

ОТЗЫВ

научного руководителя
на диссертацию **УСЕНКО Евгения Анатольевича**

РАЗРАБОТКА АНАЛОГОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ СЧИТЫВАНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ДЕТЕКТОРОВ

представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики»

Тенденции современного развития экспериментальных методов исследований в областях релятивистской ядерной физики и физики высоких энергий определяются проектированием и эксплуатацией крупномасштабных установок с прецизионными параметрами. Выдающиеся научные достижения и открытия, зафиксированные в течение последних лет в таких крупнейших ядерно-физических научных-исследовательских центрах, как, например, CERN (Швейцария), BNL (США), GSI (Германия), ОИЯИ (Россия, г. Дубна), ИФВЭ (Россия, г. Протвино), явились результатом эксплуатации новых типов высокотехнологичных детекторных систем с большим числом измерительных каналов, высоким временным, амплитудным и пространственным разрешением. Новые типы детекторов позволили создать прецизионные системы идентификации элементарных частиц, системы измерения их инвариантной массы и квантовых характеристик. Среди их основных характеристик можно выделить высокое временное разрешение для триггерных целей $\leq 1-2$ нс и измерения времени пролёта ≤ 100 пс, высокое координатное разрешение, возможность работы при больших нагрузках (до 10^3-10^4 Гц/см²), перекрытие больших площадей до 1000 м², низкое рассеяние мощности в окружающее пространство, малые габариты и стоимость.

Вместе с тем, современные ядерно-физические эксперименты и новые проектируемые измерительные комплексы - NICA (ОИЯИ, г. Дубна), FAIR (GSI, Darmstadt Германия) определили пересмотр традиционных подходов к проектированию как самих детекторов частиц, так и систем считывающей электроники. Так, например, высокие временные характеристики детекторов потребовали соответствующего роста полосы пропускания накамерной электроники, достигающей 500-1000 МГц. Таким образом, детекторная камера с накамерной электроникой стали неразрывно связаны конечными параметрами детектора в целом, а совокупность требований к системе считывающей электроники с большим числом каналов привела к необходимости рассмотрения ее как самостоятельной системы и определила новые принципы ее проектирования.

Диссертация Е.А. Усенко посвящена разработке аналоговой электроники считывания многоканальных физических детекторов в действующих и проектируемых ядерно-физических экспериментах. Предложенные автором и реализованные на практике **новые методы построения аналоговой накамерной электроники считывания**, необходимой для достижения стабильной

работы и рекордных характеристик детекторных систем, определяют **актуальность и научную новизну диссертации** Е.А. Усенко. На основе обобщения опыта построения предшествующих экспериментов автором проведен детальный анализ требований к конкретным детекторам, осуществлен синтез новых подходов к построению электронных систем считывания в целом ряде ядерно-физических экспериментов, в которых Е.А. Усенко принимал непосредственное участие. Автором проведены новые поисковые методические разработки, как в области усилительной техники, так и в области современных методов измерений.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка публикаций автора по теме диссертации и цитируемой литературы. Каждая из глав содержит краткое резюме её содержания. Объём диссертации: 156 страниц, 88 рисунков, 7 таблиц и 28 наименований цитируемой литературы.

Во введении обсуждаются проблемы исследований в областях релятивистской ядерной физики и физики высоких энергий, определяемые созданием новых крупных установок с прецизионными параметрами: ATLAS, CMS, ALICE, LHCb в CERN (Швейцария) на Большом Адронном Коллайдере (БАК). Отмечено, что такие масштабные проекты требуют пересмотра традиционных подходов к проектированию не только самих детекторов частиц, но также и систем считывающей электроники, число каналов которой может достигать сотен тысяч.

В первой главе проведен обзор сравнительных характеристик систем считывающей электроники для времяпролетных систем, построенных на основе наиболее распространенных в настоящее время камер – Резистивных Плоских Счетчиков (РПС) в экспериментах STAR (BNL, США), FOPI и HADES (GSI, Германия). Сделан вывод, что требования многоканальности камер привели к необходимости накамерного исполнения считывающей электроники, введения дополнительных функций, например, TOT-преобразования в амплитудном канале.

Вторая глава посвящена описанию разработки специализированной низкопороговой электроники для триггерных мюонных систем экспериментов ATLAS (CERN, Швейцария) и ИСТРА-М (ИФВЭ и ИЯИ РАН). Аналоговая считывающая электроника, разработанная Е.А. Усенко для камер РПС в эксперименте ATLAS, позволила осуществить выбор новой газовой смеси, режимов работы камеры, способов согласования считывающих электродов и их взаимовлияние. Благодаря применению разработанной автором низкопороговой аналоговой электроники считывания в эксперименте ОКА (ИСТРА-М) достигнута величина $\approx 70\%$ эффективности регистрации событий распада $K \rightarrow \mu\nu$.

В третьей главе описывается разработка систем считывания времяпролётных детекторов экспериментов HARP, ALICE (CERN, Швейцария) и HADES (GSI, Германия). Впервые Е.А. Усенко проведены исследования принципа суммирования электродов (стрипов) и доказана возможность построения времяпролетных детекторных систем с суммированием считывающих электродов и высоким временным разрешением.

Автором разработана первая в мире специализированная интегральная схема NINO для

многоканальных времяпролетных приложений. На основе NINO-чипа была построена времяпролетная система считывания эксперимента ALICE с числом каналов 160 тыс. Впервые разработана и используется в эксперименте HADES электроника считывания на основе двухканального дискриминатора TOFAddOn с дополнительной функцией измерения амплитуд по TOT-методу.

В четвертой главе представлены результаты исследования модифицированного TOT-метода с двухканальной структурой и синусным формирователем, обеспечивающего во времяпролетной системе эксперимента HADES временное разрешение 150 пс, а в переднем FW-годоскопе временное разрешение 850 пс и расширенный амплитудный спектр до 25 В.

В заключении приведены основные итоги диссертационной работы.

Научная новизна диссертации Е.А. Усенко определяется как постановкой актуальной задачи при выборе темы научной работы, так и полученными результатами.

Личный вклад автора во всех положениях, выносимых на защиту, состоял в непосредственном вкладе в экспериментальные физические исследования, постановку задачи и разработку систем электроники считывания многоканальных физических детекторов.

Основные результаты диссертации докладывались на Международных совещаниях и конференциях и опубликованы в 15 работах, в том числе 15 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

Вклад Е.А. Усенко в представленные исследования является значимым, приведенные результаты получены либо самим автором, либо при его непосредственном участии.

В тексте диссертации автором допущены определённые небрежности и орфографические ошибки, которые не влияют на основные защищаемые положения диссертации.

Диссертация Е.А. Усенко является законченным научно-исследовательским трудом и выполнена на высоком научном уровне. Полученные результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Считаю, что Усенко Евгений Анатольевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

10.12.2018 г.

Решетин Андрей Игоревич

кандидат физико-математических наук,
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт ядерных исследований» Российской академии наук,
старший научный сотрудник.

Подпись Решетина А.И. заверяю

Зав. отделом кадров ИЯИ РАН

Горшкова Е.А.