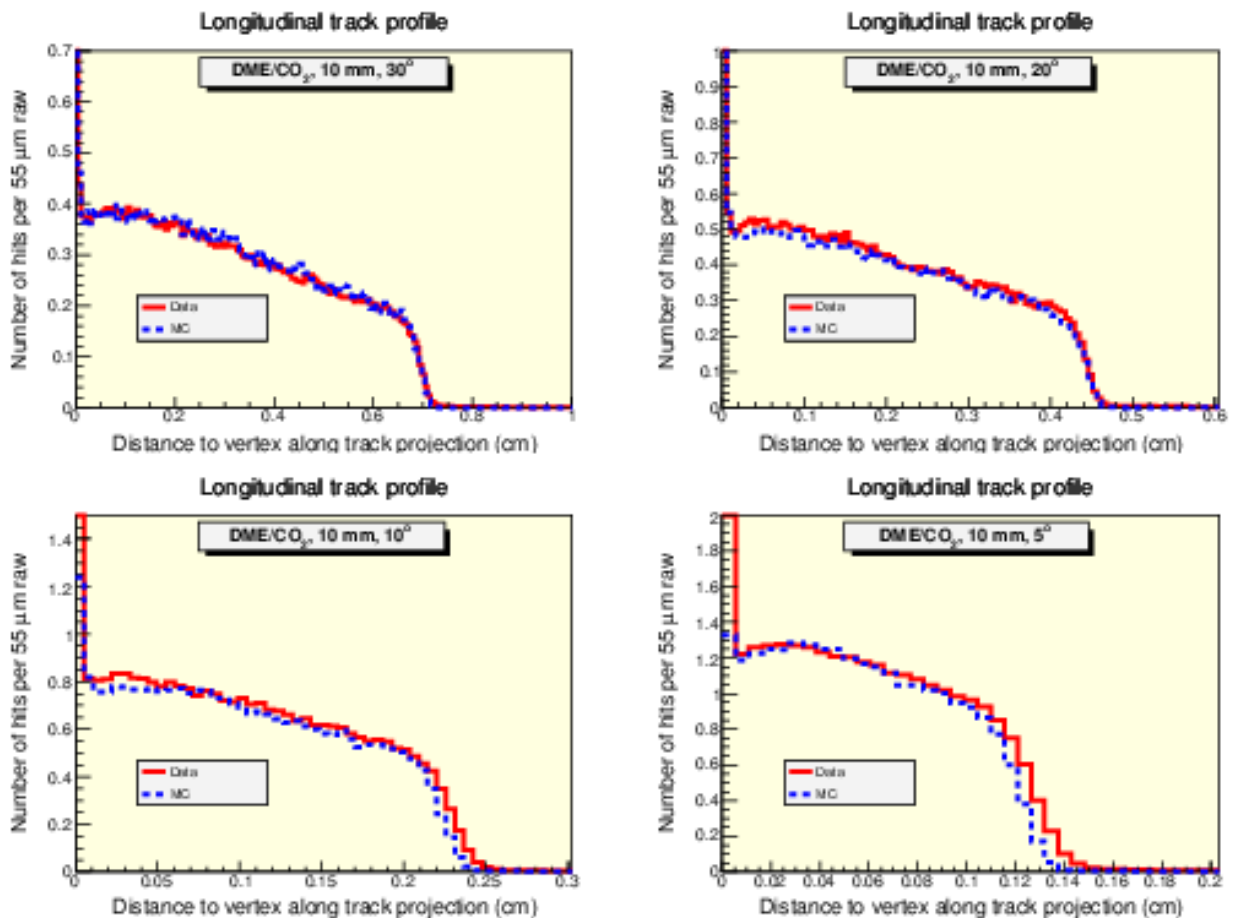


Рисунок 74 - Сравнение данных и МС моделирования по продольному профилю трека – распределению числа сработавших пикселей вдоль проекции трека. Данные для DME смеси и камеры толщиной 10 мм с различными углами поворота по отношению к оси пучка. Аналогичное сравнение в аргоновой смеси дано на рисунках 75 и 76 – для камер толщиной 10 мм и 5 мм соответственно.

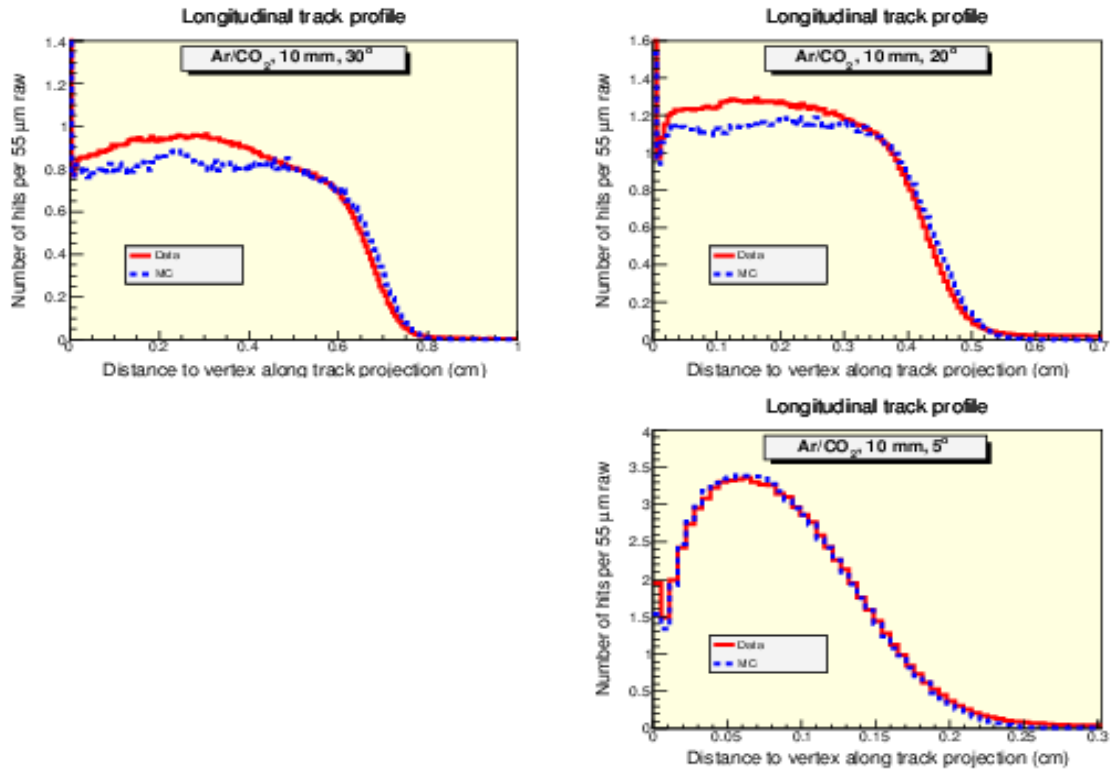


Рисунок 75 - То же, что и на рисунке 74 для аргоновой смеси и камеры толщиной 10 мм

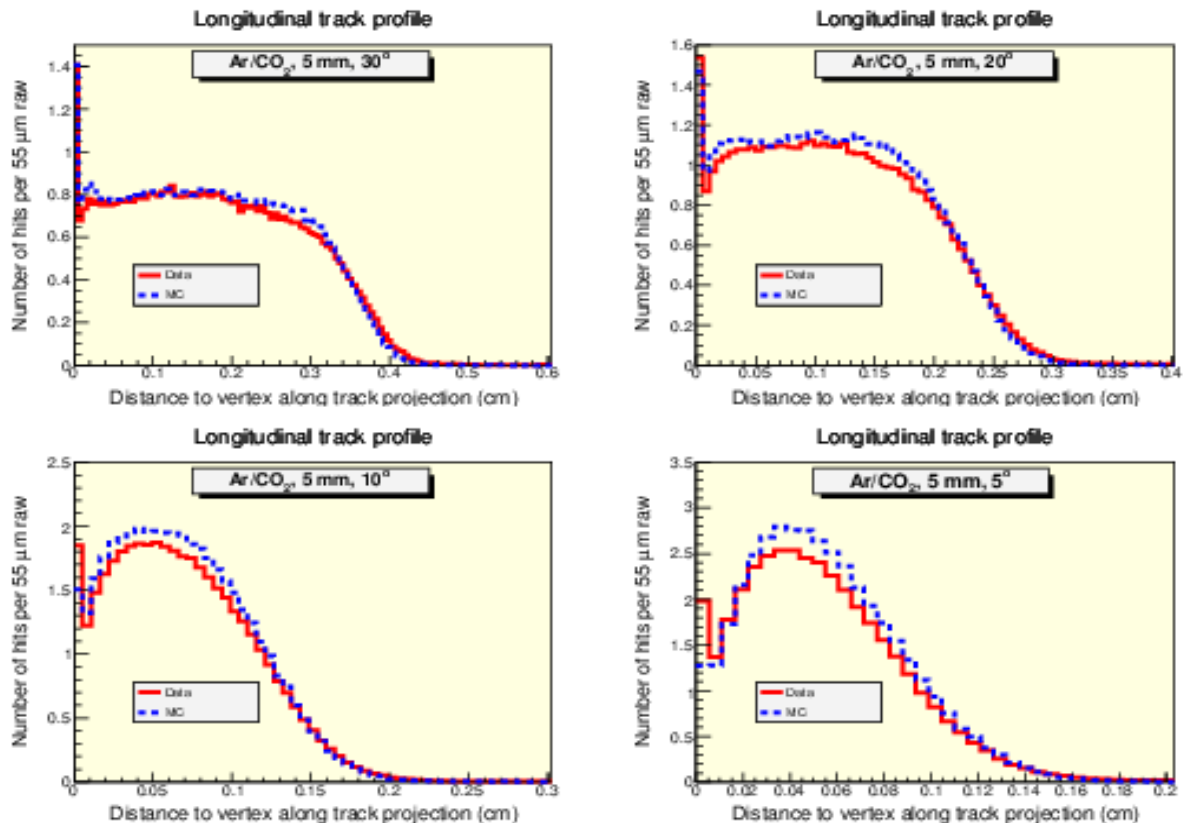


Рисунок 76 - То же, что и рисунок 75 для аргоновой смеси и камеры толщиной 5 мм

Как можно видеть, в целом наблюдается хорошее согласие между экспериментальными и смоделированными данными.

На рисунке 77 для разных камер, газовых смесей и углов поворота по отношению к пучку показаны распределения отклонений координат сработавших пикселей от отрезка реконструированного трека – поперечный профиль трека.

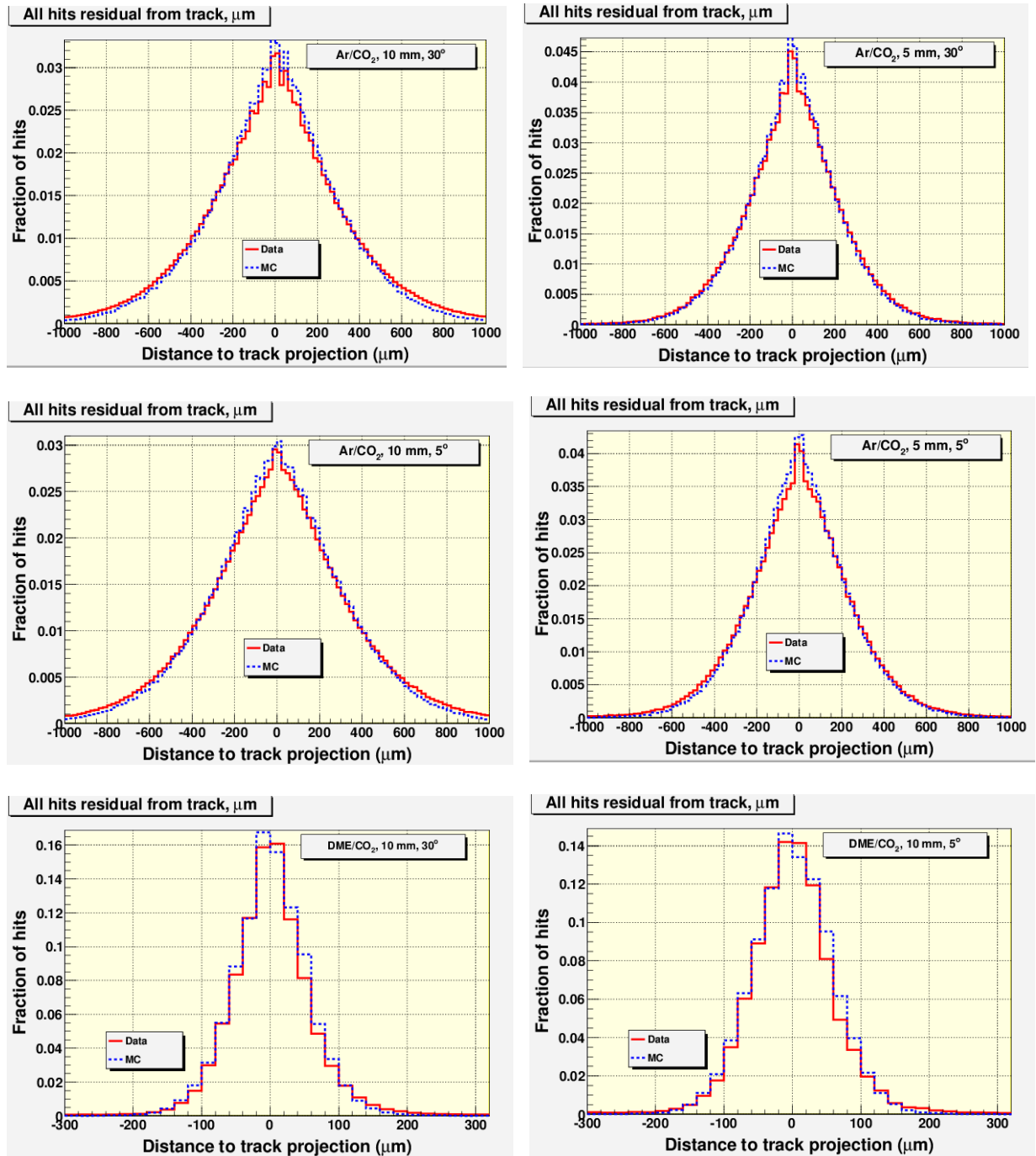


Рисунок 77 - Сравнение распределений поперечного профиля трека в данных и в МС для разных смесей, толщины дрейфового промежутка и угла поворота камер по отношению к пучку

Опять же наблюдается прекрасное согласие данных и МС. Заметим, что коэффициенты диффузии для обеих смесей были вычислены по специальной программе и значения закладывались в процедуру моделирования. Никакого специального подбора этих коэффициентов для согласия с экспериментальными данными не проводилось.

На рисунках 78-80 дано сравнение экспериментальных данных и моделирования для камеры с DME смесью: по числу пикселей на треке, координатной и угловой точностям.

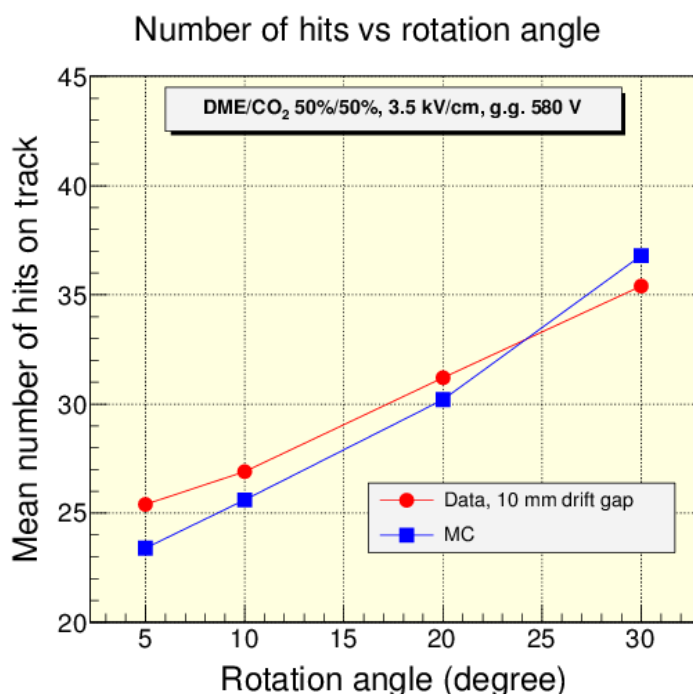


Рисунок 78 - Сравнение данных и МС моделирования по числу пикселей на треке для DME смеси

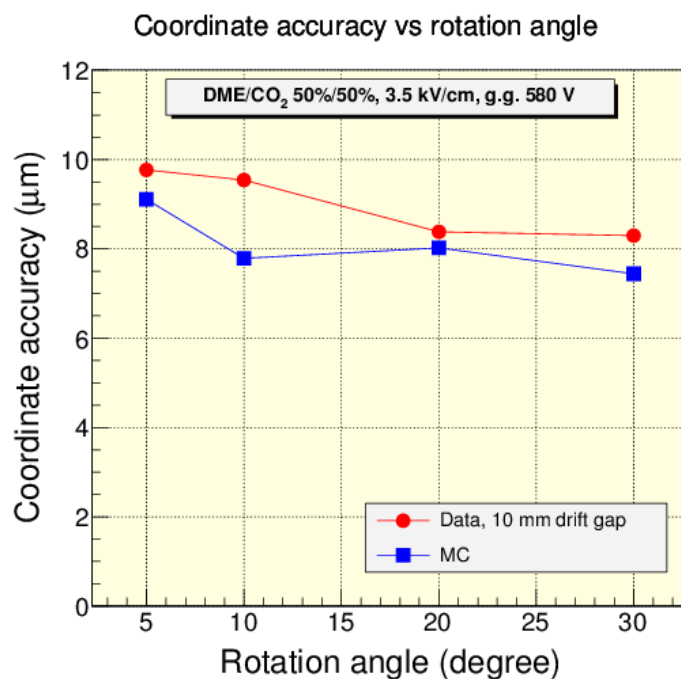


Рисунок 79 - Сравнение данных и MC моделирования по координатной точности для DME смеси

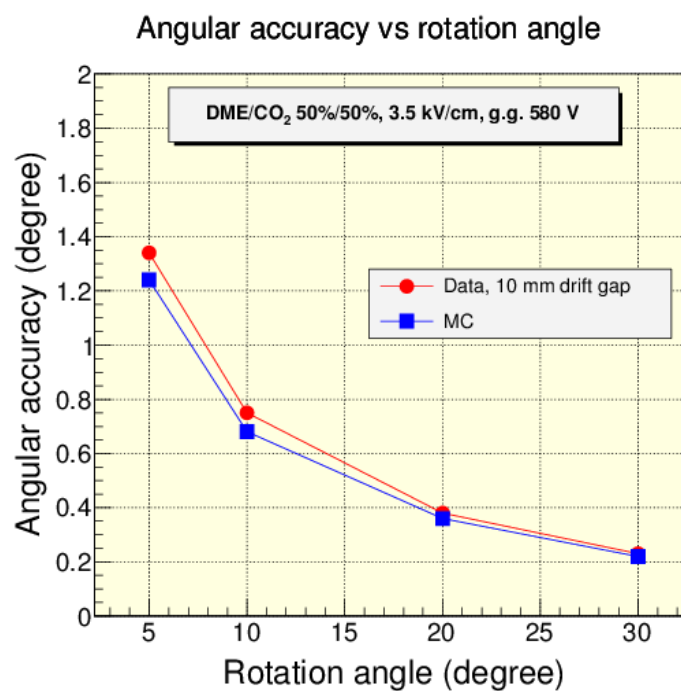


Рисунок 80 - Сравнение данных и MC моделирования по угловой точности для DME смеси

Результаты представлены как функция угла наклона камеры по отношению к пучку. С увеличением этого угла увеличиваются длина проекции трека на чип и число сработавших пикселей и, как следствие, – возрастают точности восстановления координаты трека и его угла в плоскости чипа. При максимальной проекции координатная точность достигает 8 мкм, а угловая – $0,2^\circ$. Моделирование показывает очень хорошее согласие с экспериментальными данными.

Рисунки 81–83 показывают аналогичные результаты для аргоновой смеси.

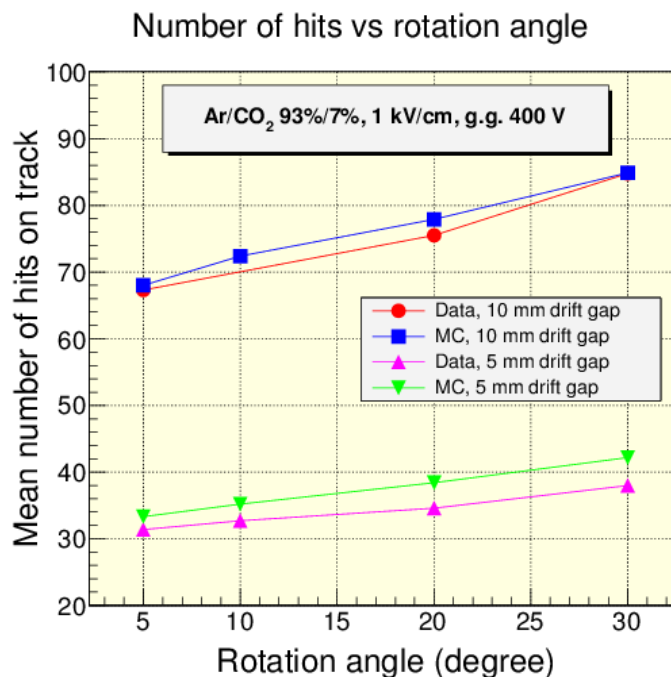


Рисунок 81 - Сравнение данных и МС моделирования по числу пикселей на треке для аргоновой смеси

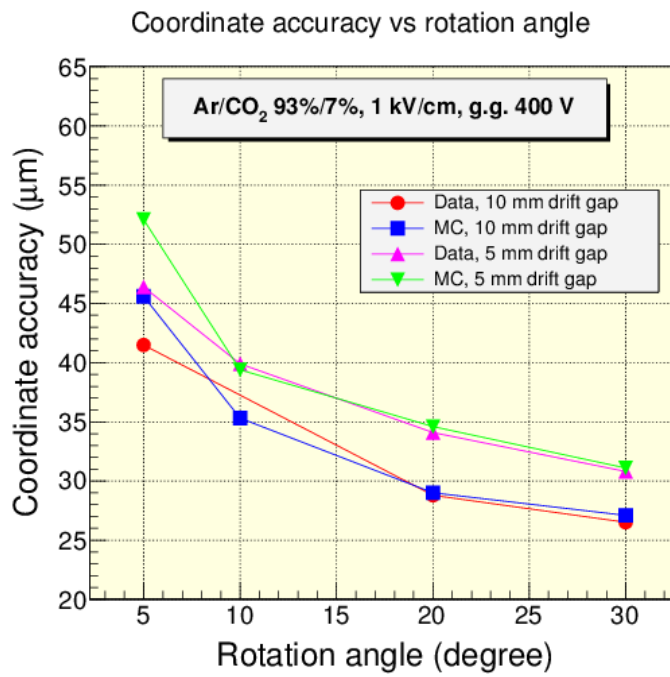


Рисунок 82 - Сравнение данных и MC моделирования по координатной точности для аргоновой смеси

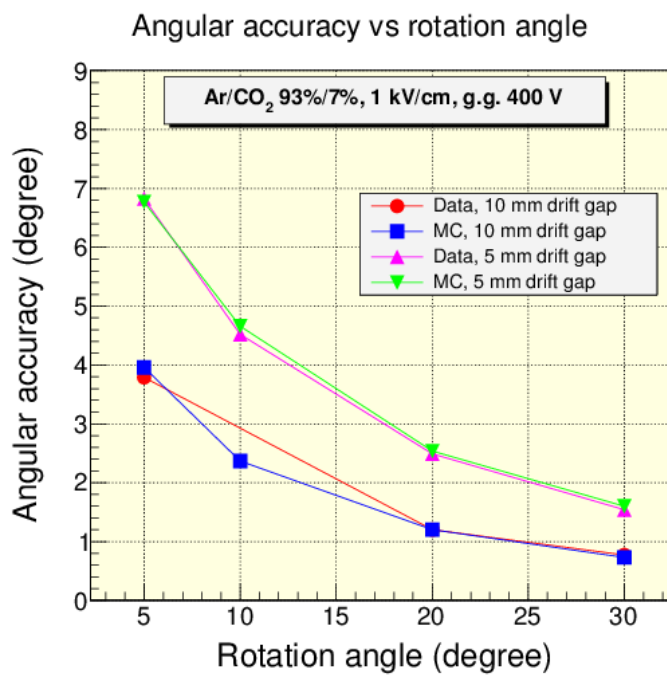


Рисунок 83 - Сравнение данных и MC моделирования по угловой точности для аргоновой смеси

В силу более высокой диффузии, достигнутые здесь точности хуже, чем в смеси на основе DME. Полученная координатная точность при максимальной длине проекции составляет порядка 30 мкм, а угловая – $0,7^{\circ}$ - $1,5^{\circ}$ в зависимости от толщины камеры. Для аргоновой смеси также наблюдается хорошее согласие между экспериментальными и смоделированными данными.

12.3.3 Тестирование электроники VMM1

Электроника VMM [17] совмещает на уровне чипа функцию подавления нулей (данных от стрипов без искомого сигнала), а также обеспечивает вычисление времени поступления и величины заряда для каждого канала детектора.

К концу 2012 года новый вариант считывающей электроники (рисунок 84) стал доступен для его исследований.

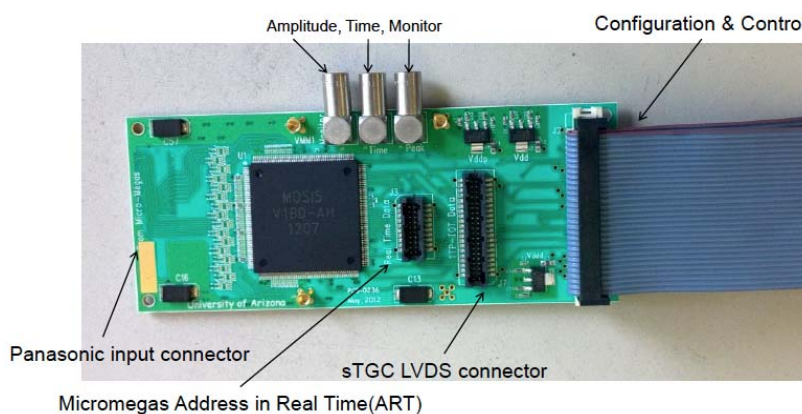


Рисунок 84 - VMM1 чип смонтированный на тестовой плате.

Форма сигнала и информация, которая считывается, схематически представлена на рисунке 85. Кроме времени выше порога, также доступна информация об амплитуде сигнала и времени срабатывания дискриминатора.

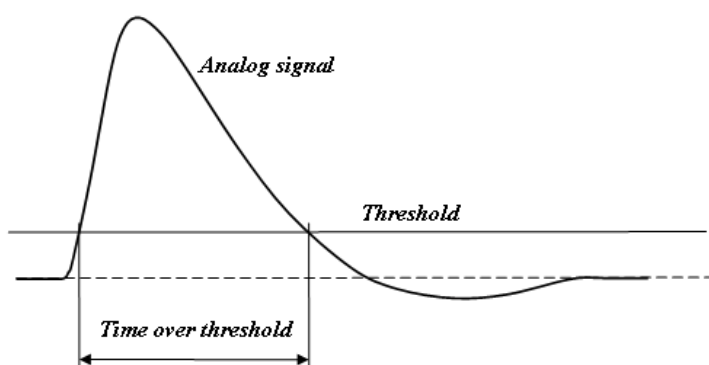


Рисунок 85 - Аналоговый сигнал с микросхемы VMM1

Были проведены детальные калибровки чипа, которые обнаружили некоторые особенности. На рисунке 86 приведена зависимость амплитуды выходного сигнала от заряда, который подавался в его вход. Как видно из рисунка, имеется значительный порог срабатывания, что снижает возможности работы с сигналами низкой амплитуды. Этот дефект является существенным для использования метода взвешивания сигналов в координатных измерениях. Дефект будет устранен в следующем поколении микросхем VMM2.

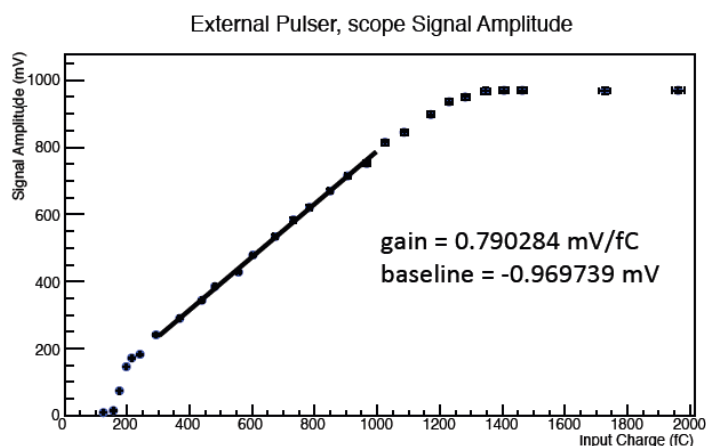


Рисунок 86 - Зависимость амплитуды выходного сигнала от заряда инжектированного на вход одного из каналов VMM1 чипа

Кроме этого, были обнаружены различия в отклике на внутренний и внешний сигналы, а также между измерением амплитуды с помощью пикового детектора, встроенного в микросхему, и измерениями с помощью осциллографа. Вся совокупность данных показана на рисунке 87.

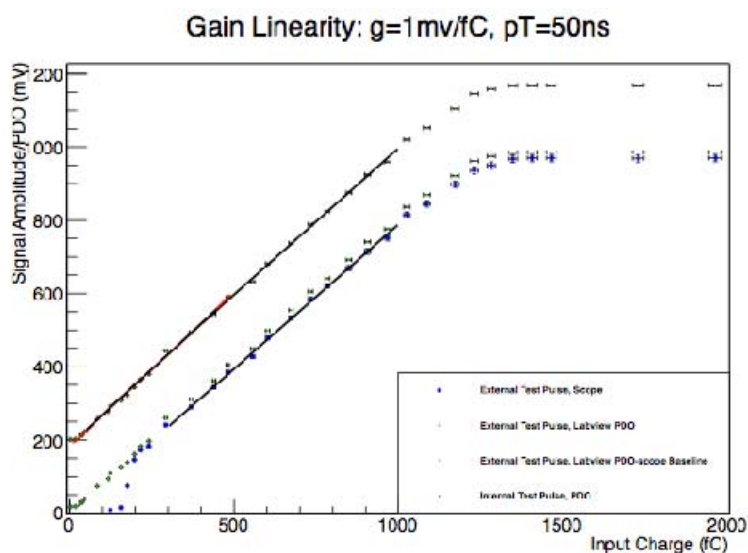


Рисунок 87 - Результаты измерения линейности отклика чипа как функции инжектированного заряда для различных методов калибровки

Изучение базовой линии показало, что она сильно флуктуирует от канала к каналу (рисунок 88), хотя может быть поправлена после проведения систематической калибровки.

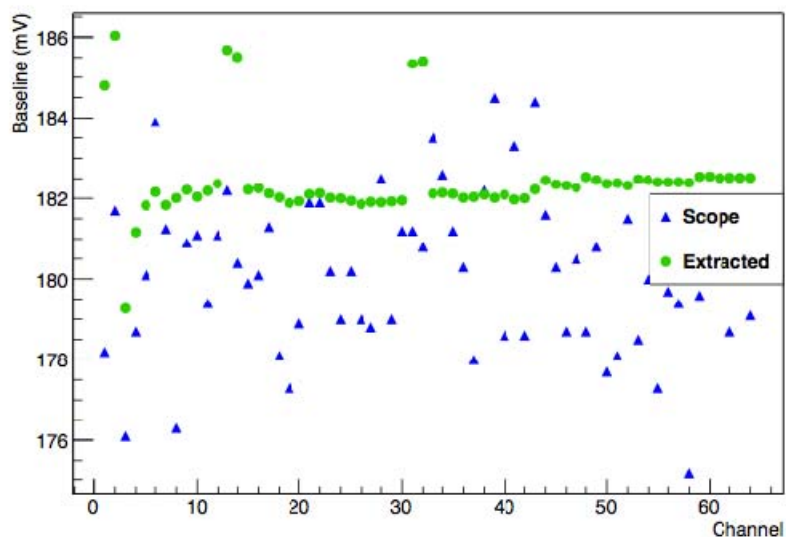


Рисунок 88 - Базовая линия усилителей как функция номера канала. Зеленым цветом показаны значения базовых линий после калибровки

В результате исследований работы микросхемы VMM1 было показано, что она имеет определенные особенности работы, которые требуют коррекции. Все дефекты будут устранены в следующей генерации чипов VMM2.

13 Испытания программного обеспечения TDAQ и AGIS систем АТЛАС^{*)}

13.1 Испытания программного обеспечения системы AGIS

Программное обеспечение, разрабатываемое в рамках проекта AGIS эксперимента ATLAS, перед непосредственным выпуском в производство проходит тестирование, отладку, а также испытания на предмет обратной совместимости реализованной функциональности. При проведении испытаний в первую очередь проверяются поддержка декларированных интерфейсов со стороны пользователя, совместимость обновления на уровне структуры данных, формат данных ответа API сервисов, а также общее отсутствие ошибок при работе с системой.

Для проведения испытаний используются тестовые компьютерные машины (так называемые development servers), на которых устанавливается программное обеспечение определенной версии (обычно последней) для API и WEB интерфейсов. Настройки тестовых серверов полностью независимы от используемых в производстве машин (production servers). Например, тестовые компьютерные площадки используют отдельные сервера баз данных, чтобы исключить влияние испытаний на работу основных production машин. Данные тестовые сервера также используются непосредственно пользователями AGIS для обучения и освоения предоставляемых API и WEB интерфейсов.

В ходе работ новые WEB и API интерфейсы для пакетов программного обеспечения информационной системы AGIS были успешно установлены на тестовые и основные пользовательские сервера. Были успешно проведены испытания совместимости интерфейсов, проверки правильного функционирования пользовательского интерфейса управления, в результате чего был выпущен новый релиз программного обеспечения системы AGIS и осуществлено обновление машин, используемых в производстве.

13.2 Испытания инфраструктуры для развития TDAQ

Для разработки и тестирования программных компонент системы отбора сбора данных (TDAQ) модернизированного детектора ATLAS разворачивается специализированный компьютерный кластер с условным названием Testbed. В состав ядра кластера входят (символом “*” обозначены численная часть имени узла для однотипных компьютеров):

^{*)} Работа выполнена иностранным партнёром.

- 1 pc-tbed-core-* – центральные сервисы (LDAP, DHCP);
- 2 pc-tbed-cfs-01 – центральный файловый сервер;
3. pc-tbed-core-* – центральные сервисы (LDAP, DHCP);
4. pc-tbed-cfs-01 – центральный файловый сервер;
5. pc-tbed-lfs-* – локальные файловые серверы;
6. pc-tbed-pub-* – ферма для универсального использования;
7. pc-tbed-* – ферма для тестирования вычислительно интенсивной части TDAQ;
8. pc-tbed-r3-*, pc-tbed-r5-* – ферма для тестирования части TDAQ с интенсивным сетевым обменом (эти узлы включают дополнительные сетевые интерфейсы);
9. pc-tbed-net-*, pc-tbed-net-mon-* серверы сетевого контроля;
10. pc-tbed-vh-* – компьютеры для разворачивания виртуальных машин;
11. pc-tbed-nas-* – сетевые диски для виртуальных машин

Серверы инфраструктуры работают под управлением ОС Линукс, дистрибутив SLC6, компьютеры фермы и виртуальные машины работают также под управлением ОС Линукс, дистрибутивы SLC5 или SLC6, в зависимости от потребностей пользователей.

Ядро кластера, основная ферма и сетевая инфраструктура подготовлены к использованию. Проведены испытания работоспособности и производительности. Испытания работоспособности кластера показали, что развернутая системная инфраструктура обеспечивает все необходимые функции, обеспечивает централизованный доступ к общему дисковому пространству (cfs, lfs, nas), к основным централизованным сервисам (DHCP, TFTP, puppet, MySQL, icinga и др.), позволяет загружать рабочие компьютеры кластера (ферму) как локально, так и по сети с различными версиями операционной системы. Проверено, что основные приложения TDAQ (версия tdaq-04-00-01) работают корректно.

Испытания производительности показали, что в буферизованном режиме центральный файловый сервер обеспечивает достаточную скорость обмена, максимальную для доступного подключения (1 Гбит/сек), данные приведены в таблице 6.

Таблица 6. Производительность I/O центрального файлового сервера (CFS), Кб/сек

Доступ	write	rewrite	read	reread	fwrite	frewrite	fread	Freread
локально (RAID5)	315382	317771	298280	301741	435502	435156	387382	391712
NFS (v3)	33202	48026	71020	71417	118543	119545	112961	122210

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В сотрудничестве с зарубежными партнёрами из институтов, участвующих в эксперименте АТЛАС, на третьем этапе контракта успешно выполнены следующие работы:

- разработано программное обеспечение для симуляции работы FAST OR триггера;
- выполнено моделирование работы основных узлов FAST OR триггера;
- проведено испытание опытной партии усовершенствованных прецизионных дрейфовых трубок;
- выполнено исследование характеристик и радиационной стойкости торцевых калориметров и переднего калориметра установки АТЛАС на ускорителе У-70 ФГБУ ГНЦ ИФВЭ;
- выполнены доработки экспериментальных образцов усовершенствованных дрейфовых трубок по результатам испытаний;
- разработаны экспериментальные модули усовершенствованной периферийной электроники для контроля цезиевой мониторирующей системы адронного калориметра установки АТЛАС;
- подготовлено техническое задание и эскизная конструкторская документация на установку для облучения для измерения радиационной стойкости перспективных материалов;
- подготовлен участок тестирования для HV тестов перспективных материалов, выполнен пробный тест;
- разработаны алгоритмы быстрой идентификации трека частицы и измерения его параметров на уровне наддетекторной электроники;

- выполнена наладка экспериментальной установки для исследования характеристик элементов модулей жидкоаргоновых калориметров и проведено измерение этих характеристик на ускорителе У-70 ФГБУ ГНЦ ИФВЭ;
- представлена эскизная документация для изготовления элементов трековых детекторов для новых малых колёс мюонного спектрометра АТЛАС и результаты исследования характеристик этих детектирующих элементов;
- проведены испытания программного обеспечения TDAQ и AGIS систем установки АТЛАС.

Работы выполнены в соответствии с техническим заданием и календарным планом контракта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ATLAS. Detector And Physics Performance. Technical Design Report. CERN/LHCC/99-14, CERN/LHCC/99-15.
- 2 ATLAS Letter of Intend, Phase-I Upgrade, CERN-LHCC-2011-012, LHCC-I-020, December, 2011.
- 3 M.Mangano, The super-LHC, Contemp. Phys. 51 (2010) 211-231.
- 4 F.Gianotti, M.Mangano, T.Virdee et al., Physics potential and experimental challenges of the LHC luminosity upgrade, Eur. Phys. J. C39 (2005) 293-333.
- 5 TRT digitization tuning.
<https://twiki.cern.ch/twiki/bin/viewauth/Atlas/TrtDigiTuning>.
- 6 The GBT Project, <https://espace.cern.ch/GBT-Project/>.
Avago Technologies: Fiber Optics,
http://www.avagotech.com/pages/en/fiber_optics/
- 7 Прецизионная дрейфовая трубка. Патент на полезную модель» № 79004 от 05 августа 2008г. Авторы: Борисов А.А., Кожин А.С., Фахрутдинов Р.М.
- 8 Борисов А.А., Божко Н.И., Кожин А.С. и др. Прецизионная дрейфовая трубка в корпусе из лавсана. ПТЭ, 2013, №2, с.16-21.
Brun R., Hagelberg R., Hansroul M. et al, Preprint CERN-DD-78-2-REV, Geneva 1978.
- 9 R.Fakhrutdinov. Drift tubes with field shaping, ATLAS MUON Upgrade Workshop, CERN, Geneve, 2010, <https://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confID=87676>
- 10 J.Bensinger, N.Bojko, A.Borisov etc. Construction of monitored drift tube chambers for ATLAS end-cap muon spectrometer at IHEP (Protvino). NIM A 494 (2002) 480-486.
- 11 N.Bojko, A.Borisov, R.FAkhrutdinov etc. Pre-comissioning and test results of MDT chambers produced in IHEP (Protvino) for ATLAS. NIM A 598 (2009) 205-206.

- 12 <http://www.arlon-med.com/84N.pdf>
- 13 В.Д. Ананьев и др. «Физический пуск модернизированного реактора ИБР-2 (ИБР-2М)», Сообщение ОИЯИ Р13-2012-41, Дубна, 2012
- 14 Д. Ананьев и др. «Энергетический пуск модернизированного реактора ИБР-2 (ИБР-2М)», Сообщение ОИЯИ Р13-2012-42, Дубна, 2012
- 15 V.V. Golikov et al., Large scale samples irradiation facility at the IBR-2 reactor. Nucl.Instrum.Meth.A411:330-336, 1998
- 16 C.Leroy et al., Irradiation tests of readout chain components of the ATLAS liquid argon calorimeters. Part.Nucl.Lett.102:20-24,2000.
- 17 J.Metcalf et al. Design and Characterization of the VMM1 ASIC for Micropattern Gas Detectors. 13th Vienna Conf. on Instrumentation 11-15 Feb. 2013;
<http://indico.cern.ch/contributionDisplay.py?contribId=136&sessionId=19&confId=186337>.
- 18 F.Hartjes, N.Hessey, M.Fransen et al. Test beam studies of the GasPixel transition radiation detector prototype. NIM A706 (2013) 59-64
- 19 The ATLAS Collaboration. New Small Wheel Technical Design Report. CERN-LHCC-2013-xxx (в печати), см. также: ATL-COM-MUON-009, <https://cds.cern.ch/record/1542447>
- 20 Y.Benhammou et al. Test beam performance studies with the sTGS. 13th Vienna Conf. on Instrumentation 11-15 Feb. 2013,
<http://indico.cern.ch/contributionDisplay.py?contribId=172&sessionId=19&confId=186337>
- 21 J.Metcalf et al. Design and Characterization of the VMM1 ASIC for Micropattern Gas Detectors. 13th Vienna Conf. on Instrumentation 11-15 Feb. 2013,
<http://indico.cern.ch/contributionDisplay.py?contribId=136&sessionId=19&confId=186337>

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт физики высоких энергий»
(ФГБУ ГНЦ ИФВЭ)

Утверждаю:

Главный инженер



_____ А.А. Брагин

» _____ 2013 г.

**РАЗОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
«ПРОИЗВОДСТВО ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ
ПРЕЦИЗИОННЫХ ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК
С ПОЛЕФОРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ»**

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель директора по
инновационной деятельности и
общим вопросам

Солдатов А.П.

Начальник отделения
экспериментальной физики

Зайцев А.М.

Начальник отдела охраны труда и
промышленной безопасности

Козлов Г.В.

Главный механик

Исайкин В.Н.

Главный энергетик

Хамин С.В.

Главный метролог

Сорокин Б.В.

Начальник ОНТИ

Михайлин В.Н.

Срок действия до 01.02.2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ		стр.
1.	Общая часть.....	111
2.	Порядок внесения изменений и дополнений в технологический регламент.....	111
3.	Контроль за соблюдением технологического регламента.....	112
4.	Общая характеристика подразделения. Назначение технологического процесса.....	113
5.	Характеристика исходного сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и вспомогательных материалов.....	113
6.	Описание технологической схемы процесса.....	114
7.	Нормы технологического режима и метрологическое обеспечение.....	120
8.	Контроль технологического процесса.....	121
9.	Основные правила пуска и остановки производственного процесса при нормальных условиях.....	121
10.	Возможные неполадки технологического процесса, их причины и способы устранения.....	121
11.	Основные правила безопасного ведения технологического процесса.....	122
12.	Возможные аварийные ситуации и правила остановки производственного подразделения	123
13.	Отходы производства, сточные воды и выбросы в атмосферу	123
14.	Перечень инструкций и нормативно-технической документации обязательных для данного объекта	125
15.	Технологическая карта	126
16.	Маршрутный лист	131
17.	Планировка помещений сектора больших трековых детекторов	135
18.	Перечень оборудования, установленного в помещениях сектора больших трековых детекторов	137
19.	Фотографии дрейфовой трубки с полеформирующими электродами (проволами)	138

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Технологический регламент является основным документом, определяющим режимы и порядок проведения операций технологического процесса, обеспечивающим выполнение требований конструкторской документации.

1.2. Безусловное соблюдение всех требований технологического регламента обязательно, так как обеспечивает получение готовой продукции требуемого качества, рациональное и экономичное ведение производственного технологического процесса, сохранность оборудования, безопасные условия труда и защиту окружающей природной среды.

1.3. Приведенный технологический регламент является разовым - на выпуск планируемого объема разовой партии продукции в составе комплекса научно-исследовательских работ.

1.4. Срок действия разового технологического регламента один год.

2 ПОРЯДОК ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ

2.1. При необходимости внесения изменений или дополнений в действующий технологический регламент необходимо представить пояснительную записку с описанием и обоснованием необходимости внесения этого изменения или дополнения и со ссылкой на основании, каких документов они вносятся (протокол технического совета учреждения, предписание служб государственного надзора, рацпредложение и т.п.);

2.2. Оформление изменений или дополнений к технологическому регламенту, их согласование и утверждение производится в том же порядке, что и самих регламентов. Срок действия изменения или дополнения - до истечения срока действия всего регламента в целом.

2.3. Изменения в технологический регламент вносятся:

2.3.1. при изменении параметров сигнализации и блокировок аппаратов и трубопроводов в пределах допустимых (расчетных параметров);

2.3.2. при изменении государственных или отраслевых стандартов, технических условий на сырье, и вспомогательные материалы, готовые продукты или полуфабрикаты и т.п.;

2.3.3. при необходимости дополнительного контроля сточных вод и выбросов в атмосферу, устанавливаемого по требованиям службы санитарного надзора;

2.3.4. при корректировке перечня обязательных инструкций и нормативно-технической документации в связи с переизданием или их изменением или требованиями органов государственного надзора. Эти изменения и дополнения вносятся в регламент при очередной его переработке.

2.4. Подлинник изменения хранится с подлинником регламента, а копии с него вместе с копиями регламентов,

2.5. При очередной переработке все ранее утвержденные изменения и дополнения должны быть внесены в технологический регламент.

3 КОТРОЛЬ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА

3.1. Руководители работ, операторы и другие работники подразделения обязаны вести технологический процесс в строгом соответствии с утвержденным технологическим регламентом.

3.2. Технологический персонал должен записывать показатели технологического режима в маршрутные листы не реже чем каждые 2 часа. Показатели технологического режима, получаемые автоматизированным способом должны архивироваться в конце смены.

Объем фиксируемых в маршрутных листах параметров должен быть не менее объема, предусматриваемого нормами технологического режима регламента.

3.3. Руководители работ обязаны ежедневно просматривать технологические журналы, маршрутные листы, картограммы контрольно-измерительных приборов и давать письменные указания по устранению выявленных за истекшие сутки отклонений от регламента.

3.4. Периодический контроль над соблюдением технологического режима осуществляется работниками отделов главных специалистов согласно утвержденным главным инженером учреждения графикам.

3.5. Систематический контроль над соблюдением технологического регламента возлагается на отдел научно-технической информации учреждения.

3.6. На рабочих местах должны быть вывешены следующие выписки из технологического регламента:

Нормы технологического режима (технологическая карта);

3.7. В составе технологического регламента разрабатываются технологические карты, инструкции по эксплуатации, другие документы.

3.8. Технологические карты пересматриваются и утверждаются главным инженером предприятия не реже 1 раза в 2 года.

4 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1. Полное наименование производственного подразделения:

Сектор больших трековых детекторов отделения экспериментальной физики.

Назначение подразделения: разработка трековых детекторов нового типа для экспериментальных установок, применяемых в физике высоких энергий и других отраслях науки и техники.

Год ввода в действие -2001.

4.1.2. Общий состав производственного подразделения:

Научные сотрудники – 6

Инженеры -6

Рабочие - 6

Количество описываемых в регламенте технологических потоков - 1.

4.1.3. Наименование организации, разработавшей технологический процесс – ФГБУ ГНЦ ИФВЭ.

5 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ, ПОЛУФАБРИКАТОВ, ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица А.1. Перечень используемых компонентов и материалов

№ Пп	Наименование	Материал	Нормативный документ
1	Прецизионная дрейфовая трубка Ø 30 x 0,4 мм с полеформирующими электродами	Алюминий, полифениленоксид, проволока вольфрамовая и нержавеющей.	База данных участка проволочных детекторов ИФВЭ
2	Швеллеры конструктива камеры	АМГ-2М	Сертификат качества
3	Стрип технологический	Д16	Черт. КО ИФВЭ
4	Крепеж латунный в ассортименте	латунь	Сертификат качества
5	Araldite 2014 (AW-106)	клей	Сертификат качества
6	HV953U	отвердитель	Сертификат качества
7	3M Scotch –Weld DP 460	Клей двухкомпонентный	Сертификат качества
8	Газовый переходник	полифениленоксид	Черт. КО ИФВЭ
9	Контактный колпачок	латунь	Черт. КО ИФВЭ
10	Заземляющий штырь	латунь	Черт. КО ИФВЭ
11	Ниппель запорный	Латунь, резина	Паспорт партии
12	Спирт этиловый	ректифицированный	ГОСТ 18300-87
13	Азот газообразный		Произв-во ИФВЭ
14	Гелий А газообразный		ГОСТ 20461-75
15	Вода дистиллированная		Произв-во ИФВЭ
16	тампон	вата	Аптечная упаковка

6 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА СБОРКИ ТРЕКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ (ДРЕЙФОВЫХ КАМЕР) НА ОСНОВЕ ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК С ПОЛЕФОРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

Порядок сборки трековых детекторов (дрейфовых камер), состоящих из двух мультислоев, каждый из которых состоит из трех рядов склеенных между собой дрейфовых трубок с полеформирующими электродами (проволоками). Сборочный чертеж типовой камеры – в параграфе 19 данного Технологического регламента.

Стадия 1- Комплектация.

Комплектуется сменный запас деталей и материалов в соответствии со спецификацией сборочного чертежа. Сменный запас деталей и материалов укладывается в транспортную тару. Оформляется маршрутная карта на сменную серию изделия. Выдается исполнителям технологическая карта.

Стадия 2 - Входной контроль.

Проводится проверка на соответствие требованиям чертежей и технологической карты параметров комплектующих и материалов. Обнаруженные бракованные детали заменяются годными после прохождения контроля. Бракованные детали помещаются в изолятор брака.

Стадия 3- Очистка деталей и комплектующих.

Проводится очистка деталей и комплектующих (поз.8, 9, 11 таблица А.1) в ультразвуковой ванне. Для очистки внутренней поверхности применяется тампон смоченный этиловым спиртом. Тампон продавливается по внутренней поверхности толкателем.

Стадия 4- Сушка

Детали (поз.3, 8 - 11 таблица А.1) сушатся в сушильном шкафу при температуре 39С.

Стадия 5- Склейка на сборочном гранитном столе 1-го ряда дрейфовых трубок.

Первый ряд дрейфовых трубок укладывается на позиционирующие гребенки на сборочном гранитном столе (см. фото на рисунке А.1).



Рисунок А.1 - Раскладка первого слоя дрейфовых трубок на сборочном гранитном столе

Ориентация позиционирующих отверстий торцевых элементов дрейфовых трубок – вертикально вниз. Данное положение фиксируется с помощью позиционирующих штифтов технологической оснастки. Включается вакуумная система, приводящая в действие присоски, предотвращающие возможное смещение дрейфовых трубок от вибрации при работе клеевой машины.

Заправляется двухкомпонентный клей (AW106 + HV953U) в расходные цилиндры клеевой машины. Клеевая машина включается и в автоматическом режиме наносит клей вдоль мест соприкосновения соседних трубок. После нанесения клея по всем дорожкам, клеевая машина отводится на край сборочного гранитного стола.

Технологические стрипы (3 шт.) устанавливаются на технологической траверсе, соответствующей размеру собираемой камеры. Два стрипа – по краям траверсы, третий – посередине. Наносится клей DP460 на концы дрейфовых трубок. Траверса опускается до касания стрипов с трубками, при этом углы траверсы опираются на позиционирующие башни. В данном положении происходит отверждение клея на протяжении не менее 6 часов. Приклеенные технологические стрипы показаны на фото (рисунок А.2).

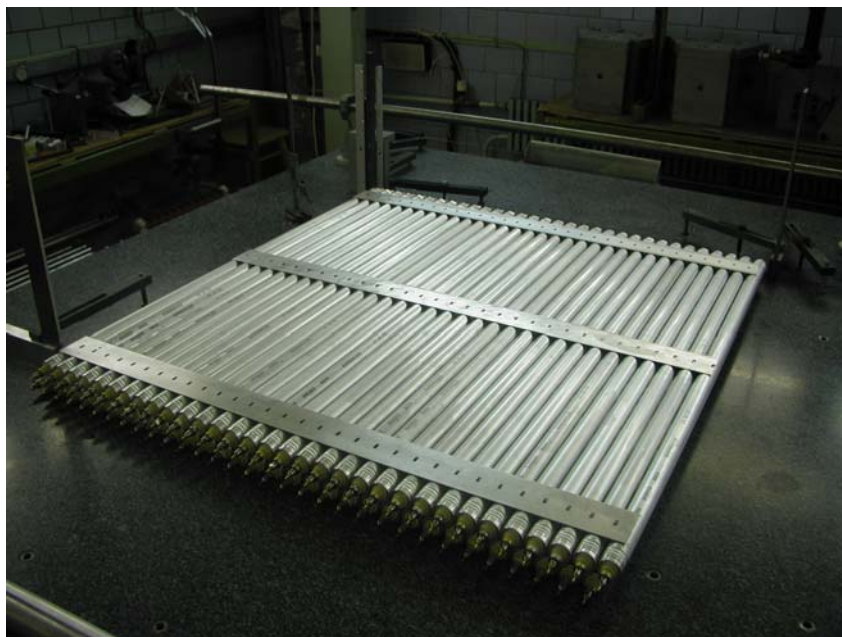


Рисунок А.2 - Технологические стрипы на первом слое дрейфовых трубок

Стадия 6 - Склейка на сборочном гранитном столе 2-го ряда дрейфовых трубок.

Траверса со склеенным первым слоем дрейфовых трубок поднимается в верхнее положение. Второй ряд дрейфовых трубок укладывается на позиционирующие гребенки на сборочном гранитном столе. Ориентация позиционирующих отверстий торцевых элементов дрейфовых трубок – вертикально вниз. Данное положение фиксируется с помощью позиционирующих штырей технологической оснастки. Включается вакуумная система, приводящая в действие присоски, предотвращающие возможное смещение дрейфовых трубок от вибрации при работе клеевой машины.

Заправляется двухкомпонентный клей (AW106 + HV953U) в расходные цилиндры клеевой машины. Клеевая машина включается и в автоматическом режиме наносит клей вдоль мест соприкосновения соседних трубок (одна дорожка) и на верхнюю часть трубок (две дорожки). После нанесения клея на все дрейфовые трубки, клеевая машина отводится на край сборочного гранитного стола.

Стадия 7 - Склейка на сборочном гранитном столе 3-го ряда дрейфовых трубок.

Вся процедура аналогична стадии 6. Затем, после отверждения клея в течение не менее 6 часов, траверса отсоединяется от стрипов на склеенном трехслойном мультислойной камере. Мультислойной убирается со сборочного гранитного стола, если это мультислойной №1. Если это мультислойной №2, то он остается на гранитном столе для дальнейшей склейки с конструктивом камеры.



Рисунок А3 - Склейка 3-го слоя дрейфовых трубок. Траверса со склеенными 1-м и 2-м слоями – в верхнем положении

Стадия 8 – Сборка несущего конструктива камеры.

В соответствии с чертежом, соответствующим собираемой камере, на специальном столе на участке сборки (пом.7 зд.19) из промаркированных в соответствии с типоразмером камеры элементов (швеллеров из АМГ 2М) выполняется механическая сборка несущего конструктива камеры. После контрольных замеров габаритных размеров, наносится клей (AW106 + HV953U) на места сочленения продольных и поперечных швеллеров. Фото несущего конструктива и стеллажа с подготовленными швеллерами для сборки конструктивов приведено на рисунке А4.



Рисунок А4 - Несущий конструктив дрейфовой камеры

Стадия 9 - Склейка камеры на сборочном гранитном столе (склейка двух мультислоев с несущим конструктивом камеры).

По шаблону, соответствующему типоразмеру камеры, наносится клей (AW106 + HV953U) на расположенный на сборочном гранитном столе мультислой №2 камеры. Затем наносится клей на поперечные швеллеры конструктива камеры. Мультислой №2 укладывается на конструктив камеры и выравнивается по шаблонам с мультислой №1. После затверждения клея (продолжительность затверждения – не менее 6 часов) камера снимается со стола и устанавливается для испытаний на колесные опоры в вертикальном положении (см. рисунок А5).



Рисунок А5 - Дрейфовая камера на колесных опорах

Стадия 10 - Испытания на герметичность.

Испытания проводятся на стенде пневмовакуумных испытаний. Требуемая герметичность: утечка газа (аргон) не должна превышать 10^{-8} л/бар*сек. Камеры, не прошедшие испытания, подвергаются ремонту с последующими повторными испытаниями. Камеры, не прошедшие повторные испытания, помещаются в изолятор брака.

Стадия 11- Высоковольтные испытания.

Измерение вольт-амперной характеристики и занесение в паспорт изделия.

Стадия 12 – Оформление Протокола испытаний и Паспорта изделия.

Стадия 13 – маркировка и упаковка готовых изделий.

На внешнюю поверхность камеры наклеивается этикетка, на которую нанесена следующая информация:

1- Товарный знак ФГБУ ГНЦ ИФВЭ

- 2- Наименование изделия – «Дрейфовая камера на основе трубок с полеформирующими электродами»
- 3- Номер изделия в базе данных паспортов дрейфовых камер
- 4- Дата выпуска в формате ДД-ММ-ГГГГ

Камера упаковывается в деревянный ящик на поролон толщиной 100мм (рисунок А6).



Рисунок А6 - Дрейфовая камера, упакованная в ящик с поролоновой подстилкой

После оформления протоколов испытаний и паспорта на изделие (или партию изделий) проводится анализ выявленных негодных изделий, помещенных в «изолятор брака». По результатам анализа негодных изделий принимаются и реализуются корректирующие мероприятия по исправлению несоответствий конструкторской документации. Негодные изделия утилизируются с предварительным разрушением в целях предотвращения их дальнейшего использования.

7 НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Таблица А.2. Нормы технологического режима

Номер стадии процесса	Наименование прибора	Единица измерения	Требуемый класс точности измерительных приборов	Допускаемые пределы технологических параметров		Примечание
				Расчетное	Рабочее технологическое	
1	Термогигрометр	°С	± 5,0%	22 50	20-24 40-60	Измерение
1	Счетчик частиц в воздухе HANDILAZ MINI	1/м ³	± 1%	от минус 30 до 100 °С,	от минус 10 до 5 °С	Измерение
2	Микрометр 0-25 мм	мм	0,01 мм			Измерение
2	Индикатор микрометрический	0,01 мм	0,01 мм	0,1	0,08-0,12	Измерение
2	Щупы калиброванные		0,1-0,5 мм	0,1-0,5 мм	0,1-0,5 мм	Измерение
2	Мультиметр UNI TREND UT30C	МОм	± 5,0%		950-1050	Измерение
2	С-метр Mastech MY6013A	пф	± 5,0%	680	650-700	Измерение
2	Микрометр 0-50 мм	мм				Измерение
2	Шаблон-пробка 1	мм	+0,5 мм	Ø30	Пр-НЕПр	Измерение
3	Термометр для воды KL9806	°С	± 5,0%	25	25	Измерение
4	Термогигрометр КТ-905	°С	± 5,0%	22	22-24	Измерение
5	Шаблон-пробка 2	мм	+0,5 мм	40	40,5	Измерение
5	Шаблон-пробка 3	мм	+0,5 мм	20	20,5	Измерение
5	Динамометр	г	± 10,0%	500	500	Измерение
6	Манометрическая станция	МПа	3	0-20	17	Измерение
6	Течеискатель ASM-310				Гелиевая течь	Сравнение
6	Измеритель частоты	Гц	± 5,0%			Измерение

8 КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

8.1. Аналитический контроль производства по всем стадиям технологического процесса не проводится. Вредных выбросов в атмосферу, сточных вод, воздушной среды в помещениях во время технологического процесса не происходит. В обрабатываемых материалах не содержатся агрессивные компоненты, вызывающие коррозию металла.

8.2. Контроль технологического процесса с помощью систем сигнализации и блокировок не проводится.

8.3. Контроль технологического процесса проводится контрольным инструментом, указанным в технологической карте на соответствие требований конструкторской документации.

9 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПУСКА И ОСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

9.1. К работе допускается обученный и проинструктированный по охране труда, электробезопасности и технологическим инструкциям персонал, прошедший периодический медицинский осмотр по вредным факторам производства и не имеющий противопоказаний и отводов по медицинским показателям.

9.2. Персонал, приступающий к работе впервые проходит стажировку на рабочем месте под руководством опытного работника в течении 10 рабочих смен.

9.3. Работающие со стендом пневматических испытаний проходят обучение и сдают квалификационные экзамены на знание «правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

9.4. Начинать работы следует при условии выполнения норм освещенности рабочих мест, исправности приточно-вытяжной вентиляции и нормальной температуры воздуха в рабочих помещениях.

9.5. Остановка работ выполняется с учетом требований по закрытию помещений на длительный период или праздники, в порядке, установленном Указанием Главного инженера учреждения.

10 ВОЗМОЖНЫЕ НЕПОЛАДКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, ИХ ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ.

Таблица А.3. Возможные неполадки технологического процесса их причины и способы устранения

Возможные неполадки	причины возникновения неполадок	способы устранения неполадок
Отключение электроснабжения здания 19	Подсадка напряжения в сети	Отключить аппаратуру и приборы. Сообщить об отключении дежурному ГПП зд. 10 тел. 133-50
Пожар или угроза возникновения пожара		Отключить аппаратуру и приборы. Сообщить об отключении дежурному СПЧ-7 тел. 01

11 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

11.1. Выполнение требований инструкций по охране труда и промышленной безопасности.

11.2. Выполнение требований инструкции по пожарной безопасности.

11.3. Выполнение требований межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

11.4. Выполнение требований «правил по безопасному устройству и эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

11.5. Выполнение требований правил внутреннего трудового распорядка для работников ГНЦ ИФВЭ.

11.6. Классификация производственных и вспомогательных помещений.

Таблица А.4. Классификация производственных и вспомогательных помещений по их взрывной и пожарной опасности

Наименование зданий, помещений	Категория зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	Класс взрывоопасной или пожароопасной зоны по ПУЭ	
Здание 19			
Помещения 101, 102, 104, 105, 115, 116, 117, 118А, 118	П-П А	Г	АПС, оповещение о пожаре, запасные выходы на улицу
Помещения 103, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 114А.	П-П А	В-4	АПС, оповещение о пожаре, запасные выходы на улицу

11.7. Система защиты от молний выполнена по кровле здания стальной полосой 40 x 5 мм² с заземлением в очаге заземления с западной стороны здания 19. Защита от статического электричества – заземление металлических ручек дверей в помещения на контур защитного заземления, заземление корпусов электрооборудования, металлических стеллажей.

11. 8. Кратность воздухообмена общей приточно-вытяжной вентиляции соответствует санитарным нормам, шум (60 дБА) и освещенность (200 лк) на рабочих местах соответствуют санитарным нормам.

11.9. Спецодежда, обувь и средства индивидуальной защиты, необходимые для работающих выдаются в соответствии с нормами по утвержденному перечню .

11.10. Имеющиеся средства пожаротушения:

кран пожарного водопровода в помещении №107;

огнетушители ОУ-5 в помещениях – 10 шт.

12 ВОЗМОЖНЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ И ПРАВИЛА ОСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Основные возможные виды аварийных ситуаций:

12.1. Отключение электроэнергии,

12.2. Пожар на установке или угроза его возникновения;

Действия персонала по устранению аварийной ситуации в случае угрозы или возникновения пожара проводятся в соответствии с п.10 настоящего технологического регламента и инструкции по взаимодействию с подразделениями и руководством СПЧ-7.

13 ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА, СТОЧНЫЕ ВОДЫ И ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ

Таблица А.5. Твердые и жидкие отходы

Наименование отхода	Количество кг/ сутки	Периодичность образования	Куда складывается, транспорт	Метод и место захоронения, утилизации или обезвреживания	Примечания
ТБО	10	Вывоз по мере наполнения не реже 1 раза в неделю	Контейнер, мусоровоз	Полигон ТБО	
Обрезки металлических трубок	1		Контейнер для металла цветного	Склад металлолома	
Вода с следами кальцинированной соды	25	1 раз в сутки		Хоз-фекальная канализация	

Таблица А.6. Сточные воды

Наименование стоков.	Количество образования сточных вод м ³ /смену	Метод утилизации или обезвреживания	Периодичность сброса	Куда сбрасывается	Установленная норма содержания загрязнений	Примечание
Вода со следами ПАВ (кальцинированная сода)	0,05	канализация	1 раз/сутки	Канализация бытовая	Не нормируется	

Таблица А.7. Выбросы в атмосферу

Наименование сбросов.	Количество образования выбросов по видам м ³ /час	Метод утилизации или обезвреживания выброса	Периодичность выбросов	Установленная норма содержания загрязнений в выбросах	Примечание
Азот газ	0,05	Сброс в атмосферу	10 раз в смену		1.5 м выше конька кровли
Гелий газ	0,005		10 раз в смену		1.5 м выше конька

Таблица А.8. Спецификация технологического оборудования

Номер помещения по схеме	наименование оборудования	Кол., штук	техническая характеристика	Примечание
101	Стеллажи, измерительный инструмент, сушильный шкаф, ультразвуковая ванна	3	Исполнение УХЛЗ влагозащищенное	Металлическая тара
113	Стапель, манометрическая станция, оснастка	1	Шкаф с 40 л баллонами азот и гелий	На улице, подача по трубопроводу ϕ 10 мм
112А	Пост вакуумный, течеискатель.	1	Вакуумный насос, течеискатель, вакуумметры	Газовая смесь азот+гелий (90+10%)
102	Стенд высоковольтного электроиспытания	1	Испытательное напряжение 2,5 кВ	Сетчатое ограждение

Таблица А.9. Движение комплектующих и материалов в процессе сборки прецизионных дрейфовых трубок с полеформирующими электродами

Номер помещения по схеме	наименование стадии технологического процесса	Примечание
101	Комплектация, входной контроль, мойка, сушка	
113	Сборка на стапеле	
112А	Испытания на плотность и герметичность	
112	Испытания высоковольтные, проверка электрических соединений и контроль параметров	
102	Складирование, упаковка	

14 ПЕРЕЧЕНЬ ИНСТРУКЦИЙ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ДЛЯ ДАННОГО ОБЪЕКТА

Перечень обязательных инструкций и нормативно-технической документации для сектора больших трековых детекторов отделения экспериментальной физики установлен в соответствии с требованием правил охраны труда, промышленной и радиационной безопасности, электробезопасности, согласован с отделом охраны труда и промышленной безопасности и утвержден главным инженером учреждения.

Разработал:

Р.М. Фахрутдинов

УТВЕРЖДАЮ
 Главный инженер
 _____ А.А. Брагин
 «__» _____ 2012 г.

15 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

ПРОИЗВОДСТВО ТРЕКОВОГО ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДРЕЙФОВЫХ ТРУБОК
 С ПОЛЕФОРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕКТРОДАМИ

№ п/п	Содержание операции	Инструмент, приспособ- ления	Технические условия	Контроль параметров	Контрольный инструмент
1	2	3	4	5	6
1	<p>Комплектация на 1 шт. Дрейфовая трубка Ф 30 х 0,4 мм - 288 шт. (Длина трубки определяется типоразмером камеры) Швеллеры конструктива поперечные -3 шт. Швеллеры конструктива продольные -2 шт. Стрип технологический – 6 шт. Крепеж латунный – в соотв. с чертг. на данный типоразмер камеры. Газовый переходник -288 шт. Контактный колпачок - 576 шт. Заземляющий штырь -576 шт. Ниппель запорный - 12 шт.</p>	<p>Стеллаж: Коробки:</p>	<p>+22С ± 2⁰С 100 000 Класс по FS 209, 8 Класс по ISO 14644-1</p>	<p>Температура Запыленность Относительная влажность 40-60%</p>	<p>Термогигрометр КТ-905 счетчик частиц в воздухе HANDILAZ MINI</p>

1	2	3	4	5	6
2	Входной контроль		+22С± 2 ⁰ С	<p>Трубка: Отклонения по длине Отклонение цилиндричности Отклонение прямолинейности Наличие в базе данных прохождении в/в и вакуумных испытаний</p> <p>Швеллеры конструктива камеры и стрипы: Отклонение размеров</p> <p>Газовый переходник, контактный колпачок, заземляющий штырь: Соответствие чертежу</p>	<p>Шаблон –пробка +микрометр Индикатор микрометрический</p> <p>Гранитный калиброванные щупы Микрометр 0-25 мм</p> <p>Рулетка Индикатор микрометрический</p> <p>Штангенциркуль Микрометр 0-50 мм</p>

3	Очистка деталей и комплектующих	Ванна для очистки ультразвуком, ПАВ	Вода 25 ⁰ С, 15 мин. Вода дистиллированная 25 ⁰ С 15 мин. Этиловый спирт, 15 мин		Термометр для воды. Мерник для ПАВ. Уровень воды по метке.
4	Сушка	Камера сушильная	Воздух 39С, 25 мин +22С± 2 ⁰ С		Термогигрометр.
5	<p>Склейка 1-го ряда дрейфовых трубок</p> <p>1.Укладка дрейфовых трубок на позиционирующие гребенки</p> <p>2.Позиционирование и фиксация трубок технологическими отверстиями вниз, фиксация вакуумными присосками</p> <p>3.Нанесение клея на слой трубок</p> <p>4.Установка стрипов на технологической траверсе</p> <p>5.Приклеивание стрипов к 1-му ряду дрейфовых трубок</p>	<p>Сборочный гранитный стол</p> <p>Стеллаж с дрейфовыми трубками</p> <p>Позиционирующая оснастка</p> <p>Клеевая машина</p> <p>Стеллаж со стрипами; Технологическая траверса (пр-во ИФВЭ)</p> <p>Картридж с двухкомпонентным клеем DP460</p>		<p>Визуальный контроль</p> <p>Контрольная лампа вакуумного поста</p> <p>Визуальный контроль</p> <p>Визуальный контроль</p> <p>Визуальный контроль</p>	<p>Тампон со спиртом для удаления излишков клея</p> <p>Щуп микрометрический</p> <p>Тампон со спиртом для удаления излишков клея</p>

6	Склейка 2-го ряда дрейфовых трубок				
	1.Поднятие в верхнее положение технологической траверсы с 1-м слоем дрейфовых трубок	Технологическая траверса (пр-во ИФВЭ)		Визуальный контроль	
	2.Укладка дрейфовых трубок 2-го ряда на позиционирующие гребенки	Стеллаж с дрейфовыми трубками		Визуальный контроль	
	3.Позиционирование и фиксация трубок технологическими отверстиями вниз, фиксация вакуумными присосками	Позиционирующая оснастка		Контрольная лампа вакуумного поста	
	4.Нанесение клея на ряд трубок	Клеевая машина	Двухкомпонентный клей AW106 + HV 953U	Визуальный контроль	Тампон со спиртом для удаления излишков клея
	5.Опускание технологической траверсы с первым рядом трубок на трубки второго ряда	Технологическая траверса (пр-во ИФВЭ) Ограничительные опорные тумбы		Опускание до касания ограничительных опорных тумб	Щуп микрометрический
7	Склейка 3-го ряда дрейфовых трубок	Сборочный гранитный стол	+22С±2 ⁰ С		
	1.Поднятие в верхнее положение технологической траверсы с двумя предыдущими слоями дрейфовых трубок	Технологическая траверса (пр-во ИФВЭ)		Визуальный контроль	

	2. Укладка дрейфовых трубок 3-го ряда на позиционирующие гребенки	Стеллаж с дрейфовыми трубками		Визуальный контроль	
	3. Позиционирование и фиксация трубок технологическими отверстиями 4. Нанесение клея на ряд трубок	Позиционирующая оснастка Клеевая машина	Двухкомпонентный клей AW106 + HV 953U	Контрольная лампа вакуумного поста Визуальный контроль	Тампон со спиртом для удаления излишков клея
	5. Опускание технологической траверсы с предыдущими двумя рядами трубок на трубки третьего ряда	Технологическая траверса (пр-во ИФВЭ) Ограничительные опорные тумбы		Опускание до касания ограничительных опорных тумб	Щуп микрометрический
8	Сборка несущего конструктива камеры	Стеллаж с продольными и поперечными швеллерами Стол сборочный специальный	+22С±2 ⁰ С	Температура	Термогигрометр. Щуп микрометрический
9	Склейка камеры на сборочном гранитном столе	Стол сборочный гранитный	+22С±2 ⁰ С	Температура	Термогигрометр.
10	Испытания на герметичность	Стенд пневмовакuumных испытаний	+22С±2 ⁰ С	Давление Р _и =0,15 МПа сухой азот Точка росы – 45 ⁰ С Газовая смесь: Сухой азот -90% Гелий Б -10% Натекание -1x10 ⁻⁶ Па л/с	Манометрическая станция Течеискатель ASM-310 Термогигрометр.

11	Высоковольтные испытания	Стенд высоковольтных испытаний		Ui = 2,5 кВ измерение вольт-амперной характеристики	Персональный компьютер, КАМАК-модуль, программа контроля
12	Оформление протокола испытаний и паспорта изделия			Занесение результатов испытаний в базу данных участка проволочных детекторов ИФВЭ	Персональный компьютер
13	Маркировка и упаковка	Коробка с маркировочным и этикетками			

16 МАРШРУТНЫЙ ЛИСТ

Производство трекового детектора на основе дрейфовых трубок с полеформирующими электродами

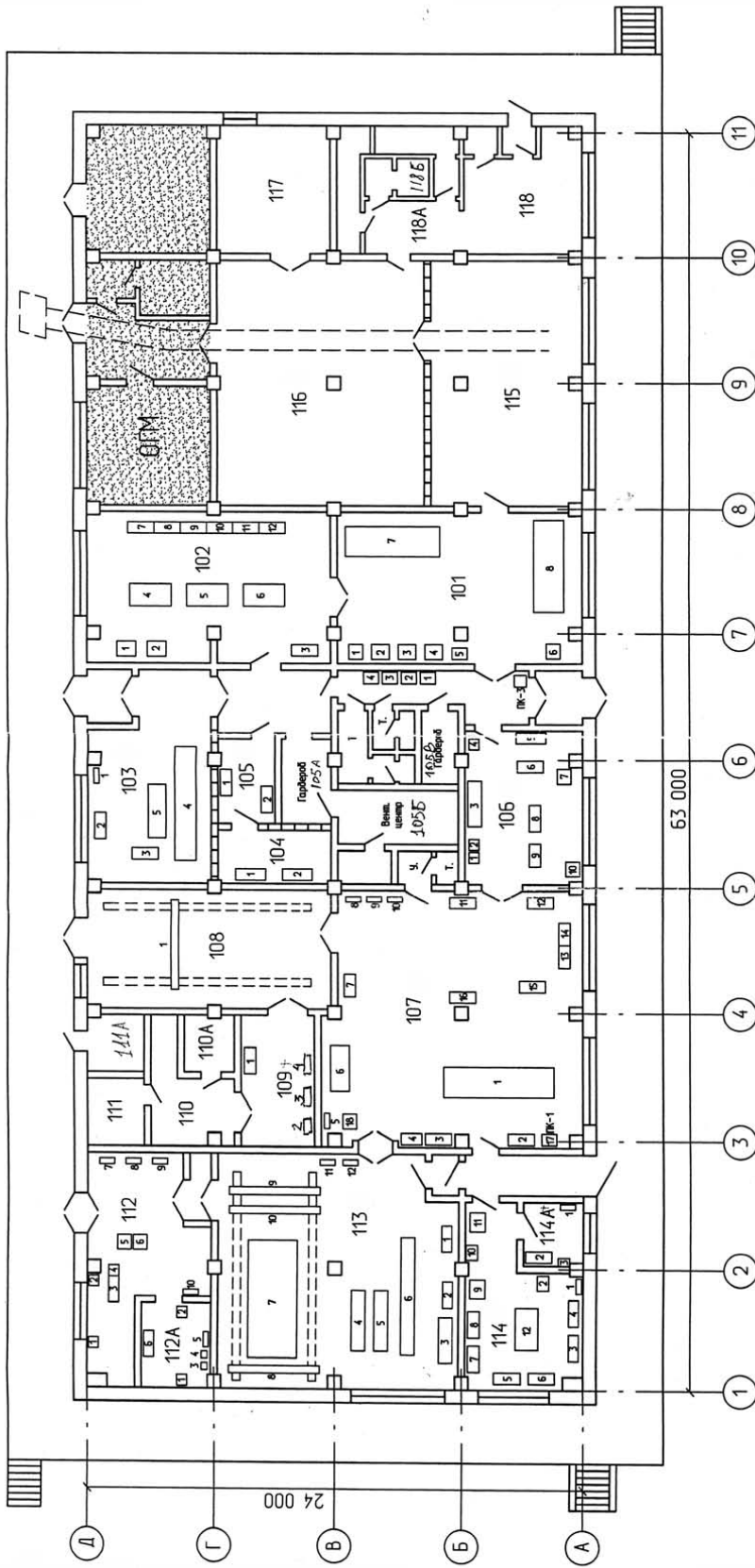
Дата	Номер партии	Номер изделия			
Наименование операции			Исполнитель	Отметка о выполнении	Отметка контролера
					Примечание

по технологической карте	Ф.И.О.			
1	2	3	4	5
1.Комплектация				
2. Входной контроль				
3.Очистка деталей и комплектующих				
4. Сушка				
5. Склейка 1-го ряда дрейфовых трубок				
5.1. Укладка дрейфовых трубок на позиционирующие гребенки				
5.2. Позиционирование и фиксация трубок технологическими отверстиями вниз, фиксация вакуумными присосками				
5.3. Нанесение клея на слой трубок				
5.4. Установка стрипов на технологической траверсе				
5.5. Приклеивание стрипов к 1-му ряду дрейфовых трубок				
6. Склейка 2-го ряда дрейфовых трубок				
6.1. Поднятие в верхнее положение технологической траверсы с 1-м слоем дрейфовых трубок				
6.2.Укладка дрейфовых трубок 2-го ряда на позиционирующие гребенки				
6.3. Позиционирование и фиксация трубок технологическими отверстиями вниз, фиксация вакуумными присосками				

6.4. Нанесение клея на ряд трубок					
6.5. Опускание технологической траверсы с первым рядом трубок на трубки второго ряда					
7. Склейка 3-го ряда дрейфовых трубок					
7.1. Поднятие в верхнее положение технологической траверсы с двумя предыдущими слоями дрейфовых трубок					
7.2. Укладка дрейфовых трубок 3-го ряда на позиционирующие гребенки					
7.3. Позиционирование и фиксация трубок технологическими отверстиями вниз, фиксация вакуумными присосками					
7.4. Нанесение клея на ряд трубок					
7.5. Опускание технологической траверсы с предыдущими двумя рядами трубок на трубки третьего ряда					
8. Сборка несущего конструктива камеры					
9. Склейка камеры на сборочном гранитном столе					
10. Испытания на герметичность					
11. Высоковольтные испытания					
12. Протокол испытаний и Паспорт изделия					
13. Маркировка и упаковка					

Руководитель работ _____

План размещения оборудования участка проволочных детекторов в зд. 19.



"Утверждено"
21. инженер ЦФБЭ
Б.А. Серебряков
27.12.01.

Начальник ООТ _____ / Т.М. Лялина. /

Начальник ПЧ-7 _____ / В.Н. Кострюков. /

Главный врач ЦГСЭН _____ / С.А. Вылегжанин. /

Координатор участка, С.Н.С. _____ / Р.М. Фахрулдинов. /
25.12.01

17 Перечень оборудования, установленного в помещениях сектора больших трековых детекторов

№ помещения	№ п/п	Наименование оборудования
101	1	Вытяжной шкаф
	2,3,4	Столы монтажные
	5,6	Шкафы сушильные
	7,8	Стеллажи для мюонных камер
102	1,2	Станки сверлильные
	3	Стеллаж
	4,5,6	Столы монтажные
	7-12	Столы слесарные
103	1	Щит электрический РЩ-3
	2,3,4,5	Столы монтажные
104	1,2	Стеллажи
105	1,2	Стеллажи
106	1,2,4	Шкафы металлические
	3,5	Стеллажи
	6,8,9	Столы письменные
	7	Стойка «Вишня»
	10	Шкаф книжный
107	1	Стол сборочный чугунный
	2,3,11,12,16	Стеллажи
	4	Шкаф вытяжной
	5,8,8,10	Щиты лабораторные электрические
	6,18	Течеискатели гелиевые ТИ1-14
	7,13,14,15	Столы юстировочные
	17	Пожарный кран № 1
108	1	Кран однобалочный
109	1,2,3,4	Стеллаж, сверлильный станок, заточной ст.
110-111		Вентиляционный центр
112	1,2	Кондиционеры БК-2000
	3	Стол письменный
	4	Шкаф металлический
	5,6	Стойки «Вишня»
	7,8	Шкафы электрические
	9,10	Щиты электрические

№ помещения	№ п/п	Наименование оборудования
112А	1,2	Ресиверы
	3,4	Насосы вакуумные 2НВР-5ДМ
	5	Щит электрический ЩА-6
	6	Стол рабочий
113	1	Кондиционер Hitachi
	2	Кондиционер КТ-2
	3,4,5	Стеллажи
	6	Сборочный стапель дрейфовых трубок
	7	Гранитный стол для сборки мюонных камер
	8,9	Электрические тали
	10	Кран однобалочный
	11,12	Щиты электрические
114	1	Щит электрический лабораторный ЩЛ-6
	2	Станок сверлильный
	3	Стол слесарный
	4	Стол радиомонтажный
	5,6,8	Столы письменные
	7	Микроскоп УИМ-23
	9,11	Шкафы металлические
	10	Раковина умывальная
	12	Стол рабочий
114А	1	Щит электрический лабораторный ЩЛ-6
	2	Стол письменный
	3	Шкаф книжный
115-118		Складские помещения со стеллажами

18 Фотографии дрейфовой трубки с полеформирующими электродами (проводами)

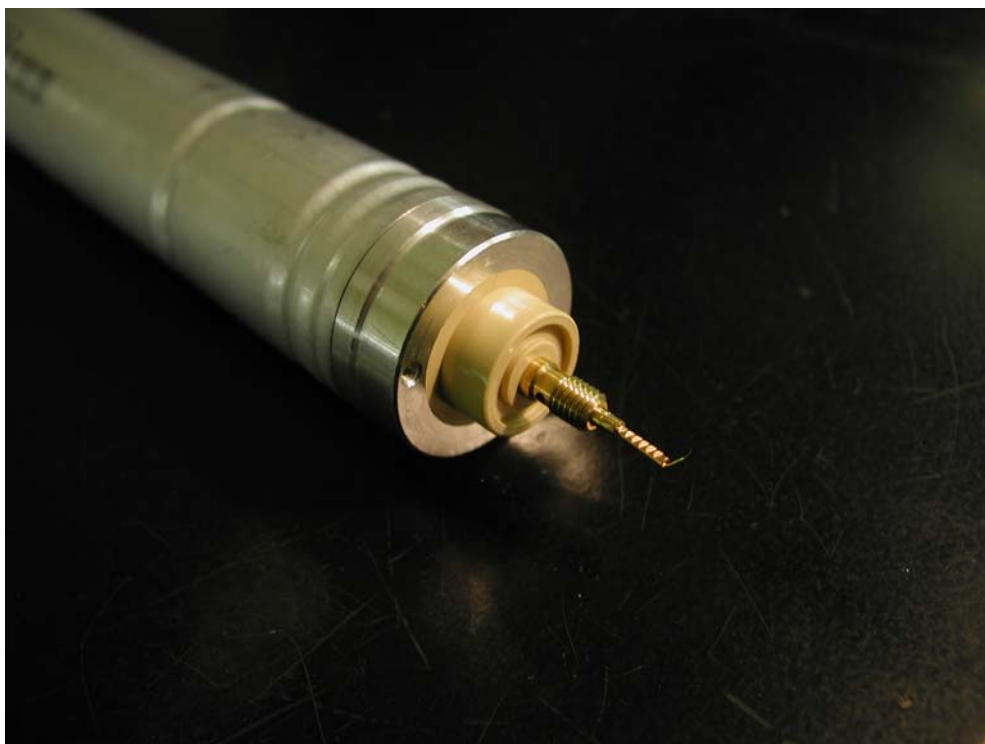
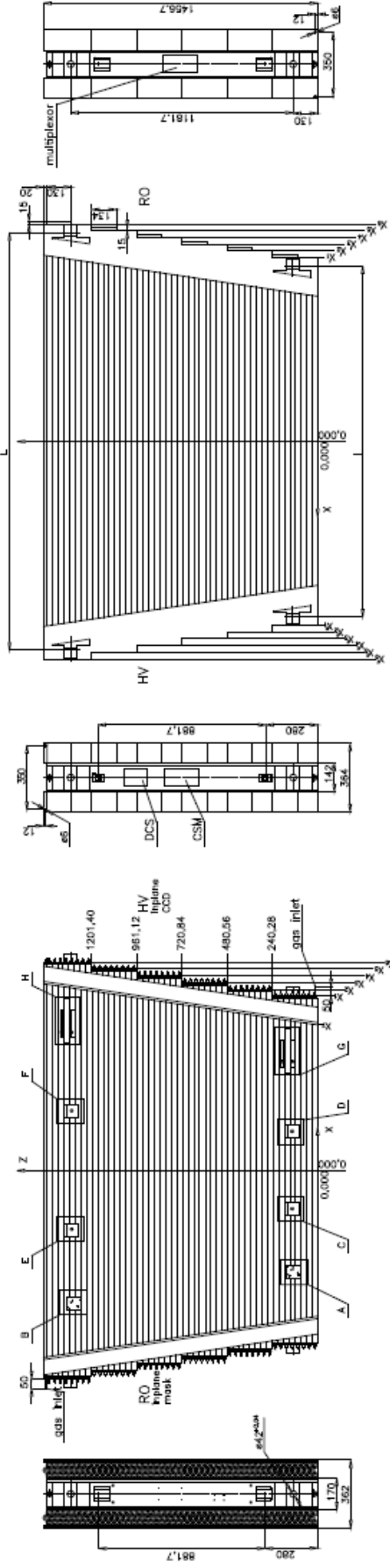


Рисунок А.7 – Концевой элемент дрейфовой трубки



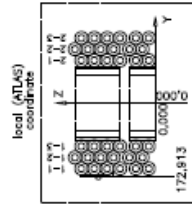
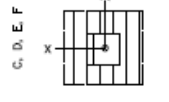
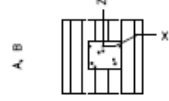
Рисунок А.8 – Общий вид дрейфовой трубки.

19 Сборочный чертёж камеры.



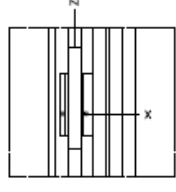
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
EOS4A	1380.751	1416.751	1452.751	1488.751	1524.751	1560.751	1596.751	1632.751	1668.751
EOS5A	1596.751	1632.751	1668.751	1704.751	1740.751	1776.751	1812.751	1848.751	1884.751
EOS6A	1812.751	1848.751	1884.751	1920.751	1956.751	1992.751	2028.751	2064.751	2100.751

	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
EOS4A	3143.16	2788.06	1430	1488	1522	1536	1574	1610	1438
EOS5A	3575.16	3221.06	1648	1682	1716	1750	1788	1824	1654
EOS6A	4007.16	3653.06	1862	1896	1934	1970	2008	2044	1874



	X	Y	Z	X	Y	Z
EOS4A	1003.16	136.16	1165.751	1306.82		
EOS5A	1227.17	151.15	1479.751	1506.53		
EOS6A	1454.84	175.086	1896.521	1767.52		

	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
EOS4A	517.291	57.094	418.241	137.081	711.791	1308.461	818.241	1368.461	
EOS5A	737.291	57.094	838.241	137.081	811.791	1308.461	818.241	1368.461	
EOS6A	917.291	57.094	1265.241	137.081	1011.791	1308.461	818.241	1368.461	



	X	Y	Z	X	Y	Z
EOS4A	1056.144	255.248	2003.343	1386.593		
EOS5A	1227.653	275.086	1442.221	1366.593		
EOS6A	1488.303	310.368	1637.898	1366.593		

EOS4-EOS6 side A

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный научный центр Российской Федерации – Институт физики высоких энергий»
(ФГБУ ГНЦ ИФВЭ)

Утверждаю:

Главный инженер



А.А. Брагин А.А. Брагин

_____ 2013 г.

РАЗОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ
«ПРОИЗВОДСТВО СЦИНТИЛЛЯТОРОВ МЕТОДОМ ПЛАВЛЕНИЯ
ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ГРАНУЛ В ФОРМАХ С ЗЕРКАЛЬНЫМИ
СТЕНКАМИ»

СОГЛАСОВАНО:

Заместитель директора по
инновационной деятельности и
общим вопросам

Солдатов А.П.

Начальник отделения
экспериментальной физики

Зайцев А.М.

Начальник отдела охраны труда и
промышленной безопасности

Козлов Г.В.

Главный механик

Исайкин В.Н.

/ Главный энергетик

Хамин С.В.

Главный метролог

Сорокин Б.В.

Начальник ОНТИ

Михайлин В.Н.

Срок действия до 01.05.2014 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Общая часть.	141
2. Порядок внесения изменений и дополнений в технологический регламент.	141
3. Контроль за соблюдением технологического регламента.	141
4. Общая характеристика подразделения.	142
Назначение технологического процесса.	142
5. Характеристика исходного сырья, полуфабрикатов, готовой продукции и вспомогательных материалов.	143
6. Описание технологической схемы процесса.	143
7. Нормы технологического режима и метрологическое обеспечение.	146
8. Контроль технологического процесса.	146
9. Основные правила пуска и остановки производственного процесса при нормальных условиях.	147
10. Возможные неполадки технологического процесса, их причины и способы устранения.	147
11. Основные правила безопасного ведения технологического процесса.	147
12. Возможные аварийные ситуации и правила остановки производственного подразделения.	148
13. Отходы производства, сточные воды и выбросы в атмосферу.	148
14. Перечень инструкций и нормативно-технической документации обязательных для данного объекта.	152
15. Технологическая схема.	153
16. Маршрутный лист.	154
17. План размещения оборудования в помещениях для изготовления сцинтилляционных пластин методом плавления в формах с зеркальными стенками.	157
18. Перечень оборудования, установленного в помещениях для изготовления пластин методом плавления в формах с зеркальными стенками.	158
19. Общие виды пластин.	159

1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Технологический регламент является основным документом, определяющим режимы и порядок проведения операций технологического процесса, обеспечивающего выполнение требований конструкторской документации.

1.2. Безусловное соблюдение всех требований технологического регламента обязательно, так как обеспечивает получение готовой продукции требуемого качества, рациональное и экономичное ведение производственного технологического процесса, сохранность оборудования, безопасные условия труда и защиту окружающей природной среды.

1.3. Приведенный технологический регламент является разовым – на выпуск планируемого объема разовой партии продукции в составе комплекса научно-исследовательских работ.

1.4. Срок действия разового технологического регламента один год.

2 ПОРЯДОК ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ

2.1. При необходимости внесения изменений или дополнений в действующий технологический регламент необходимо представить пояснительную записку с описанием и обоснованием необходимости внесения этого изменения или дополнения и ссылкой на основании каких документов они вносятся (протокол технического совета учреждения, предписание служб государственного надзора, рацпредложение и т.п.);

2.2. Оформление изменений или дополнений к технологическому регламенту, их согласование и утверждение производится в том же порядке, что и самих регламентов. Срок действия изменения или дополнения – до истечения срока действия всего регламента в целом.

2.3. Изменения в технологический регламент вносятся:

2.3.1. при изменении параметров сигнализации и блокировок аппаратов и трубопроводов в пределах допустимых (расчетных параметров);

2.3.2. при изменении государственных или отраслевых стандартов, технических условий на сырье и вспомогательные материалы, готовые продукты или полуфабрикаты и т.п.;

2.3.3. при необходимости дополнительного контроля сточных вод и выбросов в атмосферу, устанавливаемого по требованиям службы санитарного надзора;

2.3.4. при корректировке перечня обязательных инструкций и нормативно-технической документации в связи с переизданием или их изменением или требованиями органов государственного надзора. Эти изменения и дополнения вносятся в регламент при очередной его переработке.

2.4. Подлинник изменения хранится с подлинником регламента, а копии с него – вместе с копиями регламентов,

2.5. При очередной переработке все ранее утвержденные изменения и дополнения должны быть внесены в технологический регламент.

3 КОТРОЛЬ ЗА СОБЛЮДЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА

3.1. Руководители работ, операторы и другие работники подразделения обязаны вести технологический процесс в строгом соответствии с утвержденным технологическим регламентом.

3.2. Технологический персонал должен записывать показатели технологического режима в маршрутные листы не реже чем каждые 2 часа. Показатели технологического режима, получаемые автоматизированным способом, должны архивироваться в конце смены.

Объем фиксируемых в маршрутных листах параметров должен быть не менее объема, предусмотряемого нормами технологического режима регламента.

3.3. Руководители работ обязаны ежедневно просматривать технологические журналы, маршрутные листы, картограммы контрольно-измерительных приборов и давать письменные указания по устранению выявленных за истекшие сутки отклонений от регламента.

3.4. Периодический контроль соблюдения технологического режима осуществляется работниками отделов главных специалистов согласно утвержденным главным инженером учреждения графикам.

3.5. Систематический контроль над соблюдением технологического регламента возлагается на отдел научно-технической информации учреждения.

3.6. На рабочих местах должны быть вывешены следующие выписки из технологического регламента:

Нормы технологического режима (технологическая карта);

3.7. В составе технологического регламента разрабатываются технологические карты, инструкции по эксплуатации, другие документы.

3.8. Технологические карты пересматриваются и утверждаются главным инженером предприятия не реже 1 раза в 2 года.

4 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ НАЗНАЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

4.1. Полное наименование производственного подразделения:

Сектор сцинтилляционных и фотоэлектронных приборов отделения экспериментальной физики.

Назначение подразделения: разработка и изготовление пластмассовых сцинтилляционных детекторов нового типа для экспериментальных установок, применяемых в физике высоких энергий и других отраслях науки и техники. Назначение технологического процесса - создание патентоспособной, экономичной технологии изготовления радиационно-стойких сцинтилляторов методом плавления опудренных сцинтилляционными добавками полистирольных гранул в формах с зеркальными стенками.

Год ввода в действие подразделения – 1999 г.

4.1.2. Общий состав производственного подразделения:

Научные сотрудники – 5

Инженеры – 6

Рабочие – 6

4.1.3. Наименование организации, разработавшей технологический процесс – ФГБУ ГНЦ ИФВЭ.

Количество описываемых в регламенте технологических потоков – 1.

5 ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНОГО СЫРЬЯ, ПОЛУФАБРИКАТОВ, ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица Б.1. Перечень используемых компонентов и материалов

№ п/п	Наименование оборудования, материала	Нормативный документ
1	Полистирольные гранулы BASF-124Н	Паспорт партии
2	Паратерфенил.(1,4-дифенилбензол) сцинтилляционный	Паспорт партии
3	РОРОР (1,4-ди-(2-(5фенил)-оксазол)бензол)	Паспорт партии
4	Спирт изопропиловый	ТУ-2632-015-11291058-95
5	Аргон газообразный	Производство ИФВЭ
6	Салфетка протирочная х/б	
7	Форма из зеркальной нержавеющей стали	Производство ИФВЭ
9	Перчатки хлопчатобумажные	
10	Перчатки резиновые	ГОСТ 12.4.011-89
11	Маски медицинские трёхслойные	
12	Рукавицы	ГОСТ-12.4.010-75
13	Отвертка	

6 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ПЛАСТИН МЕТОДОМ ПЛАВЛЕНИЯ ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ГРАНУЛ В ФОРМАХ С ЗЕРКАЛЬНЫМИ СТЕНКАМИ

Порядок производства сцинтилляционных плит методом расплава полистирольных гранул.

1-я стадия - Подготовка сырья.

1.1. Полистирольные гранулы, расфасованные по 25 кг в полиэтиленовые мешки, хранятся на складе сырья. На участок поступает сменный запас гранул, которые сушатся в сушильной камере при температуре 60 °С в течение 8 часов.

1.2. Взвешивается необходимое количество сцинтилляционных добавок из расчёта 2% паратерфенила и 0,05% РОРОР от массы полистирольных гранул. Добавки измельчаются в производственной кофемолке.

1.3. В смеситель для опудривания гранул (пьяную бочку) загружается необходимое количество гранул и смесь добавок. Перемешивание компонентов и опудривание гранул осуществляется в течение 40 минут. Опудренные гранулы выгружаются в полиэтиленовые мешки. Мешки плотно закрываются.

2-я стадия - Подготовка сборной формы для плавления.

2.1. Форма для плавления должна быть очищена от остатков полистирола механически без применения режуще-колющих инструментов. Остатки крошки удаляются пылесосом.

2.2. Проверяется геометрия формы и качество сборки.

Вся внутренняя поверхность формы протирается салфеткой, смоченной изопропиловым спиртом.

2.3. Заполнение форм подготовленными опудренными гранулами производится на рабочем столе вблизи сушильного шкафа. Свободная поверхность гранул в форме выравнивается и уплотняется руками в резиновых перчатках. Около стенок формы по периметру выполняется канавка глубиной 1,5 – 2 см с целью уменьшения высоты облоев.

3-я стадия - Подготовка вакуумного сушильного шкафа к работе.

3.1. Камера вакуумного сушильного шкафа должна быть тщательно вычищена от загрязнений (остатков полистирола, высаженных добавок, масла и т.п.) Очистка производится с помощью металлических скребков (шпателя), салфеток, изопропилового спирта.

3.2. Заполненные формы устанавливаются в шкаф, начиная с нижней полки.

3.3. Проверяется чистота дверцы и уплотнительного кольца печи, кольцо протирается салфеткой, смоченной изопропиловым спиртом. Закрывать дверцу шкафа, закрутить барашки дверцы, не прилагая чрезмерных усилий.

3.4. Напряжение подается с помощью пакетного выключателя, расположенного на правой боковой стороне шкафа.

3.5. Включается шкаф выключателем «Вкл», при этом загорается зелёная подсветка.

3.6. Переключатели «Нагрев по программе» и «Клапан эл.магн.» должны находиться в вертикальном положении.

4-я стадия - проведение технологического процесса.

4.1. За 30 мин до работы включается вытяжная вентиляция.

Включается переключатель «Вакуум/Ин.газ» в положение «Вакуум» (указатель влево).

4.2. Срабатывает электромагнитный клапан насоса, начинается отсос воздуха из рабочей камеры сушильного шкафа.

4.3. На модуле Термодат ВИТ-17ЕЗ запускается пункт «Нагрев по программе»
Время набора номинальной температуры – 1 час 10 мин.

4.4. Через 1,5 часа после начала откачки насос отключается.

4.5. В рабочем журнале записывается время начала плавки, время выключения насоса, текущая температура 1 раз в час, показания вакуумметра, время подачи инертного газа.

4.6. Через 11 часов после включения нагрева в камеру подается инертный газ (аргон):

- открывается баллон с аргоном, шаровой кран газовой магистрали, переключатель «Вакуум/Ин.газ» включается в положение «Ин.газ» (указатель вправо). Заполнение камеры газом происходит за несколько минут;

- при положении стрелки манометра 0,3 атм (30 делений по ЦИ5003) переключатель «Вакуум/Ин.газ» устанавливается в среднее положение;

- закрывается шаровой кран газовой магистрали, баллон с аргоном.

4.7. Через 13 часов после включения шкафа удаляются тепловые экраны с задней части шкафа, включаются вентиляторы. Происходит охлаждение шкафа и расплава полистирола.

4.8. При достижении 100 °С производится разгрузка сушильного шкафа.

5-я стадия - Разгрузка шкафа.

5.1. Включается вытяжная вентиляция в помещении (если она была выключена).

5.2. Переключатель «Вакуум/Ин.газ» включается в положение «Вакуум», при достижении вакуума 10 мм рт ст. (по ВИТ) нажимается кнопка «Натекание». Через 5 минут происходит автоматическое отключение клапана.

5.3. Надеваются теплозащитные рукавицы, открывается дверца сушильного шкафа, вынимаются формы со сцинтилляторами, начиная с верхней полки.

5.4. Подписываются последовательные номера сцинтилляторов.

6-я стадия – Выемка сцинтилляторов

6.1. После полного остывания полистирольных сцинтилляторов производится выемка их из форм, не ранее 3 часов после разгрузки шкафа.

6.2. Переворачивается форма. Под сцинтиллятор подкладывается лист картона. Форма снимается.

6.3. Излишки пластика по краю пластины удаляются напильником.

7-я стадия - Контроль качества сцинтиллятора.

7.1. Измеряются физические параметры сцинтилляторов: световыход, прозрачность, товарный вид, на основании результатов измерений отбраковывается часть пластин.

8-я стадия – Оформление Протокола измерений и Паспорта изделия.

9-я стадия – Маркировка готовых изделий.

9.1. Сцинтилляторы упаковываются в коробки и укладываются в стопку готовой продукции.

9.2. На внешнюю поверхность коробки наклеивается этикетка.

На этикетке нанесена следующая информация:

1. Товарный знак ФГБУ ГНЦ ИФВЭ.
2. Наименование изделия.
3. Номер изделия в базе данных паспортов.
4. Дата выпуска.

После оформления протоколов испытаний и паспорта на изделие (или партию изделий) проводится анализ выявленных негодных изделий, помещенных в «изолятор брака». По результатам анализа негодных изделий принимаются и реализуются корректирующие мероприятия по исправлению несоответствий конструкторской документации. **Негодные изделия утилизируются с предварительным разрушением в целях невозможности их дальнейшего использования.**

7 НОРМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА И МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Таблица Б.2. Нормы технологического режима

Номер стадии процесса	Наименование прибора	Единица измерения	Требуемый класс точности измерительных приборов	Допускаемые пределы технологических параметров		Примечание
				Расчетное	Рабочее технологическое	
4	Измеритель-регулятор температуры Термодат ВИТ - 17Е3	°С	±0,2%	260	250-290	Измерение/ Поддержание Т
4	Вакуумметр ВИТ-14 Т1	мм рт.ст.	0,1	0, 5	0,2 – 0,7	Измерение
4	Контрольно-измерительное устройство давления/вакуума ЦИ-5003-Б/2	кПа	1%	30	20 - 50	Измерение
4	Манометр МВПЗ-УУ2	Кг/см2		0,3	0,2 – 0,5	Измерение
7	Измеритель световыхода на базе ФЭУ-49	%	3	95	80 -110	Измерение
7	Спектрофотометр UNICO	%	1	70	65 - 75	Измерение
7	Штангенциркуль	мм	0,1	500	499,5 – 500,5	Измерение

8 КОНТРОЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

8.1. Аналитический контроль производства по всем стадиям технологического процесса не проводится. Вредные выбросы в атмосферу не превышают предельно допустимых концентраций, загрязнения сточных вод, воздушной среды в помещениях во время технологического процесса не происходит. В обрабатываемых материалах не содержатся агрессивные компоненты.

8.2. Контроль технологического процесса с помощью систем сигнализации и блокировок не проводится.

8.3. Контроль технологического процесса проводится контрольным инструментом, указанным в технологической карте на соответствие требований конструкторской документации.

9 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ПУСКА И ОСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПРИ НОРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

9.1. К работе допускается обученный и проинструктированный по охране труда, электробезопасности и технологическим инструкциям персонал, прошедший периодический медицинский осмотр по вредным факторам производства и не имеющий противопоказаний и отводов по медицинским показателям.

9.2. Персонал, приступающий к работе впервые, проходит стажировку на рабочем месте под руководством опытного работника в течение 10 рабочих смен.

9.3. Работающие на стадии испытаний со стендом плавления гранул проходят обучение и сдают квалификационные экзамены на знание «правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

9.4. Начинать работы следует при условии выполнения норм освещенности рабочих мест, кратности приточно-вытяжной вентиляции и температуры воздуха в рабочих помещениях.

9.5. Остановка работ выполняется с учетом требований по закрытию помещений на длительный период или праздники, в порядке, установленном Указанием Главного инженера учреждения.

10 ВОЗМОЖНЫЕ НЕПОЛАДКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА, ИХ ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ

Таблица Б.3. Возможные неполадки технологического процесса их причины и способы устранения

Возможные неполадки	Причины возникновения неполадок	Способы устранения неполадок
Отключение электроснабжения здания 12	Подсадка напряжения в сети	Отключить аппаратуру и приборы. Сообщить об отключении дежурному ГПП зд. 10 тел. 133-50
Пожар или угроза возникновения пожара	Короткое замыкание	Отключить аппаратуру и приборы. Сообщить об отключении дежурному СПЧ-7 тел. 01

11 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

11.1. Выполнение требований инструкций по охране труда и промышленной безопасности.

11.2. Выполнение требований инструкции по пожарной безопасности.

11.3. Выполнение требований межотраслевых правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.

11.4. Выполнение требований «правил по безопасному устройству и эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

11.5. Выполнение требований правил внутреннего трудового распорядка для работников ГНЦ ИФВЭ.

11.6. Классификация производственных и вспомогательных помещений.

Таблица Б.4. Классификация производственных и вспомогательных помещений по их взрывной и пожарной опасности

Наименование зданий, помещений	Категория зданий и помещений по взрывопожарной и пожарной опасности	Класс взрывоопасной или пожароопасной зоны по ПУЭ	
Здание 12			
Помещения 304, 305, 301а	П-II А	В-3	АПС, оповещение о пожаре

11.7. Система защиты от молний выполнена по кровле здания стальной полосой 40 x 5 мм² с заземлением в очаге заземления с северной стороны здания 12. Защита от статического электричества – заземление металлических ручек дверей в помещения на контур защитного заземления, заземление корпусов электрооборудования, металлических стеллажей.

11.8. Кратность воздухообмена общей приточно-вытяжной вентиляции соответствует санитарным нормам, шум (60 дБ) и освещенность (200 лк) на рабочих местах соответствуют санитарным нормам.

11.9. Спецодежда, обувь и средства индивидуальной защиты, необходимые для работающих, выдаются в соответствии с нормами по утвержденному перечню.

11.10. Имеющиеся средства пожаротушения:
кран пожарного водопровода в коридоре;
огнетушители ОУ-5 в коридоре – 3 шт.

12 ВОЗМОЖНЫЕ АВАРИЙНЫЕ СИТУАЦИИ И ПРАВИЛА ОСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Основные возможные виды аварийных ситуаций:

12.1. Отключение электроэнергии,

12.2. Пожар на установке или угроза его возникновения;

Действия персонала по устранению аварийной ситуации в случае угрозы или возникновения пожара проводятся в соответствии с п.10 настоящего технологического регламента и инструкции по взаимодействию с подразделениями и руководством СПЧ-7.

13 ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА, СТОЧНЫЕ ВОДЫ И ВЫБРОСЫ В АТМОСФЕРУ

Таблица Б.5. Твердые и жидкие отходы

Наименование отхода	Количество кг/ сутки	Периодичность образования	Куда складывается, транспорт	Метод и место захоронения, утилизации или обезвреживания	Примечания
ТБО	10	Вывоз по мере наполнения не реже 1 раза в неделю	Контейнер, мусоровоз	Полигон ТБО	
Обрезки, осколки полистирола, бракованные сцинтилляторы	1 -10	Вывоз по мере наполнения не реже 1 раза в неделю	Контейнер для мусора	Полигон ТБО	

Таблица Б.6. Сточные воды

Наименование стоков.	Количество образования сточных вод м ³ /смену	Метод утилизации или обезвреживания	Периодичность сброса	Куда сбрасывается	Установленная норма содержания загрязнений	Примечание
Вода со следами ПАВ	0,05	канализация	1раз/сутки	Канализация бытовая	Не нормируется	

Таблица Б.7. Выбросы в атмосферу

Наименование сбросов.	Количество образования выбросов по видам м ³ /час	Метод утилизации или обезвреживания выброса	Периодичность выбросов	Установленная норма содержания загрязнений в выбросах	Примечание
Аргон газ	0,05	Сброс в атмосферу	1 раз в смену	Не нормируется	1.5 м выше конька кровли
Пары стирола	0,5	Сброс в атмосферу	1 раз в смену	10 мг/м ³	1.5 м выше конька кровли

Таблица Б.8. Спецификация технологического оборудования

Номер помещения по схеме	Наименование оборудования	Кол., штук	Технические характеристики	Примечание
305	Сушильная установка SOMOS серия TF есо	1	Количество сухого воздуха -70м3/час, мощность7,5 квт, объём бункера-200дм3, вес -190 кг	
305	Смеситель С50 ВТ-1125.00.000 ФО	1	Объём камеры-50 дм3, частота вращения-49об/мин, мощность эл.двигателя-0,75квт	ВТ-1125.00.000
305	Весы лабораторные MWP-3000H	1	Наибольший предел взвешивания-3000г, цена деления-0,1г	
305	Весы электронные ТВ-S-60.2-A2	1	Класс точности – средний, цена деления-10г	Соответствует ГОСТ 29329
303	Вакуумный сушильный шкаф типа СНВС-6,7.12,0/3-И2В	1	Рабочая камера 422 л: диаметр-670мм; глубина-1200мм. Материал - нерж. сталь. Максимальная раб. температура – 300°С. Максимальная глубина вакуума – 2х10-2мм рт. ст. Максимальное избыточное давление в камере – 0,5 атм. Мощность - 10 квт. Время разогрева до номин. раб. темп. – 40 мин. Масса – 350 кг	Соответствует ТУ 3613-001-98730977-2009.
304	Двухступенчатый пластинчатороторный вакуумный насос TRIVAC D60C	1	Номинальная скорость откачки 43м3/ч, предельное абс. давление 3х10-3 мбар, мощность-1500 Вт	
304	Пылесос	1		
304	Производственная кофемолка	1		

Таблица Б.9. Движение комплектующих и материалов в процессе производства

Номер помещения по схеме	Наименование стадии технологического процесса	Примечание
305	Подготовка сырья,	
304	Подготовка сборной формы, подготовка вакуумного сушильного шкафа, проведение техпроцесса, разгрузка шкафа, выемка сцинтиллятора	
301а	Контроль качества сцинтиллятора	
113	Складирование, упаковка	

14 ПЕРЕЧЕНЬ ИНСТРУКЦИЙ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ДЛЯ ДАННОГО ОБЪЕКТА

Перечень обязательных инструкций и нормативно-технической документации для сектора больших трековых детекторов отделения экспериментальной физики установлен в соответствии с требованием правил охраны труда, промышленной и радиационной безопасности, электробезопасности, согласован с отделом охраны труда и промышленной безопасности и утвержден главным инженером учреждения.

Разработал:

В. И. Рыкалин

УТВЕРЖДАЮ
 Главный инженер
 _____ А.А. Брагин
 «__» _____ 2013 г.

**15 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА
 ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ ПЛАСТИН МЕТОДОМ ПЛАВЛЕНИЯ**

Сменная партия 6 штук.

№ пп	Содержание операции	Инструмент, приспособления	Технические условия	Контроль параметров	Контрольный инструмент
1	2	3	4	5	6
1	Комплектация на сменную партию сцинтилляторов из 6 штук с размерами 50×500×500 мм ³ . Опудренные гранулы-72 кг (12кг/пластина);	6 шт. зеркальных форм 100×500×500 мм ³ ; столы; картонные прокладки	+230°С ± 2 ⁰ С Давление аргона 0.3 атм. избыт. 100 000 Класс по FS 209, 8 Класс по ISO 14644-1	Температура, давление Относительная влажность 40-60%	Датчики температуры и давления сушильного шкафа

1		3	4	5	6
2	<p>спирт изопропиловый-50 мл; ткань для протирки пода сушильного шкафа- 1000 см²; Аргон ВЧ -</p> <p>Входной контроль</p>		+22С± 2 ⁰ С	<p>Формы из зеркальной нержавеющей стали: Отклонения размеров по высоте - ± 2 мм Отклонения размеров по ширине - ± 0.3 мм</p>	Штангельциркуль

3	Очистка деталей и комплектовующих	Изопропиловый спирт; бязь	Визуальный контроль		
4	Заполнение форм для плавления гранул	Стол для расположения форм			
	1. Установка форм на столе.				
	2. Очистка внутренней поверхности форм.	Тампон из бязи, спирт			
	3. Уменьшение высоты слоя гранул у стенок формы.	Узкая пластмассовая пластинка	Визуальный контроль		
5	Испытания				Радиоактивный источник, фотоумножитель
5.1	Испытания на световыход.	Стенд для измерения световыхода.	$\pm 5\%$ от эталонной сцинтилляц. пластины		
5.2	Испытания на прозрачность	Стенд для измерения прозрачности	$\pm 10\%$ от эталонной сцинтилляц. пластины		Спектофотометр
	Протокол испытаний				
	Паспорт				

16 МАРШРУТНЫЙ ЛИСТ

**Изготовление сцинтилляционных полистирольных пластин методом
плавления гранул.**

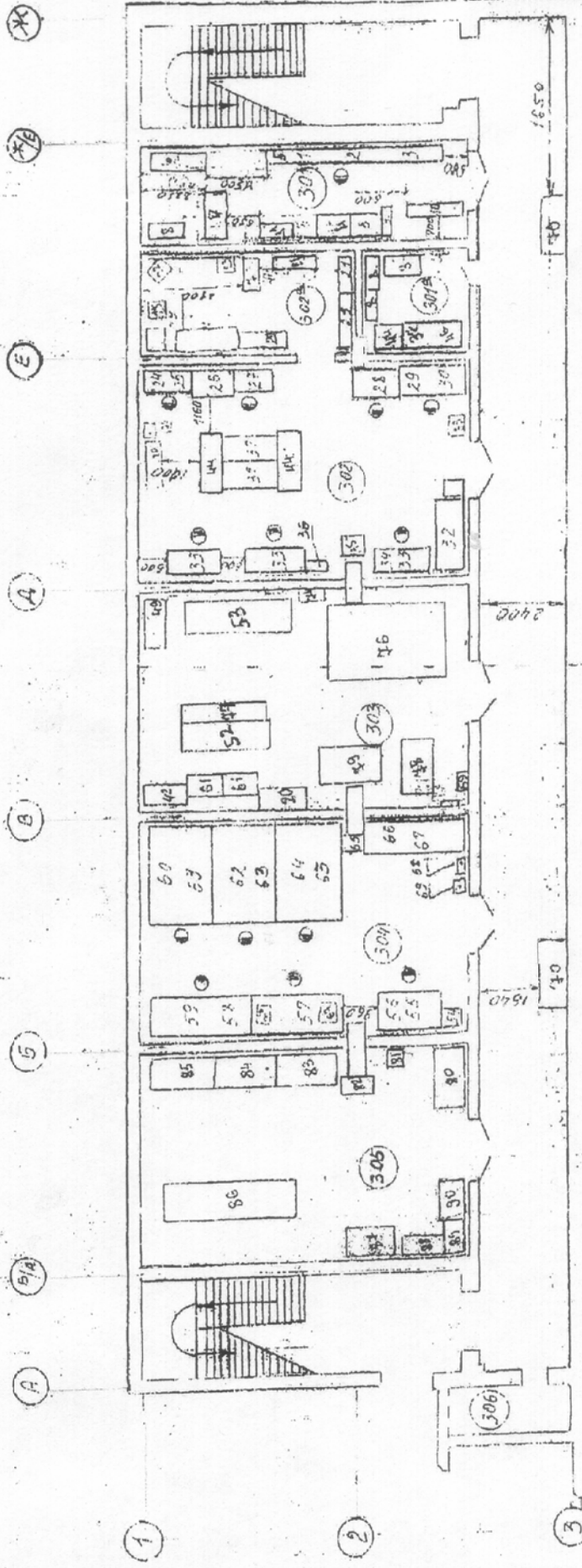
Сменная партия из 6 штук.

Дата	Номер партии	Номер изделия				
Исполнитель						
Наименование операции			Исполнитель	Отметка о выполнении	Отметка контролера	Примечание
по технологической карте			Ф.И.О.			
1			2	3	4	5
1.Комплектация						
2. Входной контроль						
3.Очистка деталей и комплектующих						

4. Заполнение форм для плавления гранул					
4.1. Установка форм на столе.					
4.2. Очистка внутренней поверхности форм.					
4.3. Уменьшение высоты слоя гранул у стенок формы.					
5. Испытания					
5.1. Испытания на световыход					
5.2. Испытания на прозрачность					
6. Протокол испытаний					
7. Отметка о принятии изделия					

Руководитель работ _____

17. ПЛАН РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СДИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ПЛАСТИН МЕТОДОМ ПЛАВЛЕНИЯ В ФОРМАХ С ЗЕРКАЛЬНЫМИ СТЕНКАМИ.
ЗДАНИЕ 12; ОТМЕТКА +7,20; ОСИ А - Ж, 1 - 3



Утверждаю	Инженер	А.Ф. Герасимов
Согласовано	О.Т.Т.	Т.М. Лямина
	А.Ч.7	В.А. Костриков
	ЦГСЭН	Н.В. Майкина
	О.Э.Ф.	В.И. Рыжков

**18 ПЕРЕЧЕНЬ ОБОРУДОВАНИЯ, УСТАНОВЛЕННОГО В ПОМЕЩЕНИЯХ
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЦИТИЛЛЯЦИОННЫХ ПЛАСТИН МЕТОДОМ
ПЛАВЛЕНИЯ В ФОРМАХ С ЗЕРКАЛЬНЫМИ СТЕНКАМИ**

№ помещения	№ п/п	Наименование оборудования
305	87	Смеситель с 50
	88	Стол аудиторный (установлены весы)
	89	Стол аудиторный
	90	Сушильная установка TF 70 есо
	80	Вентиляционное укрытие
	82	Раковина
	81	Дистиллятор
	83	Вытяжной шкаф
	84	Вытяжной шкаф
	85	Вытяжной шкаф
	86	Станок отрезной
303	42	Шкаф вытяжной Ш-1НВЖ
	61	Стол лабораторный
	20	Стол аудиторный
	79	Вакуумный сушильный шкаф СНВС - 6,7.12,0/3-И2В
	78	Сушильный шкаф ШСВ-145
	52,53,77	Столы рабочие
	49	Печь вакуумная ВЦ-0,035
	76	Печь плавления гранул собственного изготовления.
	69	Раковина
301а	44,37	Стол лабораторный
	46	Спектрофотометр
	8	Шкаф лабораторный

19 ОБЩИЕ ВИДЫ ПЛАСТИН

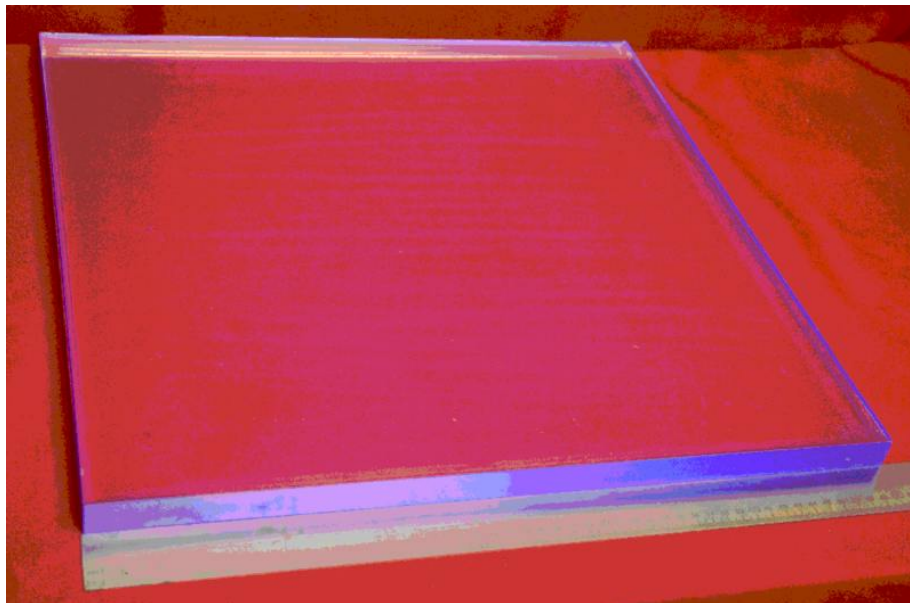


Рисунок Б.1 - Общий вид пластины с размерами $20 \times 500 \times 500 \text{ мм}^3$

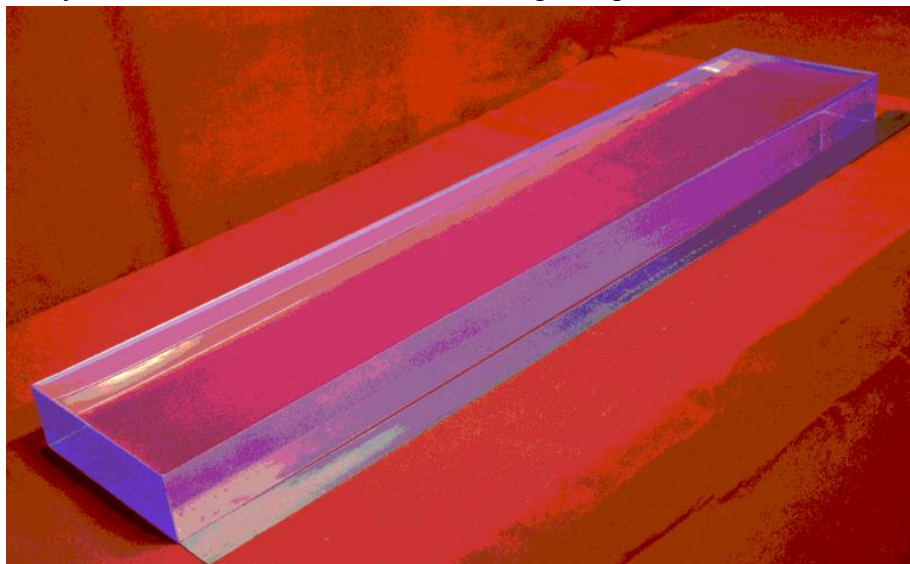


Рисунок Б.2 - Общий вид пластины с размерами $50 \times 500 \times 500 \text{ мм}^3$

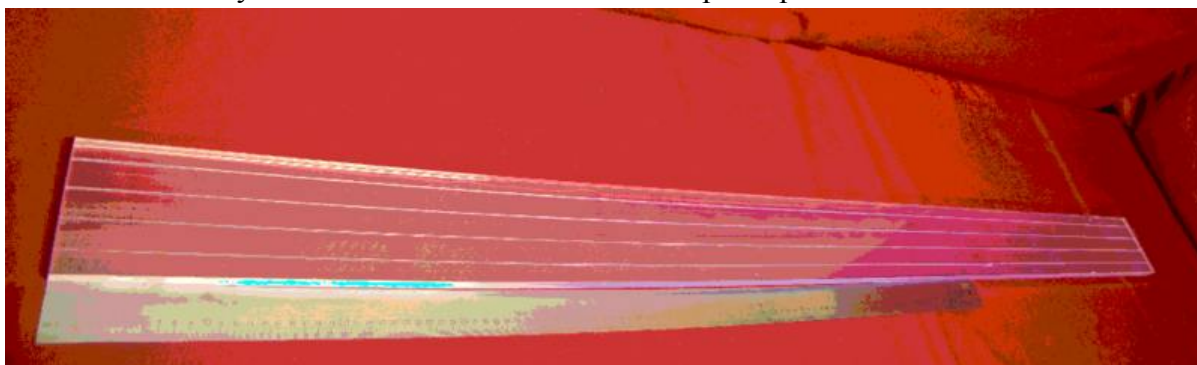


Рисунок Б.3 - Общий вид пластины с размерами $15 \times 100 \times 1800 \text{ мм}^3$ с канавками для размещения спектросмещающих волокон

ПРИЛОЖЕНИЕ В

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель работы
начальник сектора



А.П. Чеплаков

**Техническое задание
на проектирование облучательной установки (ОУ)
на реакторе ИБР-2М.**

Основание для проектирования ОУ:

Договор о проведении научно-исследовательской работы между Минобрнауки России и ГНЦ РФ – ИФВЭ № 11.519.11.6029 от 14 марта 2012 года и составленный на его основании Договор между ФГБУ «ГНЦ РФ-ИФВЭ» и ОИЯИ № 100/1450 от 20 апреля 2012 года.

Исполнитель:

Конструкторское Бюро ЛНФ ОИЯИ, имеющее лицензию на проведение проектно-конструкторских работ по созданию установок для исследований в радиационно-опасных условиях в экспериментальном зале реактора ИБР-2м ОИЯИ.

Цель проектирования:

Разработка конструкторской документации для создания установки на канале №3 реактора ИБР-2м для проведения на ней программы исследований радиационной стойкости образцов материалов и электроники модернизированного детектора АТЛАС, предназначенного для исследований фундаментальных взаимодействий элементарных частиц при повышенной светимости коллайдера БАК в ЦЕРН (Женева).

Результаты выполнения работы по проектированию:

Набор эскизов и чертежей, которые определяют состав установки, расположение ее в экспериментальном зале реактора ИБР-2м, и которые могут быть переданы в производство для изготовления элементов установки.

Требования к разрабатываемой документации:

В ходе работ должны быть разработаны и согласованы с Заказчиком перечень документации, определяемый требованиями настоящего технического задания. Документация предоставляется Заказчику на бумажном носителе в двух экземплярах и в электронном виде в одном экземпляре.

Технические требования

При разработке технического задания на создание облучательной установки следует дополнить существующую оснастку третьего канала, а также максимально использовать опыт предыдущих исследований на установке ультра-холодных нейтронов и имеющиеся оборудование в зоне канала № 3 экспериментального зала реактора ИБР-2м.

Основными составляющими элементами облучательной установки являются размещенный на рельсовом пути массивный стальной цилиндр и прикрепленный к нему в головной части транспортный двутавр. Образцы, подвергающиеся облучению, должны помещаться в металлический контейнер, закрепленный на конце транспортного двутавра. Транспортный двутавр с контейнером устанавливается на стальном цилиндре при помощи разборного фланцевого соединения.

Перемещение заполненного водой стальной цилиндра (одновременно выполняющего защитные функции) по рельсовому пути должно быть обеспечено при помощи механизма электропривода. Управление механизмом перемещения осуществляется с помощью удаленного пульта. Перемещение установки должно быть ограничено концевыми выключателями, аварийными упорами, расположенными в обоих концах рельсового пути, а также механическими

упорами. Механический упор, расположенный в головной части облучательной установки, должен полностью исключить приближение её к задней стенке водяного замедлителя реактора ближе минимально допустимого расстояния, исключая тем самым возможное изменение реактивности реактора.

Облучательная установка имеет биологическую защиту, защищающую персонал от ионизирующего излучения во время работы.

При проектировании цилиндра с водой должна быть предусмотрена возможность проводки внутри его объема по изогнутым трубам электрических кабелей, с помощью которых может осуществляться подача из домика экспериментатора или из экспериментального зала электрического питания и сигналов к исследуемой электронике и детекторам.

В экспериментальном зале реактора должна быть размещена контрольная комната - стандартный домик экспериментатора для пребывания в нем дежурного персонала и размещения источников питания, регистрирующей электроники, вычислительной техники и пр.

Следует обеспечить прокладку кабельных трасс от облучательной установки к домику экспериментатора, предусмотреть подводку к домику экспериментатора электропитания 380 и 220 вольт, стабильного электропитания 220 вольт, прокладку шины защитного заземления в экспериментальном зале и домике экспериментатора.

Облучательная установка должна создать возможность проведения облучения при комнатной температуре образцов материалов за стандартный цикл работы реактора (~12 суток) суммарным потоком быстрых нейтронов вплоть до 5×10^{17} н см⁻². Зона облучения в перпендикулярном сечении должна быть велика ($\sim 20 \times 40$ см²), однородность по указанному сечению потока быстрых нейтронов должна быть на уровне $\sim 20\%$, а величина потока нейтронов на уровне $3 \cdot 10^{12}$ н см² сек⁻¹. В зависимости от цели испытаний относительный вклад в состав пучка нейтронов и гамма-квантов в канале может меняться в пределах от 10% до 90%, для чего необходимо предусмотреть возможность установки перед исследуемыми образцами свинцового фильтра или кадмиевого конвертора. Следует предусмотреть возможность использования санитарного коридора в зоне оси 3 канала для облучения дозами, на 2-3 порядка меньшими по сравнению с максимальными потоками нейтронов и гамма-квантов.

Для мониторинга радиационных потоков и текущего контроля доз, полученных исследуемыми образцами вблизи зоны облучения, необходимо расположить высокочувствительный гамма-детектор, имеющий криогенное охлаждение (дьюар) и обеспечивающий надежную идентификацию гамма-пику в

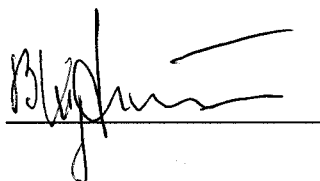
спектрах остаточного излучения. Требуемое энергетическое разрешение $\sim 2-3$ keV. Для подавления внешнего фона гамма-детектор должен быть помещен в специальную защиту (домик).

Основные технико-экономические требования

Созданная по разработанной документации облучательная установка должна обеспечить возможность реализации программы изучения радиационной стойкости образцов и электроники модернизированного детектора АТЛАС для проведения на нем экспериментальных исследований в протонных пучках БАК в 2017-2018 гг. с многократно увеличенной светимостью.

СОСТАВИЛ:

Исполнитель работы
ведущий научный сотрудник



В.В. Кухтин.

Б.А.Серебряков

06.04.2012 г.

ОТДЕЛЕНИЕ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ
ФИЗИКИ

06.04.2012 № 300-13/231

АКТ

ввода в эксплуатацию
установки «КМН (АТЛАС)».

1. Установка «КМН (АТЛАС)» расположена на канале № 23 перед мишенной станцией. Домик экспериментатора № 93 расположен в широкой части галереи (зд. 2А) на отметке -1,35. Электроника запитывается напряжением 220 В от лабораторного щитка ЛЩ1, находящегося в домике экспериментатора № 93. Электроника находится в домике экспериментатора № 93 и частично в канале № 23. Питание электроники осуществляется от стандартных источников питания 5 В, 24 В. Питание ФЭУ – от стандартных источников питания 2 кВ.

Защитное заземление соответствует норме. Протокол от 10.11.11 г.

Сопrotивление изоляции соответствует норме. Протокол от 10.11.11 г.

Шум соответствует норме. Протокол 508 от 21.11.11 г.

Освещенность соответствует норме. Протокол № 507 от 21.11.11 г.

Параметры микроклимата соответствуют норме. Протокол № 506 от 21.11.11 г.

Перечень защитных средств от 05.04.2012 г.

Персонал, допускаемый к наладке, управлению и обслуживанию, назначен распоряжением по ОЭФ от 04.04.12 г.

Ответственный за техническую исправность и безопасное состояние установки – Левин А.В.

Проекты установки 2-3678 JK, акт завершения монтажа № 300-13/286, акт завершения тупо-калорим 05.04.12

Заключение комиссии: № 300-13/214 от 04.04.2012
Предъявленная установка «КМН (АТЛАС)» допускается к эксплуатации.

Председатель комиссии

Илюкин В.Л. Илюкин

Члены комиссии

Главный инженер У-70

Демиховский Д.А. Демиховский

Главный инженер ускорителя зар. частиц

Князев С.А. Князев

Начальник СРК и РБ

Бородин В.Е. Бородин

Начальник ОЭУ У-70

Хмарук Д.Г. Хмарук

Начальник СУИПЭ

Логинов А.Ф. Логинов

Начальник ООТ и ПБ

Козлов Г.В. Козлов

Начальник КО

Никитин С.А. Никитин

СПЧ – 7

РУ № 174 ФМБН

И.О. руководителя эксперимента

Главный инженер установки

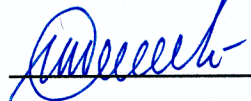
Левин А.В. Левин

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РФ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ**

ОЭФ

**" УТВЕРЖДАЮ"
Начальник ОЭФ
ГНЦ ИФВЭ**

04.04.12 № 300-13/214

 / А.М.Зайцев /

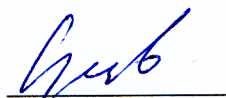
" ___ " _____ 20__ г.

**Акт
завершения пуско-наладочных работ**

В соответствии с распоряжением 300-05/73 от 07.11.2007 г. и планом подготовки установки КМН АТЛАС к проведению эксперимента были проведены пуско-наладочные работы.

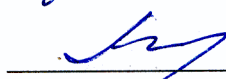
1. Цель пуско-наладочных работ – комплексная проверка оборудования, исследование структуры выведенного пучка и калибровка электроники.
2. Состав использованного оборудования:
 - жидкоаргоновые калориметры (FCAL, ECAL, HCAL),
 - устройство перемещения калориметров,
 - система обеспечения калориметров сжатыми газами,
 - детекторы диагностики пучка (камеры вторичной эмиссии, сцинтилляционные счётчики и годоскоп),
 - стойка питания аппаратуры,
 - стойки электроники приёма и обработки данных.
3. Результаты пуско-наладочных работ:
 - проведена комплексная проверка работоспособности всех систем установки,
 - согласованы длительности задержек сигналов, подобраны напряжения питания детекторов диагностики пучка,
 - измерены размеры и профиль пучка,
 - откалибрована электроника приёма данных,
 - измерены сопротивление изоляции и заземления и оформлены соответствующими протоколами..
4. Замечания по работе отдельных систем и оборудования: **НЕТ**
5. Работы, необходимые для ввода установки в эксплуатацию (продолжения пуско-наладочных работ): **НЕТ**
6. Заключение
Установка КМН АТЛАС к приемке в эксплуатацию готова.

/ Руководитель эксперимента



/ С.П.Денисов /

Главный инженер установки



/ А.В.Левин /

ПРИЛОЖЕНИЕ Д.


Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный
научный центр Российской Федерации – Институт физики высоких энергий»
(ФГБУ ГНЦ ИФВЭ)

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель работ по контракту
№ 11.519.11.6029 от 14 марта 2012 г.

д-р физ.-мат. наук, проф.


_____ А.М.Зайцев
19 июня 2013 г.

Эскизная конструкторская документация
для изготовления облучательной установки (ОУ)

Государственный контракт от 14.03.2012 № 11.519.11.6029
Этап 3

Протвино 2013 г.

Состав документации

№ пп	Наименование документа	Лист прило- жения
1	Пояснительная записка	2
2	Чертеж (эскиз) транспортного двутавра головной части ОУ	3
3	Перечень деталей транспортного двутавра	4
4	Чертеж (эскиз) контейнера для образцов ОУ	5

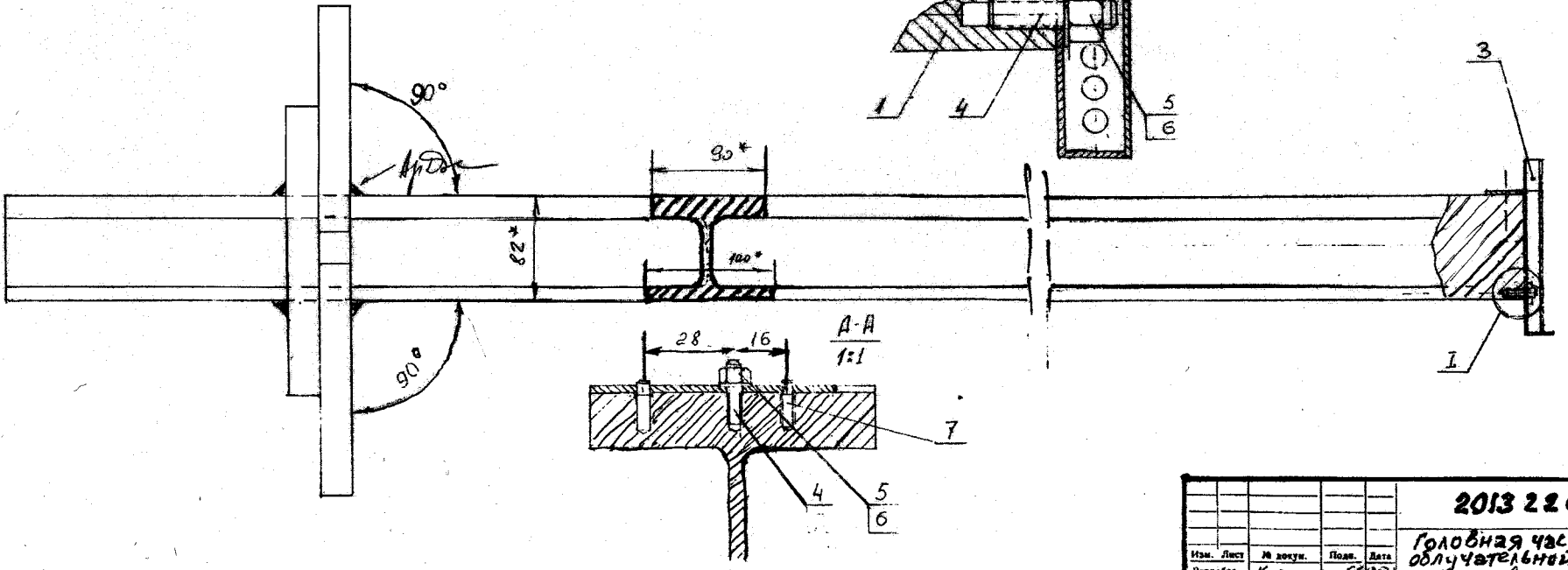
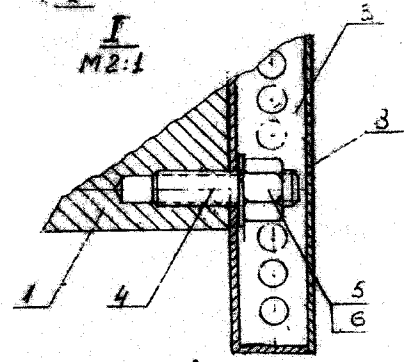
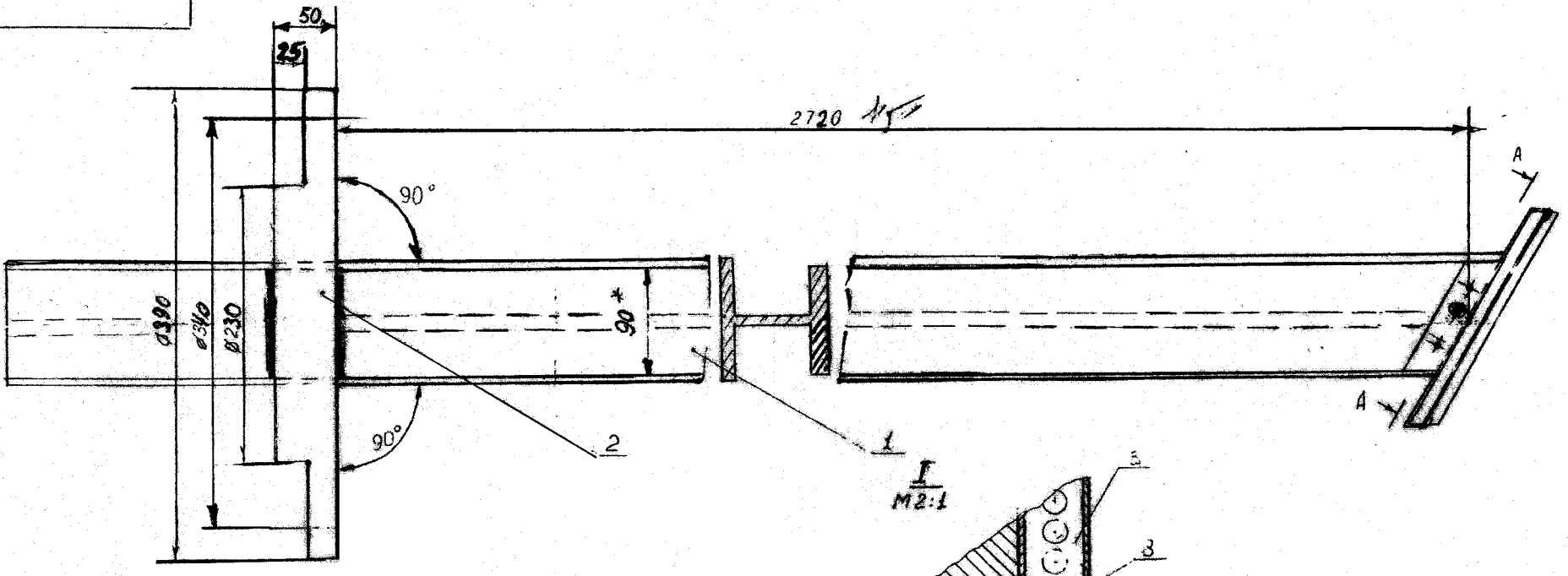
Пояснительная записка

Чертежи разрабатывались в рамках работ по государственному контракту № 11.519.11.6029 от 14 марта 2012 г., в соответствии с техническим заданием (приведено в приложении **В** к настоящему отчёту).

Облучательное устройство предназначено для изучения радиационной стойкости материалов и компонентов, использующихся для детекторов установки АТЛАС в связи с их модернизации под растущую светимость ускорителя.

Изготавливаемые элементы ОУ дополняют существующую оснастку третьего канала экспериментального зала реактора ИБР-2М ОИЯИ, с тем, чтобы максимально использовать опыт предыдущих исследований на установке ультра-холодных нейтронов и имеющиеся оборудование в зоне канала № 3.

Расположение ОУ на канале №3 показано на рисунках 26 и 27 раздела 7.4 настоящего отчета.



Иван

2013 22 00 СБ							
ГОЛОВНАЯ ЧАСТЬ					Лист	Масса	Масштаб
ОБЛУЧАТЕЛЬНЫЙ							
УСТАНОВКИ							
ТРАНСПОРТНЫЙ ПУЛЬТ					Лист	Листов	
СБОРОЧНЫЙ							
ОИЯИ КВ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разработ.	Кушак	26		2013			
Проверен							
Т. контр.							
Н. контр.							
Утвердил	Кушак						

Полн. проект

Лист 26

Изм. № 01

Лист 26

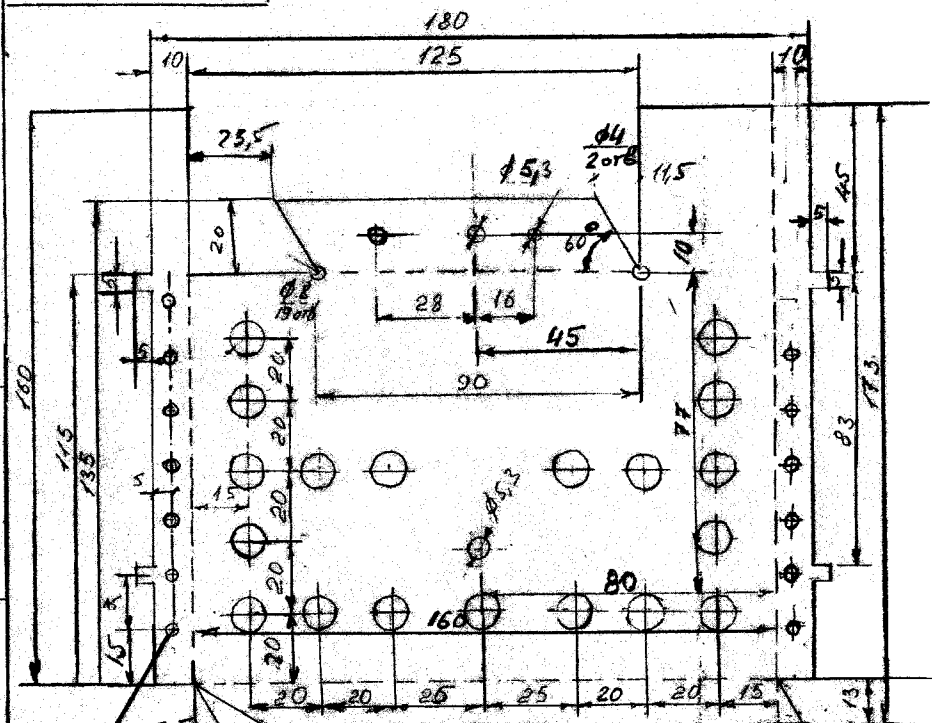
Лист 26

Перечень деталей транспортного двутавра.

1. Двутавр (материал АМГб).
2. Фланец.
3. Контейнер для образцов.
4. Крепежная шпилька.
- 5,6 Шайба и гайка.
7. Крепежная шпилька нижнего комплекта.
8. Передняя стенка контейнера.

Справа: Прог. проекция.
Слева: План.

Изм. №, дата, Изд. №, дата, Кол. экз., дата, Подп. и дата

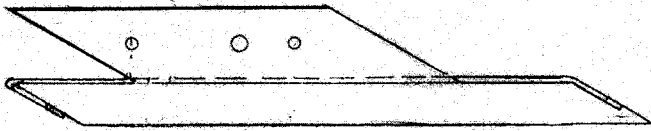
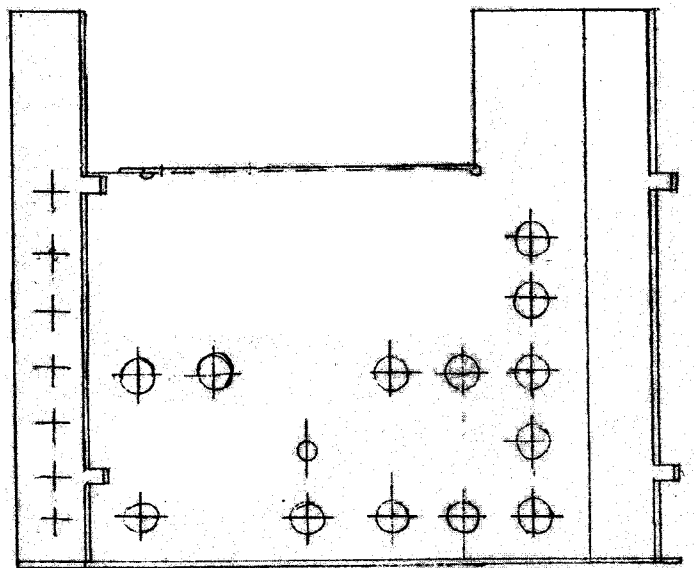


$\phi 4$
14 шт шаг 15 мм

Развертка

АМЦ АТБ
толщина 1,5 мм
линии из 2 чб

Английский
ордонно-зубовый



Handwritten signature

				2012 0000 03				
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Контейнер		Лист	Масса	Масштаб
Разработ.	Куликов			для образцов				
Проверка						Лист	Листов	
Т. контр.								
Н. контр.	Куликов А.С.			АМЦ, АМГБ				ОМЯИ КВ
Утвердил								

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

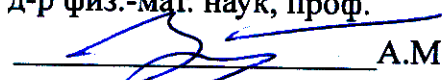
Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Государственный
научный центр Российской Федерации – Институт физики высоких энергий»
(ФГБУ ГНЦ ИФВЭ)

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель работ по контракту
№ 11.519.11.6029 от 14 марта 2012 г.

д-р физ.-мат. наук, проф.


_____ А.М.Зайцев
19 июня 2013 г.

Техническая документация на экспериментальный образец
усовершенствованной прецизионной дрейфовой трубки

Государственный контракт от 14.03.2012 № 11.519.11.6029
Этап 3

Протвино 2013 г.

Состав документации

№ пп	Наименование документа	Лист приложения
1	Пояснительная записка	2
2	Сборочный чертеж прецизионной дрейфовой трубки с полеформирующими электродами (черт. КО ИФВЭ № 9219-01-01-00сб)	4
3	Спецификация на торцевой элемент	5
4	Комплект чертежей торцевого элемента (6 листов)	6

Пояснительная записка

Принципиальное отличие усовершенствованного варианта дрейфовой трубки от базового (с единственной проволокой внутри алюминиевой трубы, выполняющей функцию анода) заключается во введении четного числа (оптимально – четырех) дополнительных проволок, на которые подается положительный потенциал, что позволяет модифицировать электрическое поле внутри трубки, делая его похожим на электрическое поле планарных дрейфовых камер с равномерно распределенным потенциалом, а именно: в узкой области шириной около 1 см электрическое поле становится практически однородным.

Это позволяет преодолеть главный недостаток базового варианта трубки, связанный с радиальным распределением электрического поля, которое быстро спадает при удалении от сигнальной проволоки ($\sim 1/r$). При этом напряженность электрического поля у стенок трубки существенно повышается и, как следствие, возрастает скорость дрейфа электронов, а соотношение $x(t)$ приближается к линейному (см. отчет по 2-му этапу).

Общий вид дрейфовой трубки в разобранном виде показан на рисунке Е1.

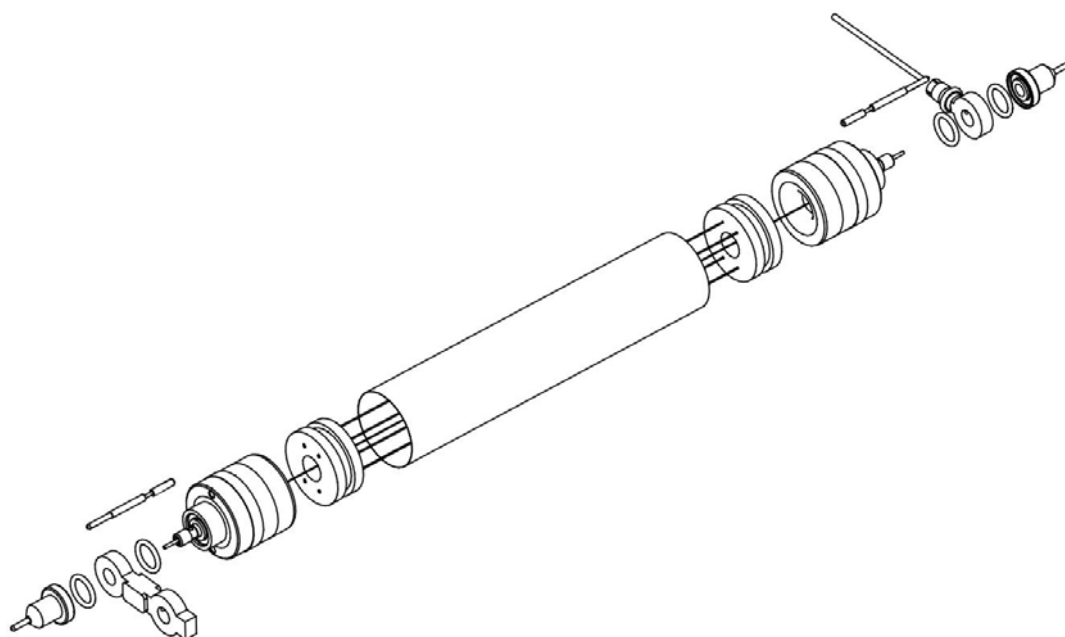


Рисунок Е1 - Прецизионная дрейфовая трубка с полеформирующими электродами.
Схематичная конструкция (разобранный вид)

При разработке усовершенствованного варианта дрейфовой трубки (с полеформирующими электродами) сохранены все элементы конструкции базового варианта – однопроволочной прецизионной дрейфовой трубки, чертежи которой были разработаны в ГНЦ ИФВЭ при производстве мюонных камер АТЛАС. Дополнительным элементом являются диэлектрические втулки, предназначенные для позиционирования полеформирующих проволок.

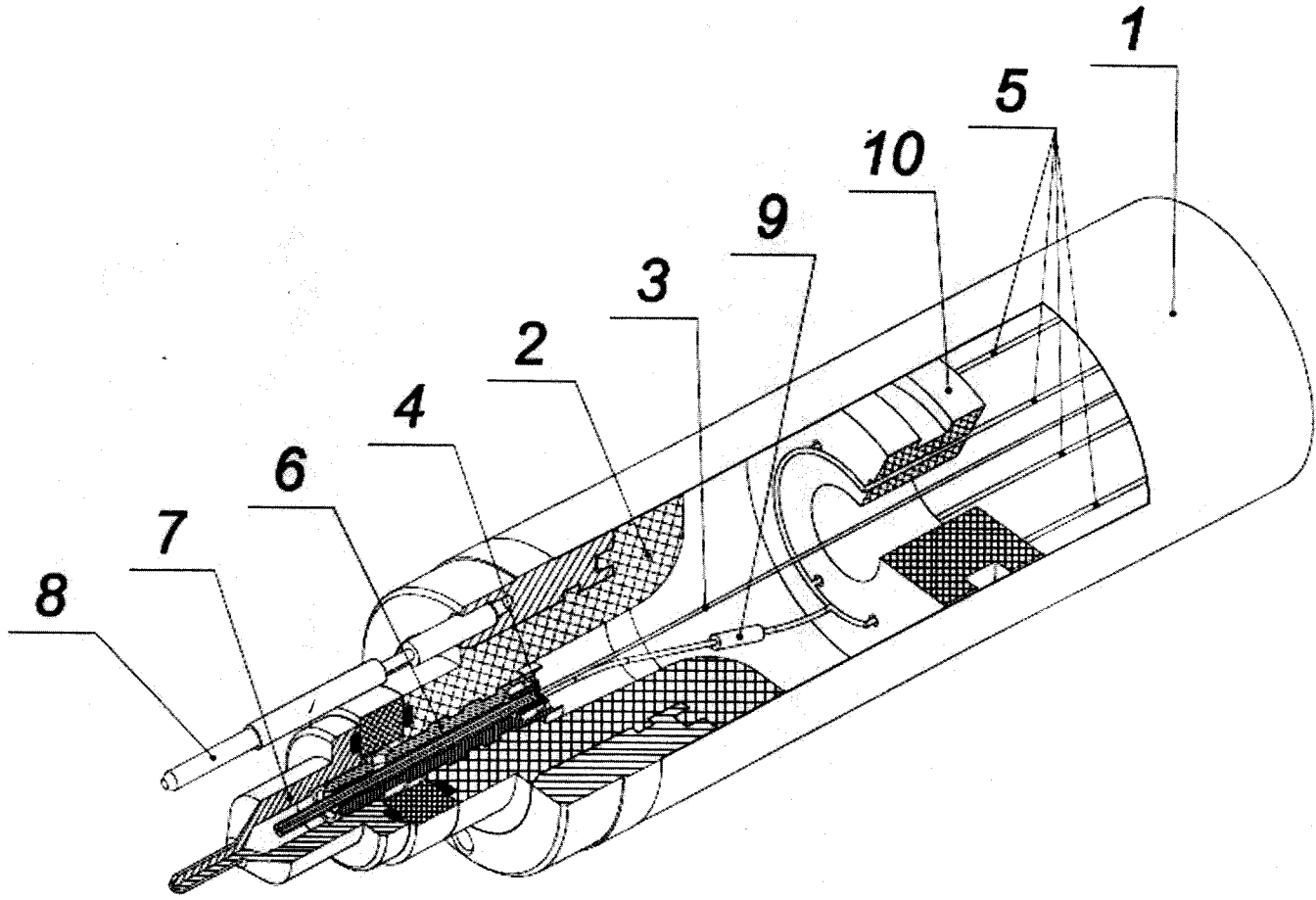
Процедура установки втулок описана в утвержденном «Технологическом регламенте на производство прецизионных дрейфовых трубок с полеформирующими электродами» (см. Приложение А к отчету за 2-й этап контракта).

9219-01-01-00

9219-01-01-00

9219-01-01-00

9219-01-01-00



Код документа	Дата	Издание	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
			9219-01-01-00 СБ	Сборочный чертёж		
				<u>Детали</u>		
44	1	9219-01-01-01		Трубка	1	
44	2	9219-01-01-02		Торцевой элемент	2	
44	3	9219-01-01-03		Сигнальная проволока	1	
44	4	9219-01-01-04		Пластика	2	
44	5	9219-01-01-05		Полупроводниковая проволока	4	
44	6	9219-01-01-06		Центральная вставка	2	
44	7	9219-01-01-07		Наконечник	2	
44	8	9219-01-01-08		Земляющий наконечник	2	
44	9	9219-01-01-09		Резистор	1	
44	10	9219-01-01-10		Кольцо	2	

9219-01-01-00

Исполнитель	№ документа	Исполнитель	Дата
Рисовал	Ледков А.Н.	Проверил	Ледков А.Н.
Утвердил	Ледков А.Н.	Дата	1992 г.
И.к.инженер			
Инженер	Ледков А.Н.		

Дрейфовая трубка

Лист	Масса	Масштаб
1		2:1
Лист	Автомат	1
	К0	
	ГНУ ИФВЗ	

Копировать

Формат А2

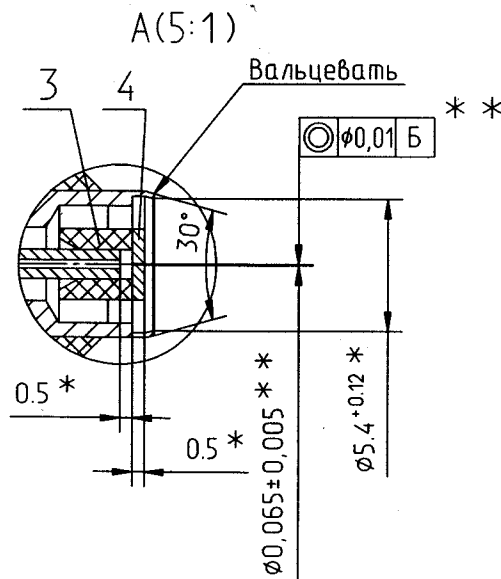
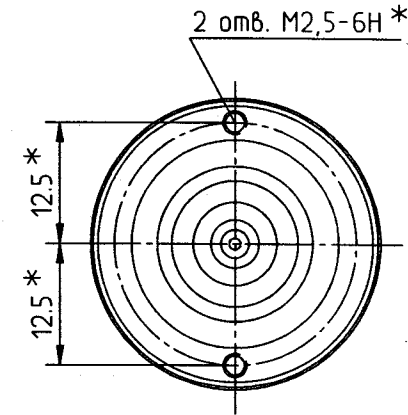
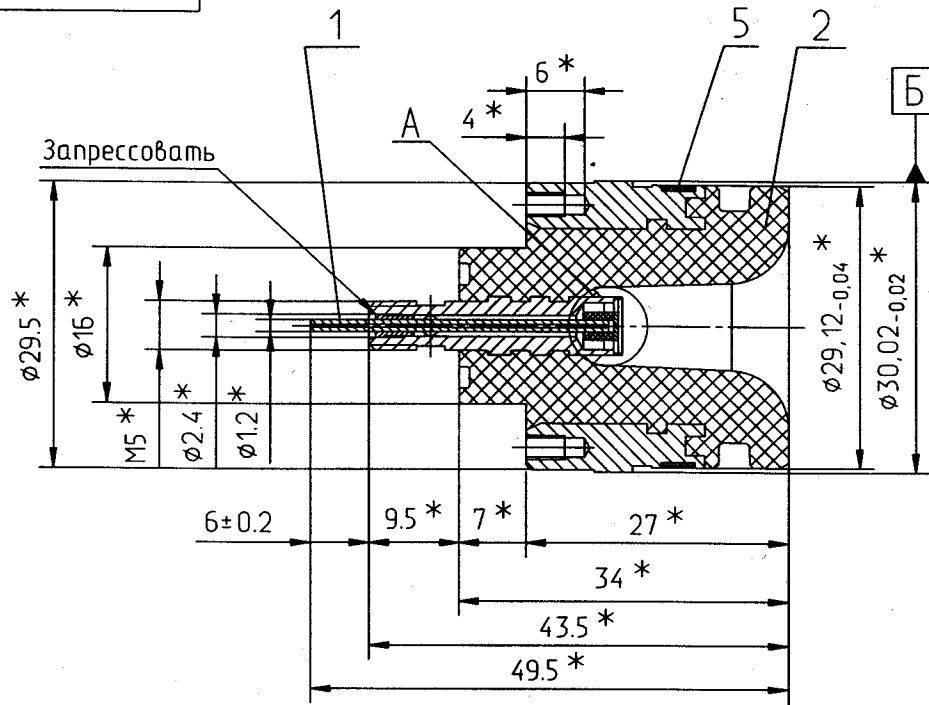
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
				<u>Документация</u>		
A3			7376-00-00-00СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A4	1		7376-01-00-00	Электрод центральный	1	
A4	—		7376-02-00-00	Корпус (Заготовка для 7376-00-00-01)	1	
				<u>Детали</u>		
A3	2		7376-00-00-01	Пробка	1	
A4	3		7376-00-00-02	Проставка	1	
A4	4		7376-00-00-03	Пластика	1	
A3	5		7376-00-00-04	Кольцо контактное	1	

Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	7376-00-00-00		
	Разраб.	Левин		<i>Левин</i>				
	Пров.	Кожин		<i>Кожин</i>	2006.05	Лит.	Лист	Листов
	Н. контр.							1
Утв.					Элемент торцовый			КОНСТРУКТОРСКИЙ ОТДЕЛ

7376-00-00-00СБ

Спраб. № 7376-00-00-00
Перв. прим.

Инв. № подл. Подл. и дата
Инв. № дубл. Подл. и дата
Взам. инв. №
Инв. №



1. * Размеры для справок.
2. * * Обработку производит заказчик.
3. Запрессовку электрода (дет. поз.1) производить после обработки отв. $\varnothing 0.06$ (см. вид А)
4. Остальные технические требования по ОСТ 95 227-83

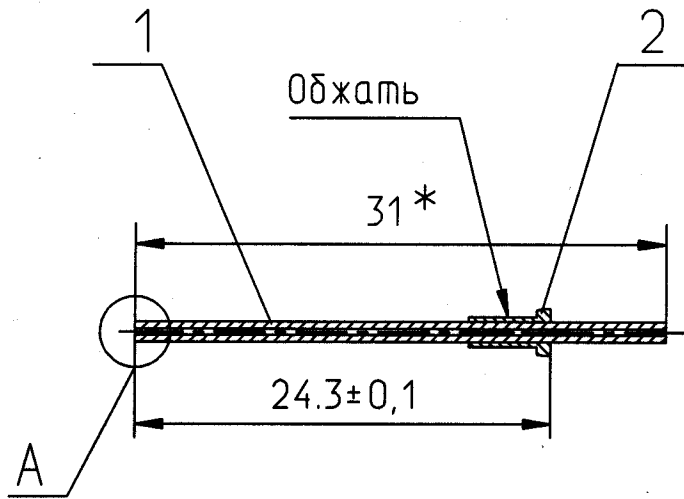
7376-00-00-00СБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	0	2:1
Разраб.	Лист	№	Подпись	Дата		
Проб.	Лист	№	Подпись	Дата	Лист	Листов
Т.контр.	Лист	№	Подпись	Дата	1	
Н.контр.	Лист	№	Подпись	Дата	КОНСТРУКТОРСКИЙ ОТДЕЛ	
Утв.	Лист	№	Подпись	Дата		

7376-01-00-00СБ

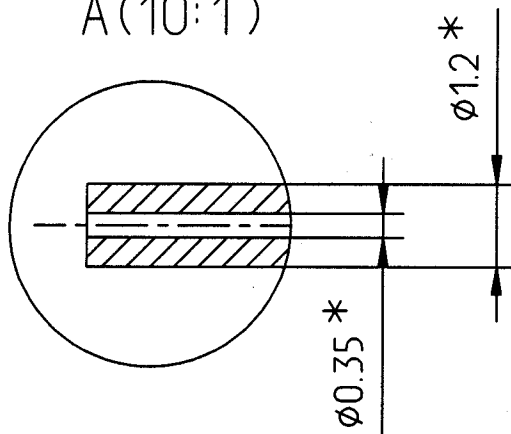
Перв. примен.

7376-01-00-00

Справ. N°



A(10:1)



1. * Размеры для справок.

2. Остальные технические требования по ОСТ 95 227-83

Инв. N°подл.	Подп. и дата	Взам. инв. N°	Инв. N° дубл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	N° докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Левин	<i>Левин</i>	4.02.99
Пров.		Кожин	<i>Кожин</i>	
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

7376-01-00-00СБ

Электрод центральный
Сборочный чертеж

Лист	Масса	Масштаб
		2,5:1
Лист	Листов 1	
КОНСТРУКТОРСКИЙ ОТДЕЛ		

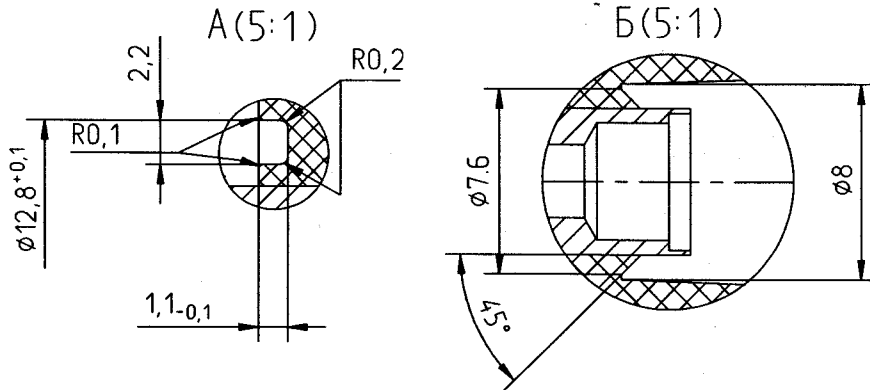
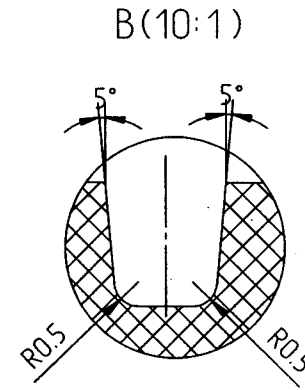
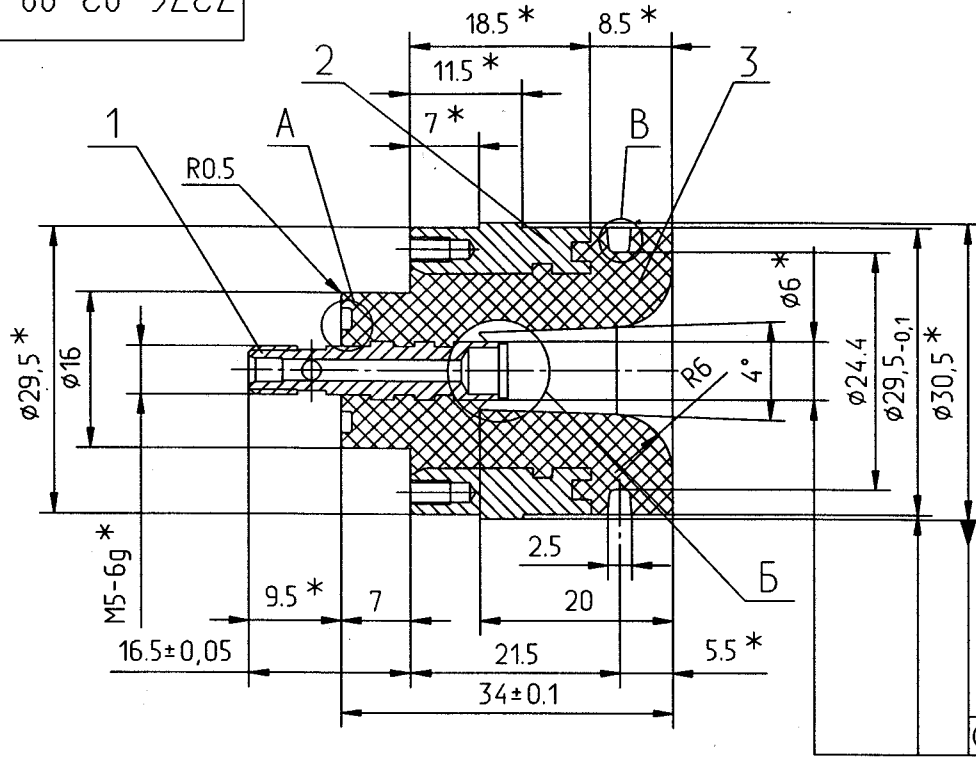
Копировал

Формат И4

7376-02-00-00СБ

Справ. № 7376-02-00-00

Изм. №, дата, Подп. и дата, Инв. №, докл., Взам. инв. №, Подп. и дата, Инв. № докл.



1. Пузырьки диаметром более 0,1 мм в пластмассе NORYL GFN3 не допускаются.
2. H12, h12, ± IT12/2
3. * Размеры для справок.
4. Шероховатость литых поверхностей - $\sqrt{2,0}$
5. Остальные технические требования по ОСТ 95 227-83

7376-02-00-00СБ				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	0	2:1
Разраб.	Левин			30.07.99		
Проб.	Кожин					
Т.контр.						
Н.контр.					Лист	Листов
Утв.					КОНСТРУКТОРСКИЙ ОТДЕЛ	

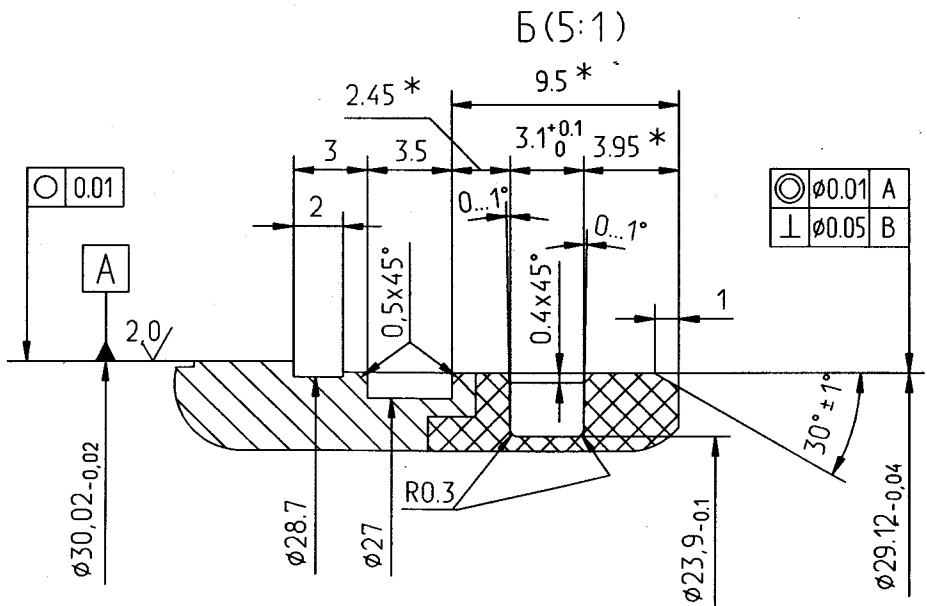
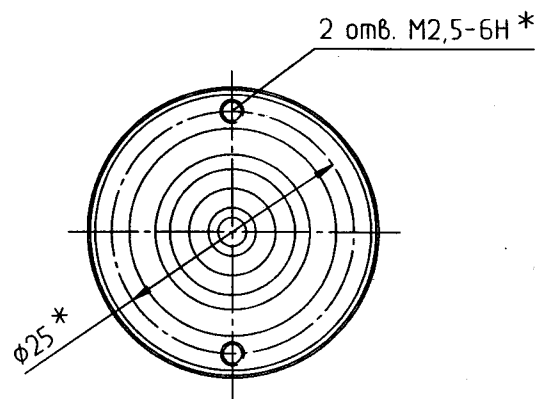
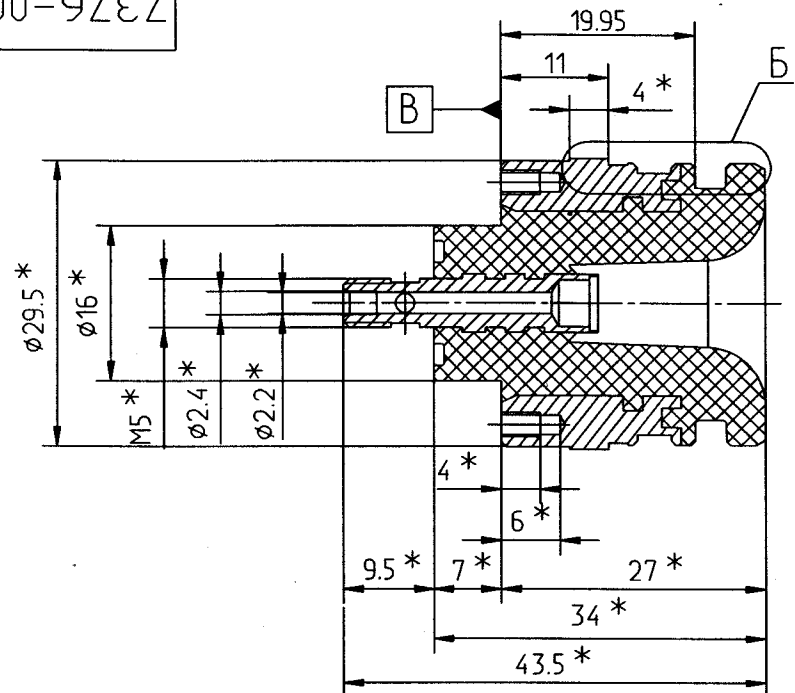
Корпус
Сборочный чертеж

7376-00-00-01

20/✓✓

Справ. № 7376-00-00-00

Инв. № табл. Подл. и дата
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подл. и дата



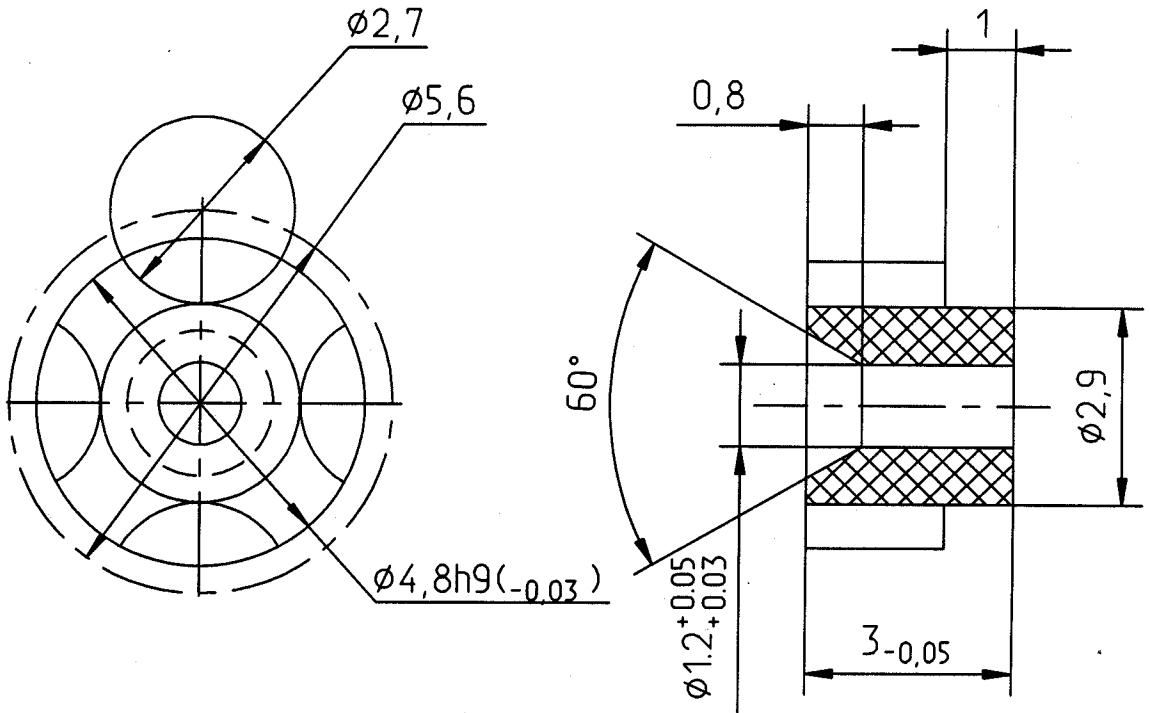
1. Н12, н12, ±IT12/2
2. Царапины, забоины, сколы на обработанной поверхности не допускаются.
3. * Размеры для справок.

7376-00-00-01			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись
Разраб.	Лист	Дата	08.99
Проб.	Лист	Дата	Листов 1
Т. контр.	Лист	Дата	Листов 1
Н. контр.	Лист	Дата	Листов 1
Умб.	Лист	Дата	Листов 1
Пробка			Масштаб 2:1
Заготовка 7376-02-00-00			КОНСТРУКТОРСКИЙ ОТДЕЛ

7376-00-00-02

2,0

Справ. N°
Перв. примен.
7376-00-00-00



Неуказанные предельные отклонения размеров

$$H12, h12, \pm \frac{IT12}{2}$$

Взам. инв. N°	Инв. N° дубл.	Подп. и дата		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Тухтаров			
Пров.	Кожин			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

7376-00-00-02

Проставка

"NORYL"

Лист	Масса	Масштаб
И		10:1
Лист	Листов 1	
КОНСТРУКТОРСКИЙ ОТДЕЛ		

Копировал

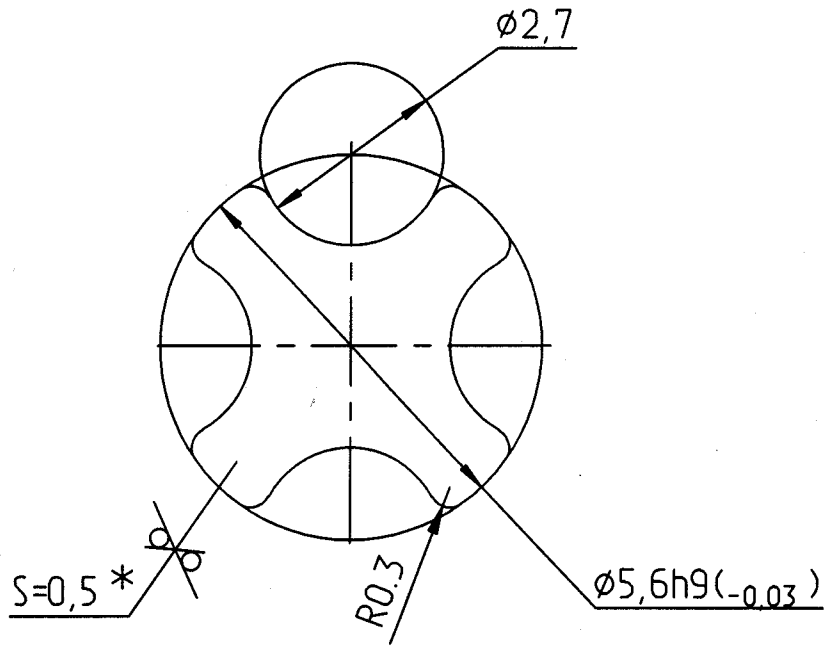
Формат И4

7376-00-00-03

Rz12,5 / (✓)

Справ. №

Перв. примен.
7376-01-00-00



1. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$
2. * Размер для справок

Инв. № подл.	Подл. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подл. и дата	7376-00-00-03	Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Тухтаров	Иух			Лист	Листов 1	КОНСТРУКТОРСКИЙ ОТДЕЛ	
Пров.	Кожин	Ж						
Т.контр.					Лист ГПРМ 0,5 Л63 ГОСТ931-90			
Н.контр.								
Утв.								

70-00-00-9L5L

Перв. прим.
7376-00-00-00

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

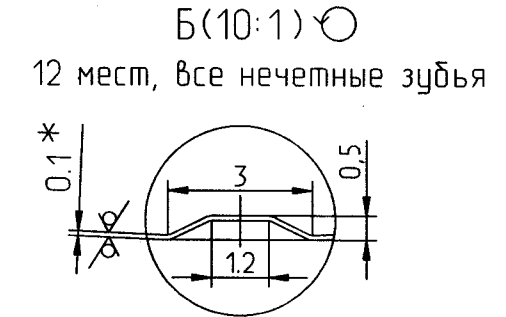
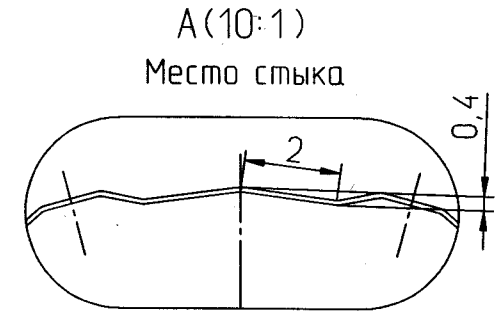
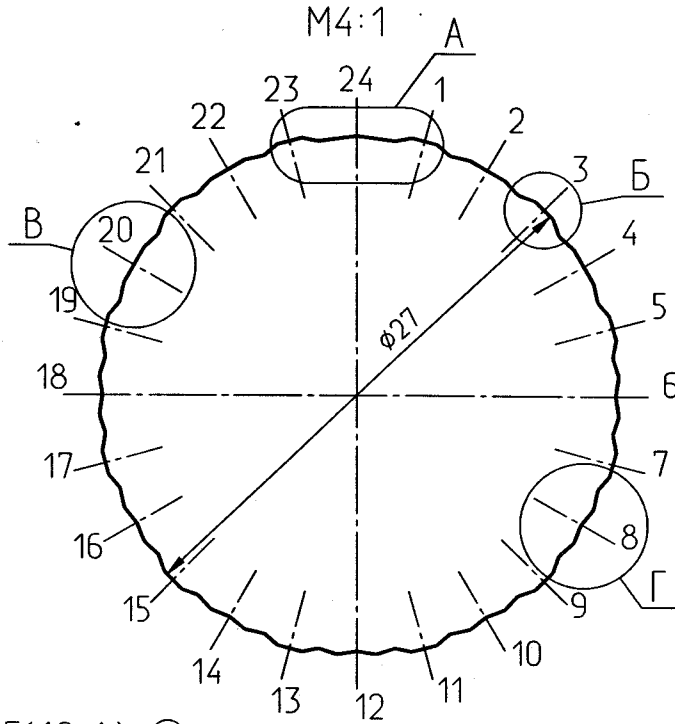
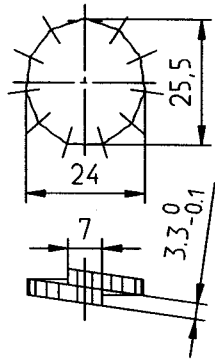
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

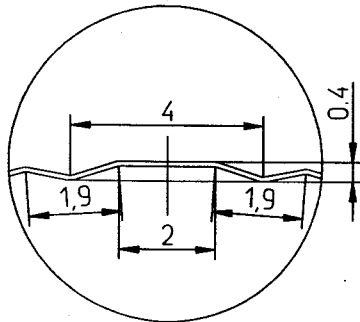
Кольцо на виде показано в сомкнутом состоянии,
концами встык.

Rz25 ✓(✓)



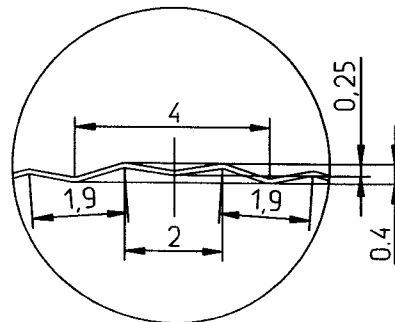
В(10:1) ○

4 места, четные зубья 2,4,20,22



Г(10:1) ○

7 мест, четные зубья с 6 по 18 (обниженные)



1. Внутренние радиусы сгибов 0,1 мм.
2. Н16, н16, ± $\frac{IT16}{2}$
3. * Размер для справок

7376-00-00-04				Лист	Масса	Масштаб
Кольцо контактное						1:1
Лента 0,1-II-79НМ ГОСТ 10160-75				Лист	Листов 1	
КОНСТРУКТОРСКИЙ ОТДЕЛ						

Копировал

Формат А3

Функциональная схема блока 3U-ETH

Функциональная схема блока 3U-ETH представлена на рисунке Ж1.

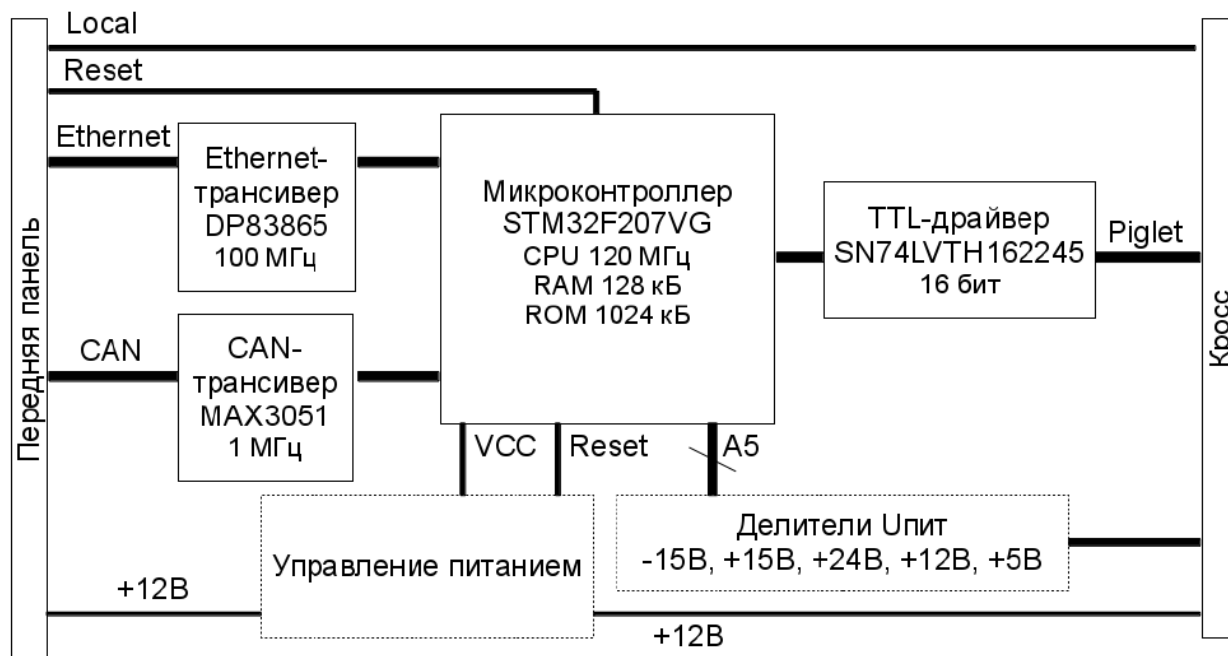


Рисунок Ж1 - Функциональная схема блока 3U-ETH

Пояснительная записка

Контроллер 3U-ETH служит для управления и мониторинга каркаса 3U (Piglet) при помощи двух последовательных интерфейсов: CAN-bus и Fast Ethernet, разъёмы которых расположены на передней панели 3U-ETH.

Принимаемые по этим интерфейсам команды дешифруются 32-разрядным микроконтроллером, который является основой контроллера, и посылает команду по кроссу по протоколу Piglet. 3U-ETH может также отправить отчётные данные на ПК, если того требует конкретная операция.

Оба интерфейса гальванически развязаны: CAN при помощи оптронов, а Ethernet - трансформатора.

Также на передней панели контроллера располагается тумблер «Local», включающий режим ручного управления модулями каркаса.

В контроллере предусмотрены схемы, обеспечивающие мониторинг за значениями всех питающих напряжений каркаса 3U. Имеется возможность отправки этих данных на ПК пользователя: периодический или по запросу.

Питание 3U-ETH может осуществляться, используя линию +5 В кросса 3U, а также через внешнее питание +12 В, распределённое вместе с кабелем CAN-bus. Для обоих источников питания используются отдельные линейные стабилизаторы питания, а для внешнего питания предусмотрена временная задержка для стабилизации напряжения при старте системы.

В случае перехода контроллера в нештатное состояние («подвисяние») в том же кабеле предусмотрен сигнал аппаратного сброса микроконтроллера.

Для повышения надёжности работы 3U-ETH также используется независимый аппаратный таймер состояния микроконтроллера.

Прототип блока был испытан в CERN. По результатам была проведена коррекция схем: было внесено более 25 изменений.

Исправленная схема была изготовлена, настроена и испытана.

Эскизная проработка элементов детекторов sTGC и Micromegas для новых малых колёс АТЛАС

Пояснительная записка

Существующая конфигурация мюонного спектрометра АТЛАС была разработана и создана для работы с номинальной светимостью БАК 1×10^{34} $\text{см}^{-2}\text{сек}^{-1}$. Планируемое увеличение светимости до $(2-3) \times 10^{34}$ $\text{см}^{-2}\text{сек}^{-1}$ приведет к тому, что ныне используемые трековые мюонные камеры (MDT – камеры на основе дрейфовых трубок и CSC – cathode strip chambers), расположенные во внутренних торцевых частях мюонного спектрометра (Small Wheels (SW) «малые колеса») будут существенно перегружены увеличившимся фоном и не смогут обеспечить эффективную регистрацию продуктов первичного взаимодействия.

В связи с этим подгруппа мюонного спектрометра АТЛАС приняла решение о создании в рамках модернизации новой пары SW (“New Small Wheels” – «новые малые колеса») и установке их в шахте АТЛАС взамен существующих во время большой остановки 2018 г.

Конструкция нового малого колеса основывается на применении узкозачерных пропорциональных камер (Thin-Gap-Chambers, sTGC) для выработки триггера и камер с тонкими полосками, нанесенными на стеклотекстолит методами фотолитографии (Microstrip Gas Chambers, MicroMeGas) для определения координат треков.

Детали и расположение детекторов показаны на рисунках К1-К10. Технический проект новых малых колёс готовится к публикации.

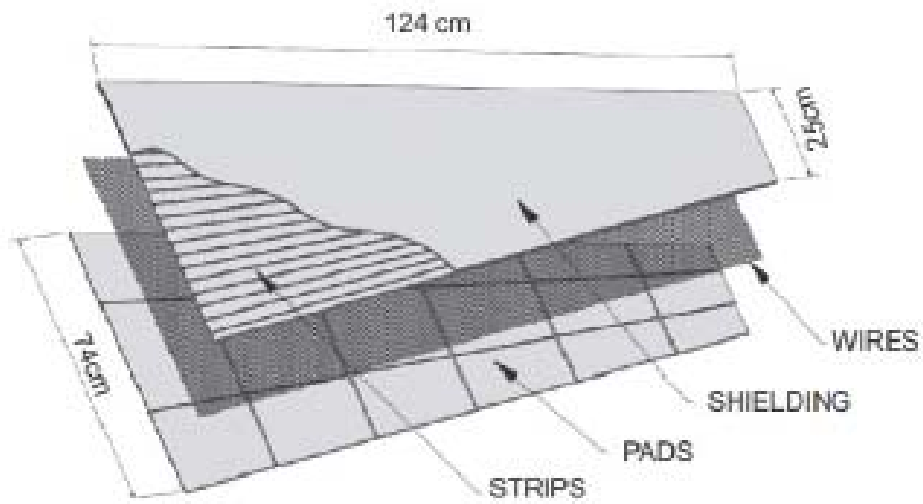


Рисунок К1 - Схема внутренней структуры sTGC

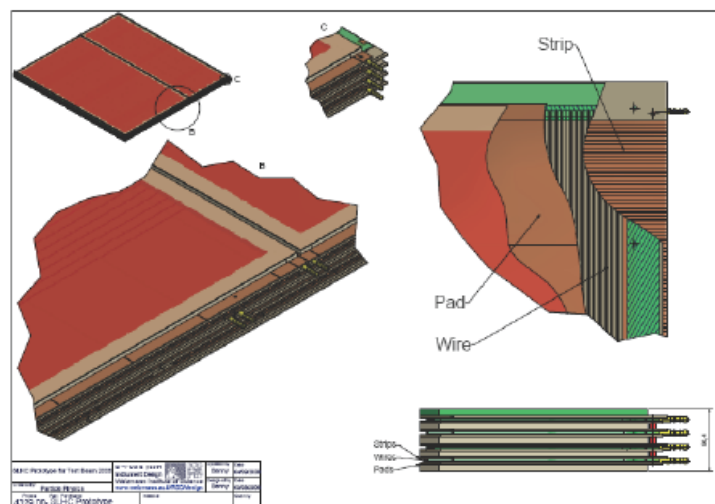


Рисунок К2 - Схематический чертёж пяти больших четырехслойных детекторов (sTGC), использовавшихся в тестах на пучке

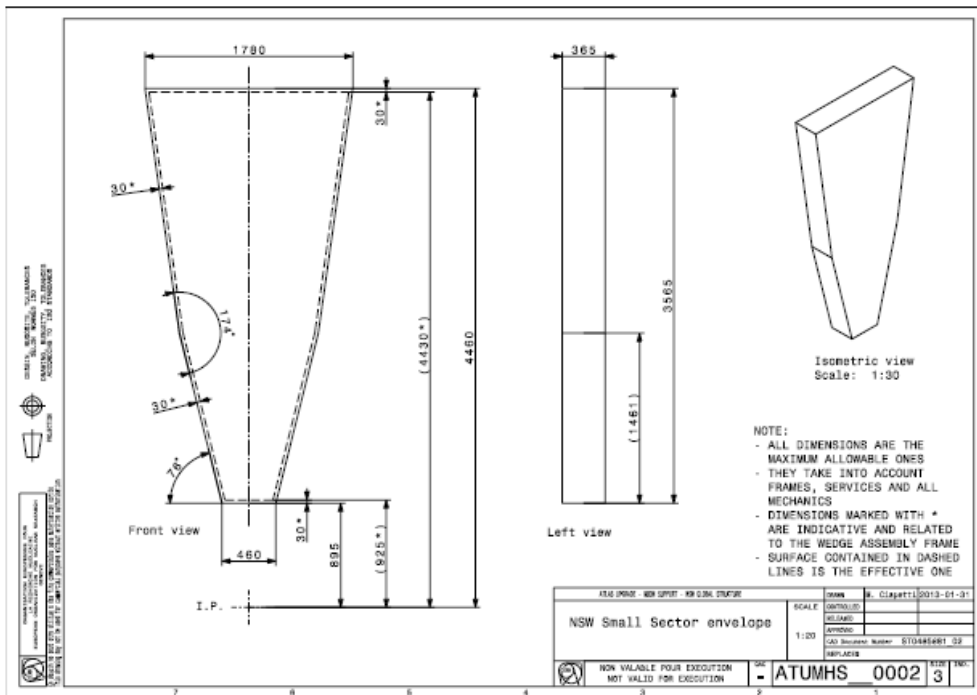


Рисунок К3 - Чертеж малого сектора sTGC

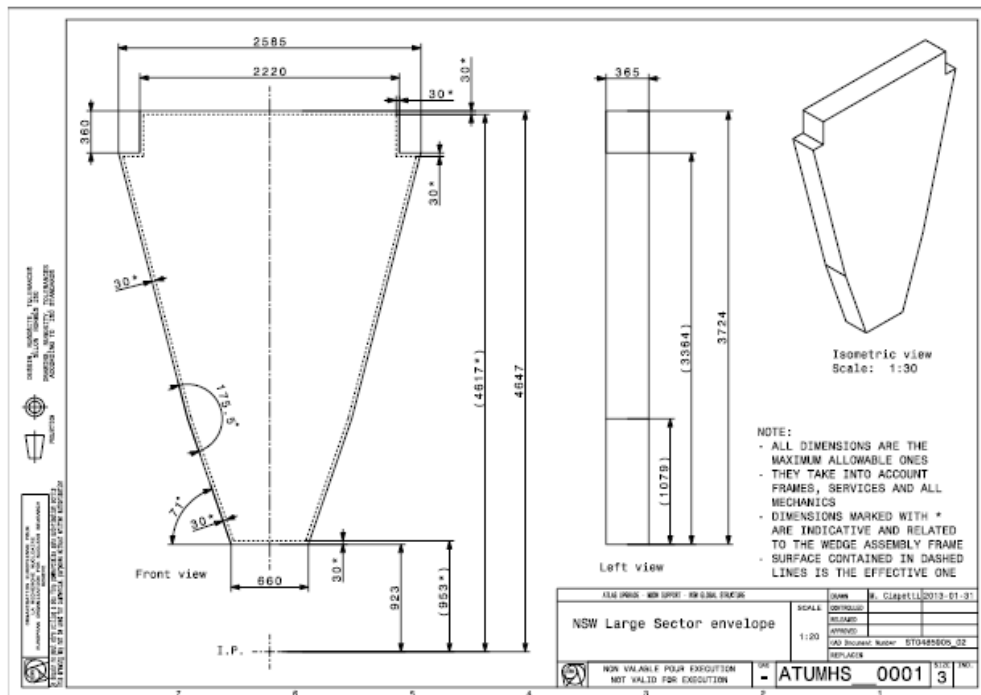


Рисунок К4 - Чертеж большого сектора sTGC

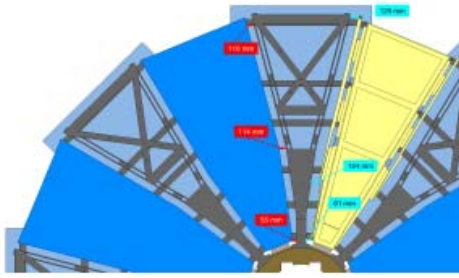


Рисунок К5 - Расположение малых секторов sTGC в новых малых колёсах

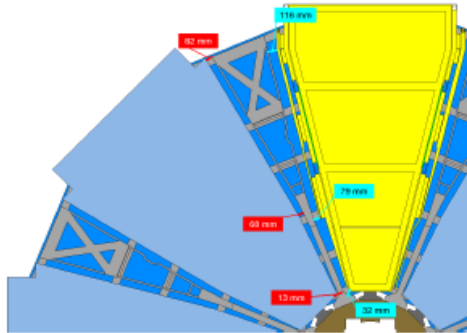


Рисунок К6 - Расположение больших секторов sTGC в новых малых колёсах

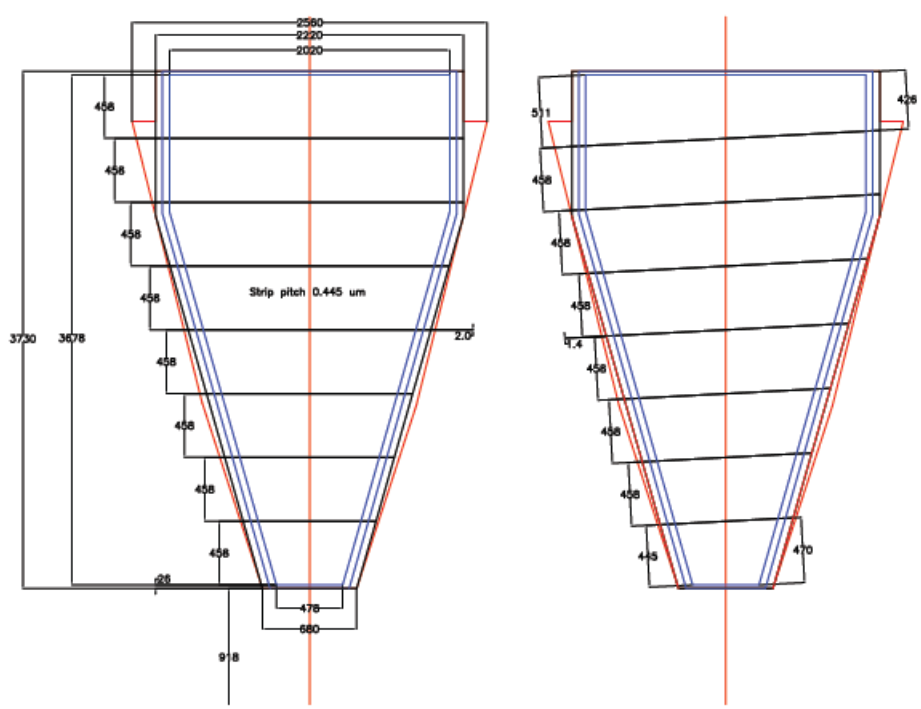
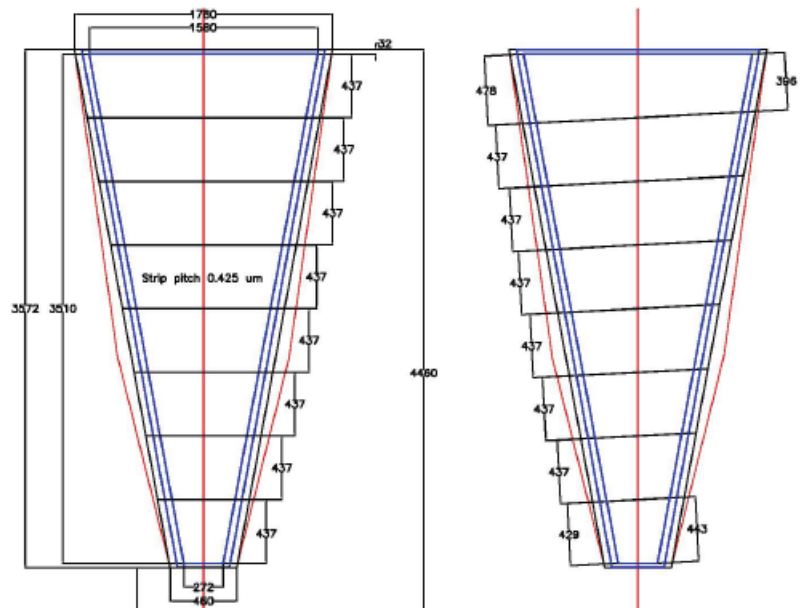


Рисунок К7 - Сегментация малых (верхние) секторов Micromegas и больших секторов (нижние) на 8 считывающих зон

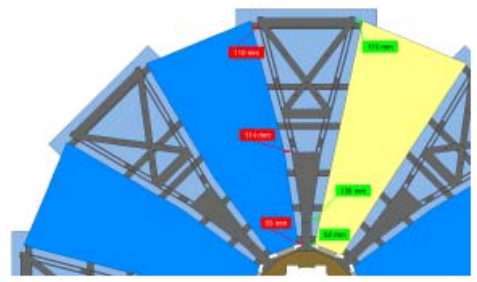


Рисунок К8 - Расположение малых секторов Micromegas в новых малых колёсах



Рисунок К9 - Расположение больших секторов Micromegas в новых малых колёсах

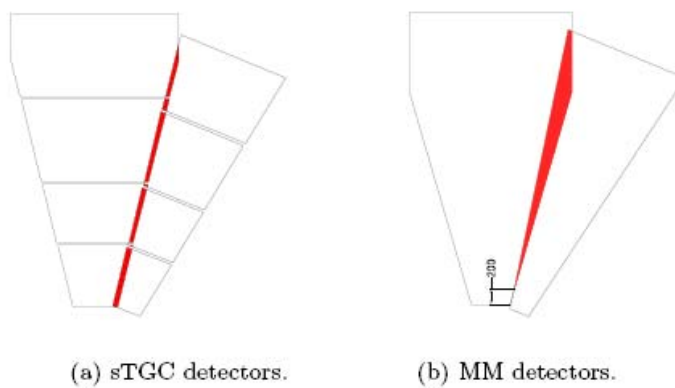


Рисунок К10 - Схема перекрытия активных зон детекторов соседствующих секторов:
а) sTGC и б) Micromegas