

Відгук офіційного опонента

на дисертаційну роботу Ковтуна Володимира Євгенійовича «Мюонні детектуючі системи установок CDF II (FNAL) і ATLAS (CERN)» на здобуття наукового ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.16 - фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій.

Актуальність теми дисертації

В останні роки основні фундаментальні дослідження в галузі фізики високих енергій проводяться на великих спектрометричних комплексах, розташованих на зустрічних пучках колайдерів. Такі спектрометри являють собою 4- π універсальні установки, що складаються з багатьох типів детекторів з десятками тисяч каналів зчитування. Так на установці CDF II згідно Detector Technical Design Report (Fermilab-Pub-96/390-E, 1996) протягом 10 років проводилися багатоцільові експерименти зі світністю $10^{32} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ при енергії зустрічних пучків Теватрона $E_p = 1.96 \text{ TeV}$. У першому сеансі RUN I був відкритий топ-кварк, що додатково підтвердило справедливість Стандартної моделі. Однак, це відбулося практично на межі наявних можливостей (всього кілька десятків подій), з дуже низькою статистичною забезпеченістю. Основною причиною цього було падіння акцептанса установки при довготривалому впливі радіації від вторинних частинок. Істотно радіація вплинула на мюонну систему установки, що складається з понад півтори тисячі сцинтиляційних лічильників великого розміру, які визначали апаратний тригер і виробляли відбір подій при завантаженнях до 2 МГц. Важливість якісної роботи мюонної системи установки CDF при пошуку топ-кварків полягала в тому, що надійними модами були саме лептонні і полуплептонні.

Ініціатива створити мюонний детектор нового покоління у період модернізації CDF була своєчасною і обґрунтованою. Основна фізична задача - дослідження властивостей топ-кварка при значно збільшеною статистикою реєстрованих подій після проведеної модернізації прискорювача і установки.

Перша актуальна проблема, розглянута в дисертації, - розробка мюонного детектора, а також експериментальне дослідження параметрів і доказ якісної роботи детектора в умовах колайдера FNAL.

Друге актуальне завдання було пов'язано з вирішенням проблеми мюонного тригеру для умов установки ATLAS на колайдері LHC, тим більше, що фізика топ-кварка є також одним з першочергових завдань установки ATLAS згідно ATLAS Detector and Physics Performance (CERN/LHCC-99-14,15). Моделювання показало, що треба формувати мюонний тригер з урахуванням втрат енергії уздовж треку за допомогою адронних сцинтиляційних калориметрів. Тому завдання доповнювалася вимірами в пучках прискорювача

SPS парціальних втрат енергії як часткової долі від повної енергії (робота здійснювалася в рамках групи RD-34 у ЦЕРНі).

Значна частина роботи дисертанта відноситься до виконання фізичних програм багатоцільових установок СФЕРА (Нуклотрон), SDC (SSC), CDF II (FNAL), ATLAS (LHC). На деяких з них були проведені унікальні експерименти, які зробили внесок у фундаментальну фізику елементарних частинок.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Експериментальні результати, заключні висновки дисертаційної роботи В.Є. Ковтуна науково обґрунтовані й сформульовані на підставі ретельно виконаних докладних дисертаційних досліджень із використанням сучасних, оригінальних методик і вимірювальної апаратури, адекватних досліджуванним процесам.

Слід зазначити принципову роль розробки конструкції мюонного лічильника нового покоління з волоконним зчитуванням і наступне його доведення на експериментальних стендах. Були розроблені прецизійні методики вимірювання параметрів великих детекторів мюонів (з ФЕУ та SiPM). Експериментальні стенди були оснащені сучасним обладнанням фірм LeCroy і CAEN, системою збору даних на основі LabView з подальшою обробкою за допомогою пакета ROOT.

Важливою складовою дисертаційної роботи є дослідження по радіаційній стійкості сцинтилюючих композицій, які були використані при розробці пластмасового сцинтилятора UPS-923A на основі полістиролу. Цей пластмасовий сцинтилятор надалі використовувався в мюонних лічильниках CDF II. У другому сеансі RUN II всі лічильники показали високу ефективність і довготривалу стабільність параметрів. Дисертант брав активну участь в розробці стендів полімеризації, опроміненні, вимірюванні параметрів зразків, обробці експериментальних даних. На підставі отриманих результатів були зроблені обґрунтовані висновки про подальші напрямки розробки нових радіаційно-стійких пластмасових сцинтиляторів.

Відповідно до програми підвищення енергії і світності Теватрона в RUN II істотно модернізована система сцинтиляційних лічильників мюонного тригера CDF II, що дозволило збільшити аксептанс установки на 60%. Для досягнення цих цілей значна увага була приділена вдосконаленню технологічного обладнання, без чого неможливо було б виконати і всю фізичну програму в цілому.

Оцінка новизни й достовірності результатів

У дисертації представлені результати дослідження на пучку SPS (CERN) прототипу адронного калориметра нового типу, в так званій «проективній геометрії». У конструкції калориметру сцинтиляційні пластини розташовані паралельно напрямку руху досліджуваних частинок. Така конструкція до цього часу не застосовувалася, але дозволяла істотно спростити складання калориметру. Тому необхідно було ретельно дослідити такий калориметр у всьому діапазоні енергій. Така робота була проведена в рамках колаборації RD-34, в роботі якої, на всіх етапах, дисертант брав участь. Вдалося експериментально показати можливість реєстрації одиночного мюона, що дозволило сформуванню мюонний тригер ATLAS на колайдері LHC. Вперше були отримані експериментальні дані по втратах енергії мюона в речовині в діапазоні 1,0÷150,0 GeV, що дозволило в подальшому коригувати його енергію в адронному калориметрі ATLAS.

Вперше було розроблено мюонну систему на основі великогабаритних сцинтиляційних лічильників нового покоління зі спектрозміщуючими волокнами і впроваджено на установці CDF II. А також вперше була розроблена методика абсолютного калібрування спектрометричних каналів в числах фотоелектронів на основі фітірування експериментальних спектрів реальною функцією відгуку фотопомножувача.

Створені детекторні комплекси забезпечили отримання важливих нових наукових результатів по ряду фундаментальних проблем сучасної фізики високих енергій. Зокрема, серед результатів подібного класу, досягнутих із застосуванням створених детекторів мюонного комплексу CDF II, один з найбільш точних вимірювань маси топ-кварка. Введення в дію повномасштабної системи CDF II дало можливість збільшити статистику набору подій з топ-кварком у період 2002÷2012 рр. и досягти найбільш точного визначення маси t-кварка: $M_{\text{top}} = 173,5 \pm 3,6$ (стат.) GeV/c² в каналі розпаду «лептон+струмені» і $M_{\text{top}} = 170,1 \pm 6,0$ (стат.) $\pm 4,1$ (сист.) GeV/c² в каналі «ділептон».

Однією з важливих проблем сцинтиляційних колайдерних детекторів (електромагнітних, адронних калориметрів, мюонних систем, моніторних систем) є проблема погіршення параметрів під дією радіації, що відбувається протягом довготривалих сеансів. Це, можна сказати, «вічна проблема», що актуальна як для установок LHC, що працюють в даний час, так і для установок майбутнього. У дисертації наведені приклади вирішення цього завдання для мюонних систем установок CDF і ATLAS.

Також експериментально показана можливість вимірювання параметрів одиночного мюона адронними калориметрами з новою покращеною конструкцією, яка знайшла застосування на установці ATLAS.

Експериментальні дані по втратах енергії мюонів у речовині в діапазоні $1\div 150$ GeV були використанні в програмах моделювання на установці ATLAS.

Зауваження по дисертаційній роботі в цілому:

1. У дисертації (розділ 2) не досить повно описані статистичні методи, які були використані при аналізі експериментальних даних.

2. У п. 2.4. на стор. 63-85 докладно був представлений вивід формули для фітінгування спектра реального фотопомножувача при підсвічуванні його світлодіодом. На мій погляд, використання гамма-розподілу було б більш вдатним, оскільки обидва типи фону, а також функція множення описувались би однотипною функцією, але з різними параметрами.

3. На стор. 79 приведено, як стверджує автор, остаточний вид для функції апроксимації спектру - формула 2.31, в якій присутня тета-функція. Але, добре відомо, що з такими функціями є проблеми зі збіжністю. Потому, в якості технічного прийому використовується заміна тета-функції на будь-яку гладку функцію, що автор, швидше за все, робить, але ніде про те чомусь не пише. .

4. На стор. 104 описується прототип багатоканального детектора типу DEMON, де значна увага приділяється оцінкам параметрів детектора методом моделювання на GEANT4. На мій погляд, розгляд усього комплексу детекторів та їх оптимізація при реєстрації нейтронів потребує значних зусиль щоб довести рішення до кінця. Навпаки, треба було б приділити більш уваги розрахункам параметрів одного модуля.

5. При розгляді розбіжностей експериментального и теоретичного значень втрат мюона в речовині (стор. 136) не були приведені формули Петрухіна-Шестакова для гальмівного випромінювання мюона. Також це зауваження стосується прямого народження пар та фотоядерних взаємодій. Більш докладніший опис не пошкодив би змісту.

6. Текст дисертації трохи перевантажений аббревіатурами й деякі з них не включені в список умовних позначок, термінів і скорочень.

7. У тексті дисертації виявлена деяка кількість друкарських помилок, граматичних і стилістичних похибок.

Відзначені недоліки не знижують якості проведених досліджень і не впливають на головні результати дисертації.

Висновок

Дисертація «Мюонні детектуючі системи установок CDF II (FNAL) і ATLAS (CERN)» виконана автором самостійно на високому науковому рівні і є завершеною науковою працею.

Матеріали дисертації викладені в гарному науковому стилі, досить грамотно й акуратно оформлені. По кожній главі й роботі в цілому зроблені чіткі висновки.

Основні результати дисертації повністю опубліковані в реферованих виданнях в 10 друкованих працях, з них 6 – статті в журналах " Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A", 2 – "Приборы и техника эксперимента", 1 – Zeitschrift Für Physik (Z. Phys.), 1 – «Вестник Харьковского университета». Результати проведених досліджень доповідалися на семінарах колаборацій та міжнародних конференціях. Решта публікацій – видання ОІЯД, arXiv, SSC, FNAL, CERN. За цикл робіт «Детектори на основі пластичних скінтіляторів» зі створення мюонної системи CDF II Ковтуну В.Є. з співавторами присуджено першу премію ОІЯД.

Автореферат відповідає змісту дисертації й повністю відбиває її основні положення.

Дисертаційна робота відповідає дисертації вимогам МОН України, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор Ковтун Володимир Євгенійович заслуговує присудження вченого ступеня кандидата фізико-математичних наук за спеціальністю 01.04.16 - фізика ядра, елементарних частинок і високих енергій.

Офіційний опонент,
кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник
ННЦ "Харківський фізико-технічний інститут"
НАН України

 В.В. Сотников

Сотников Володимир Васильйович,
ННЦ ХФТІ НАН України
вул. Академічна, 1, 61108, Харків
телефон: +38 057 3356787
E-mail: sotnik@kipt.kharkov.ua

Підпис Сотникова В.В. засвідчую.
Вчений секретар ННЦ ХФТІ НАН України




04.2018
О.В. Волобуєв