



УДК 539.126.4

ПОИСК НОВОГО ТЯЖЕЛОГО БОЗОНА Z^* В ЭКСПЕРИМЕНТЕ ATLAS В МОДЕ РАСПАДА НА ДВА МЮОНА

И.В. Елецких, Коллаборация ATLAS

Объединенный институт ядерных исследований, ул. Жолио-Кюри, 6, Дубна, 141980, Россия;
Институт электрофизики и радиационных технологий, ул. Чернышевского, 28, а/я 8812, Харьков,
61002, Украина; e-mail: ivaneleckih@jinr.ru

Аннотация. В статье приведены результаты поиска нового тяжелого бозона Z^* в эксперименте ATLAS (LHC) в димюонном канале. На основе сравнения распределений инвариантной массы пары мюонов для данных и моделированных процессов Стандартной модели исследуется статистическая достоверность гипотез существования новых тяжелых резонансов Z^* различных масс и сечений. В отсутствие статистически значимых отклонений наблюдений от предсказаний Стандартной модели – вычислены верхние пределы массы и сечения Z^* . В анализе используются данные протон-протонных столкновений с энергией в с.д.м. 8 ТэВ, набранные экспериментом ATLAS в 2012 году.

Ключевые слова: Z^* , резонанс, бозон, мюон, ATLAS, LHC.

Введение. Тяжелые бозоны Z^* массой порядка одного или нескольких ТэВ являются естественными ингредиентами класса теорий, расширяющих Стандартную модель и направленных на преодоление так называемой «проблемы иерархии» [1, 2].

Эти частицы имеют спин 1 и характеризуется взаимодействием с частицами стандартной модели «тензорного типа»:

$$L \sim \bar{\psi}_2 \sigma^{\mu\nu} \psi_1 (\partial_\mu Z_\nu^* - \partial_\nu Z_\mu^*), \quad (1)$$

где $\psi_{1,2}$ – поля фермионов стандартной модели, Z_μ^* – векторное поле нового тяжелого резонанса.

Свойства лагранжиана (1) отражаются в предсказываемых свойствах бозонов Z^* . К примеру – угловые распределения частиц распада Z^* имеют уникальную форму, что позволяет отличить процессы с участием нового бозона от процессов с участием других типов частиц [2].

В статье приведены результаты поисков сигнала резонанса Z^* в данных протон-протонных столкновений на экспериментальной установке ATLAS Большого адронного коллайдера (LHC) [4] в канале с двумя противоположно заряженными мюонами в конечном состоянии.

Сравнение данных с предсказаниями Стандартной модели. Основной переменной, используемой в анализе, является инвариантная масса мюона и антимюона, реконструированных детектором. На рис. 1 показаны распределения инвариантной массы пары мюонов для данных и для фоновых процессов Стандартной модели. Основными фоновыми процессами являются процессы Дрелл-Яна, процессы с рождением



нескольких векторных бозонов Z, W , а также процессы с рождением одного или пары топ-кварков. События, связанные с этими процессами, были смоделированы с помощью Монте-Карло генераторов с последующей полной реконструкцией в программной модели детектора.

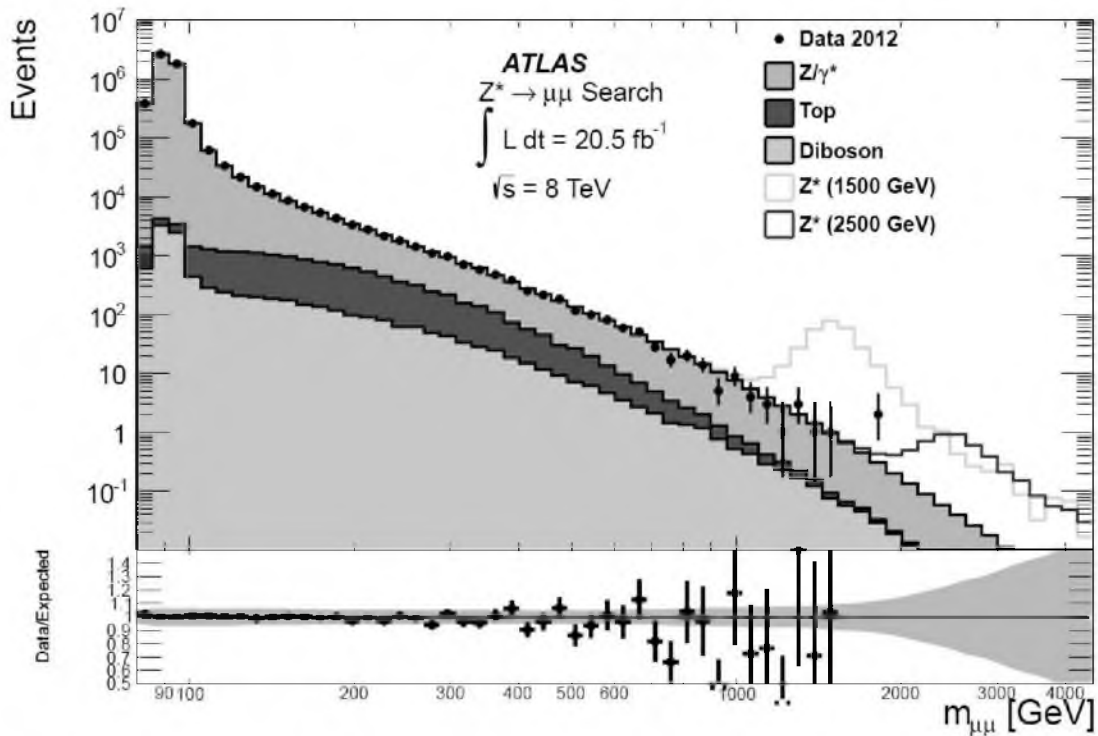


Рис. 1. Инвариантная масса пары мюонов для данных ATLAS 2012 года и моделированных процессов Стандартной модели. Маркерами показаны данные и их статистическая погрешность. Распределения процессов Стандартной модели включают процессы Дрелл-Яна, процессы рождения нескольких бозонов Z, W и процессы рождения одного или пары топ-кварков. Показаны распределения сигнальных событий Z^* массой 1500 и 2500 ГэВ. Внизу дано распределение отношения числа событий в данных к числу событий моделированных процессов, а также систематическая погрешность оценки фона (окаймление серого цвета), см. [4].

В табл. 1 показано сравнение числа событий наблюдаемых данных и моделированных процессов Стандартной модели. Числа событий в разных областях инвариантной массы хорошо согласуются в пределах статистических и систематических погрешностей.

Предел сечения и массы Z^* . Для оценки совместимости данных с гипотезами сигналов Z^* различных масс и сечений используется генерация методами Монте-Карло определенного числа наборов псевдоэкспериментальных данных, учитывающих распределения систематических погрешностей и сечения резонанса Z^* . После этого для каждого псевдоэксперимента вычисляется функция правдоподобия, которая затем усредняется по всем псевдоэкспериментам. Процедура повторяется для различных возможных



значений массы Z^* . Сравнение данных детектора с гипотезами существования сигнала Z^* различных масс дает так называемый «наблюдаемый предел» сечения, сравнение распределения фона с гипотезами Z^* дает «ожидаемый предел».

Таблица 1

Сравнение количества событий данных и моделированных процессов Стандартной модели в различных диапазонах инвариантной массы. В качестве неопределенности количества событий показана полная (статистическая + систематическая) погрешность (см. [4]). Использовано правило округления PDG.

$m_{\mu\mu} \text{ТэВ} $	200-400	400-800	800-1200	1200-3000
Z/γ^*	1000 ± 1000	1000 ± 100	49 ± 5	$7,3 \pm 1,1$
Топ	2300 ± 400	160 ± 80	$3,0 \pm 1,7$	$0,17 \pm 0,15$
Дибозон	$524,1 \pm 134,4$	$64,02 \pm 15,75$	$4,188 \pm 2,147$	$0,693 \pm 0,3041$
Всего	13700 ± 1100	1180 ± 130	56 ± 6	$8,15 \pm 1,2$
Данные	13479	1122	49	8

Таблица 2

Верхние пределы массы нового резонанса Z^* , полученные в димюонном канале, в диэлектронном канале, и в комбинации димюонного и диэлектронного каналов (см. [4]).

	$Z^* \rightarrow \mu^+\mu^-$	$Z^* \rightarrow e^+e^-$	$Z^* \rightarrow l^+l^-$
Наблюдаемый предел, ТэВ	2,58	2,74	2,85
Ожидаемый предел, ТэВ	2,58	2,73	2,82

Пересечение кривой наблюдаемого (ожидаемого) предела сечения и кривой теоретического сечения определяет наблюдаемый (ожидаемый) предел массы резонанса Z^* с уровнем достоверности 95%. В табл. 2 показаны значение верхних пределов массы Z^* для разных экспериментальных каналов. Помимо димюонного канала, обсуждаемого в этой статье, для полноты картины приведены также ограничения на массу Z^* , полученные коллаборацией ATLAS из анализа данных в канале с двумя электронами, а также ограничения, полученные в комбинации димюонного и диэлектронного каналов (см. [4]).

Заключение. Проанализированы данные эксперимента ATLAS в димюонном канале, набранные в 2012 году в протон-протонных столкновениях на LHC.

Наблюдается хорошее согласие наблюдаемых распределений событий с моделированием процессов Стандартной модели. Найдены верхние пределы сечений резонанса Z^* для различных возможных масс. Верхний предел на допустимую массу нового резонанса установлен на уровне 2,85 ТэВ.

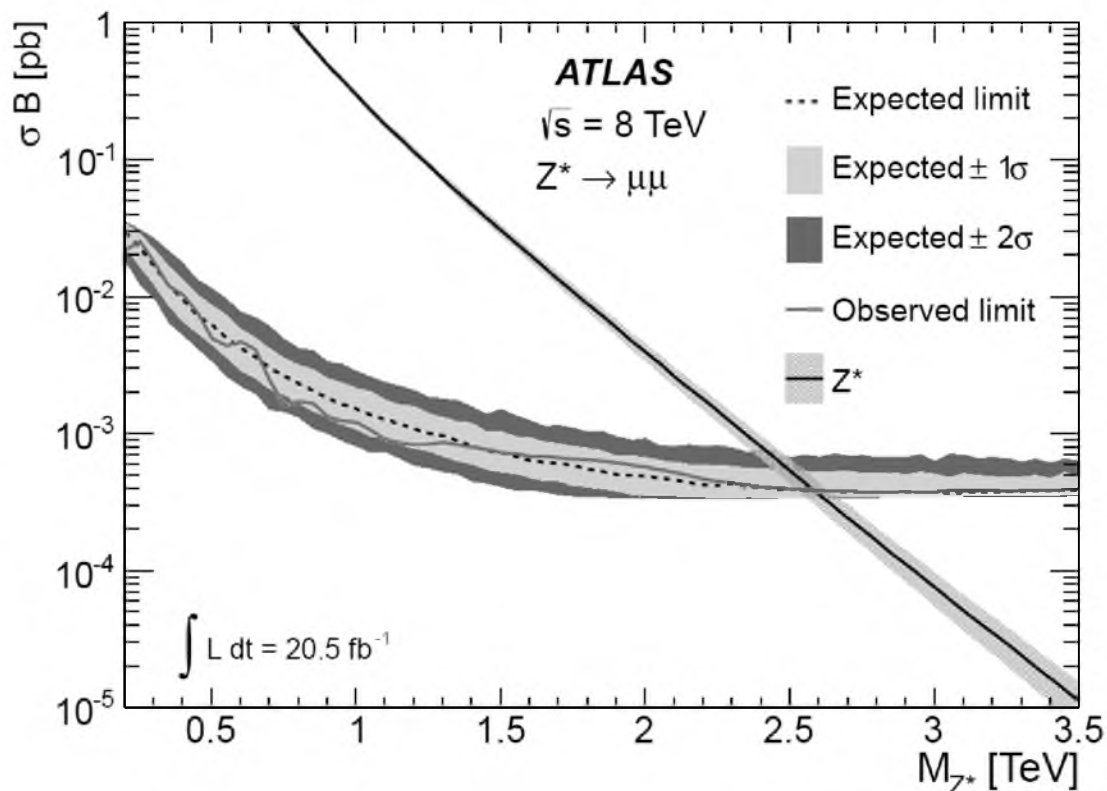


Рис. 2. Предел сечения резонанса Z^* , полученный на основе анализа распределений димюонных событий по инвариантной массе. Пунктирной линией показан ожидаемый предел сечения (см. пояснения в тексте) с уровнем достоверности 95%. Окаймление кривой ожидаемого предела иллюстрирует погрешности значения предела в одно и два стандартных отклонения, связанные с систематическими погрешностями оценки фона Стандартной модели. Сплошной линией показан наблюдаемый предел сечения Z^* . Сплошная линия с серым окаймлением соответствует сечению резонанса Z^* , рассчитанному в теории и его неопределенности, соответственно (рисунок из статьи [4]).

Литература

1. Chizhov M.V., Dvali G. Origin and phenomenology of weak-doublet spin-1 bosons // Phys. Lett.. – 2008. – B703. – P.593-598.
2. Chizhov M.V., Bednyakov V.A., Budagov Ju.A. Proposal for chiral bosons search at LHC via their unique new signature // Phys. Atom. Nucl. – 2008. – 71. – P.2096-2100.
3. The ATLAS Collaboration // The ATLAS Experiment at the CERN Large Hadron Collider. – 2008. – JINST 3 S08003.
4. The ATLAS Collaboration // Search for high-mass dilepton resonances in pp collisions at $\sqrt{s} = 8$ TeV with the ATLAS detector. – arXiv:1405.4123v.

**SEARCH FOR NEW SPIN-1 Z^* BOSON AT THE ATLAS (LHC) EXPERIMENT
IN CHANNEL WITH TWO MUONS**

I.V. Yeletsikh, The ATLAS Collaboration

Joint Institute for Nuclear Research, Joliot-Curie St., 6, Dubna, 141980, Russia;
Institute of Electrophysics and Radiation Technologies, Chernyshevskiy St., 28, Kharkov, 61002,
Ukraine; e-mail: ivaneleckih@jinr.ru

Abstract. Investigations of the new heavy Z^* resonance at ATLAS (LHC) experiment in channel with two muons are presented. On the basis of comparing of dimuon invariant mass distributions in observed data and simulated by Standard Model processes predictions, the compatibility of data with "background + signal" hypotheses is studied. Due to good agreement between data and Standard Model predictions we have found new limits on Z^* cross section and mass. Analysis is based on 20 fb^{-1} of pp collisions with C.M. energy of 8 TeV, recorded by ATLAS in 2012.

Key words: Z^* -resonance, boson, muon, ATLAS, LHC.