Замечания типа «передний/задний фронт» и «разряды» вместо «битов» были исправлены по всему документу. Две фотографии плат выброшены из статьи. Секция 5.2 (Результаты - калибровка точного времени) полностью выброшена, т.к. практически всё было уже опубликовано в «Письмах в ЭЧАЯ» (см. [47]), а данную статью нужно стараться уменьшать.

*Дрейф задержек 500 пс при разрешении 20-60 пс? Дрейф общий (согласованный) или в каждом канале свой?*

*В соответствии с*[*ГОСТ 34.003-90*](http://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=137473)*данный термин имеет мужской род, женский он только в математике.*

Не изменено, т.к. здесь используется именно «компонента» в математическом смысле.

*“Разрешение совокупности” далее поясняется, но здесь оно не очень понятно – м.б. разброс отсчетов в 256 каналах?*

**Эксперимент характеризуется высокой множественностью частиц, большой густотой треков под малыми углами и высокой частотой взаимодействий.**

*вторичных?*

Да. Добавлено.

*М.б. это поставить первым? Заменив частоту на интенсивность.*

Высокая множественность и густота треков более важны, поскольку не могут быть снижены регулировкой интенсивности пучка, поэтому мы ставим их на первое место. Мы предпочитаем термин «частота взаимодействий», т.к. взаимодействует только около 1% налетающих ионов, а термин интенсивность обычно применяется к налетающему пучку.

**плотно упакованных каналов считывания, работающих по бестриггерной схеме**

*Здесь лучше “без системы отбора и запуска”. Триггер в русской терминологии, это английский flip-flop.*

Исправлено.

*Действительно, свойства - некоторые. Не указано усиление (при 7 динодах - рис.2 оно будет не очень большим), длительность фронта и спада сигналов. Как следствие, непонятны и требования к предусилителю, последний и не описан практически.*

Данная работа не посвящена разработке или характеризованию предусилителя или какой-либо другой электроники. С точки зрения нашего исследования (в первую очередь - временное разрешение, сместитель спектра, программное обеспечение) электроника используется как данное, может быть с минимальными доработками в сотрудничестве с разработчиками. Отсюда и список характеристик МАФЭУ. Полный список есть в документации и других работах по ссылкам [16-18].

Рисунок 7 – единственный найденный в сети рисунок с достаточно красивым описанием принципа динодной системы типа Metal Channel. Фактически H12700 имеет 10 динодов, а коэф усиления при номинальном питании -1000В составляет 1,5\*10^6

Typical rise time = 0.65ns

Typical transit time = 5.3ns

Typical transit time spread = 0.28ns

*Немного странно, обычный ФЭУ к магнитному полю очень чувствителен (без экранировки), чем и пользуются (Рыкалин, ИФВЭ – спиральные ФЭУ).*

Этот ФЭУ менее чувствителен к магнитному полю, чем обычные в силу компактности динодной системы. Для достижения внутри ФЭУ магнитного поля менее 2.5 мТл нам приходится прибегать к экранировке, но это не является предметом данной статьи.

**Кроме того, при наличии относительно большого сигнала в одном из каналов, наблюдается биполярная наводка в каналах, имеющих диноды в одном ряду.**

*Не помешали бы численные оценки.*

В данном абзаце кратко обсуждаются наблюдения, сделанные в работе [24], что мы подчеркнули переносом ссылки в конец высказывания.

**На выходе каждого канала формируется логический ноль, когда входной сигнал в этом канале ниже установленного порога, и логическая единица, когда входной сигнал выше этого порога.**

*Это здорово! (но можно и опустить)*

При всей своей тривиальности, это утверждение необходимо для логической связи описаний дискриминатора и ВЦП.

**измерение центральности соударения;**

*Это выражение ни здесь, ни далее, не поясняется. А ведь ПТЭ это не ЖЭТФ.*

Подскажите, как мы можем кратко пояснить этот пункт? Это типовое описание физ. программы CBM – требуется выполнить трекинг, идентификацию, определить плоскость реакции и центральность. Данная статья фокусируется совершенно на другой задаче. Плоскостью реации и центральностью занимается детектор PSD.

**При регистрации момента времени входного фронта значение времени кодируется двумя сообщениями**

*Как определяется “момент времени входного фронта”, если импульс нарастает плавно, а не скачком?*

Речь идёт о фронте и спаде логического импульса и соответствующий момент времени определяется пересечением уровня, находящегося посередине между высоким и низним уровнями LVDS сигнала.

**Если все элементы задержки идентичны, полный период счётчика грубого времени, равный 5 нс, можно разбить на 512 отсчётов.**

*Даже если все 512 вентилей идентичны, трудно разбить 5000 пс точно на 512 частей: 5000/512=9,76562 (пс). Где взять вентили с такой точной задержкой? Единственно, что можно обеспечить, это задержку >9,76562 пс. Но тогда мелкая шкала будет иметь заведомо меньше 512 делений и СТЫКОВАТЬСЯ по-битно с крупным делением не будет. Метод интерполяции далеко не нов, но ранее заметного распространения не получил из-за нестабильности сшивки шкал и, как следствие, плохой дифференциальной линейности на стыках шкал (что неприемлемо для измерения спектров).*

Внимательное изучение принципов работы TDL показывает, что грубая и тонкая шкалы соразмерны, см. [27]. В двух словах – эффективная задержка на последнем элементе при измерении промежутка, равного 5 нс, определяется не самим этим элементом, а приходом сигнала СТОП от тактового генератора грубого времени.

*Сообщения до сих пор вроде не были сырыми, разве что данные были необработанными.*

Исправлено.

2.2

*front-end board – плата переднего края, а не передняя электроника.*

Исправлено по всему документу.

**DPB уплотняют данные с различных детекторов за счет удаления избыточной информации специфическим для каждого детектора способом и группируют эти данные в пакеты, называемые срезами времени (time slice).**

*Опять небрежность речи: time slice составляют отобранные данные, пакетируются они только при пересылке.*

В CBM есть понятия timeslice и interval. Timeslice представляет собой пакет, имеющий заголовок. Просто промежуток времени, содержащий в себе отобранные данные со всех детекторов, называется интервалом. См. [29]. По замыслу, в DPB данные отбираются и на выходе в соответствии с этим отбором формируются пакеты.

# 4.2

**В процедуре калибровки точного времени воплощена известная техника калибровки счётчика цифровой линии задержки, реализованного с помощью технологии Tapped delay line [46], основанная на том, что распределение времен прихода сигналов должно быть равномерным по временному интервалу, занимаемому всеми элементами задержки.**

*Что здесь называется СЧЕТЧИКОМ цифровой линии? В схеме имеется последовательность вентилей, создающих мелкую натуральную шкалу к которой применяется “direct coding”. Где здесь (под)счет?*

Исправлено.

*Сделать “распределение времен прихода сигналов равномерным” по скорректированной шкале, конечно, можно (хотя с дискретной шкалой сделать это сложнее). Однако, как сделать так, чтобы “временной интервал, занимаемый всеми элементами задержки”, т.е. мелкая шкала по размеру совпадала с делением крупной шкалы? Т.е. как получить хорошую дифференциальную линейность комбинированной шкалы? Ведь размер мелкой линейки во времени в каждом конкретном случае точно не известен.*

# 4.4

**Сигнал от каждого зарегистрированного фотона, называемый хитом, состоит из двух сообщений**

*Хит это “попадание” (здесь в детектор).*

*1. Сигнал трудно назвать хитом, даже если он от фотона.*

*2. Обычно сигнал из сообщений не состоит.*

*Здесь речь явно идет о данных, зачем же их путать с сигналом.*

*В переносном смысле, конечно, можно сказать, что данные содержат сигнал о чем-то. Но в одной статье использовать определенный термин в двух разных значениях недопустимо (это не разговорная речь).*

Исправлено.

# 4.5

**электроника бестриггерная**

*Лучше написать: “в электронике нет системы отбора и запуска”. В перечне следующего абзаца присутствуют “триггерные сигналы”.*

Исправлено.

# 4.6

**В контексте реконструкции можно рассматривать хит как загоревшийся пиксель МА ФЭУ.**

*Жаргон.*

Исправлено.

# 5.2

*Как наглядно видно: 520-30=490 и не равно512. Комбинированная шкала не представляет собой непрерывную бинарную шкалу. Поэтому и писать про биты не корректно.*

*График поправок не столь интересен, Вопрос в том какова дифференциальная линейность измерителя времени? Ведь крупная и мелкая шкалы несовместимы.*