

Поиски бозона Хиггса стандартной модели в эксперименте CMS на Большом адронном коллайдере в 2010-2011 гг.

CERN, 13th декабря 2011

Бозон Хиггса – единственная не открытая экспериментально частица стандартной модели взаимодействия элементарных частиц (СМ). Обнаружение этой частицы было бы важным шагом вперед в понимании механизма приобретения массы элементарными частицами. В свою очередь, отсутствие бозона Хиггса с характеристиками ожидаемыми в СМ стало бы очень значимым и стимулировало бы большое внимание к альтернативным теориям за пределами стандартной модели, которые ассоциируются с другими частицами ведущими себя аналогично бозону Хиггса.

Сегодня коллаборация CMS представила свои последние результаты по поиску бозона Хиггса стандартной модели в протон-протонных столкновениях используя данные набранные на конец 2011 года. Общее количество набранных данных (4.7 фб^{-1} интегральной светимости) [REF: FB] позволило CMS провести изучение возможности рождения бозона Хиггса почти во всем диапазоне масс, начиная от предела установленного ранее Большим Электрон-Позитронным коллайдером (LEP) в ЦЕРН, $114 \text{ ГэВ}/c^2$ (или 114 ГэВ в естественных единицах [REF: GEV]), до 600 ГэВ . Наши результаты были получены с помощью комбинированного анализа различных возможных “каналов распада” бозона Хиггса, включая распады на пары W- и Z-бозонов, которые в свою очередь распадаются на четыре лептона, и распады на пару τ -лептонов и пару фотонов (рис. 1).

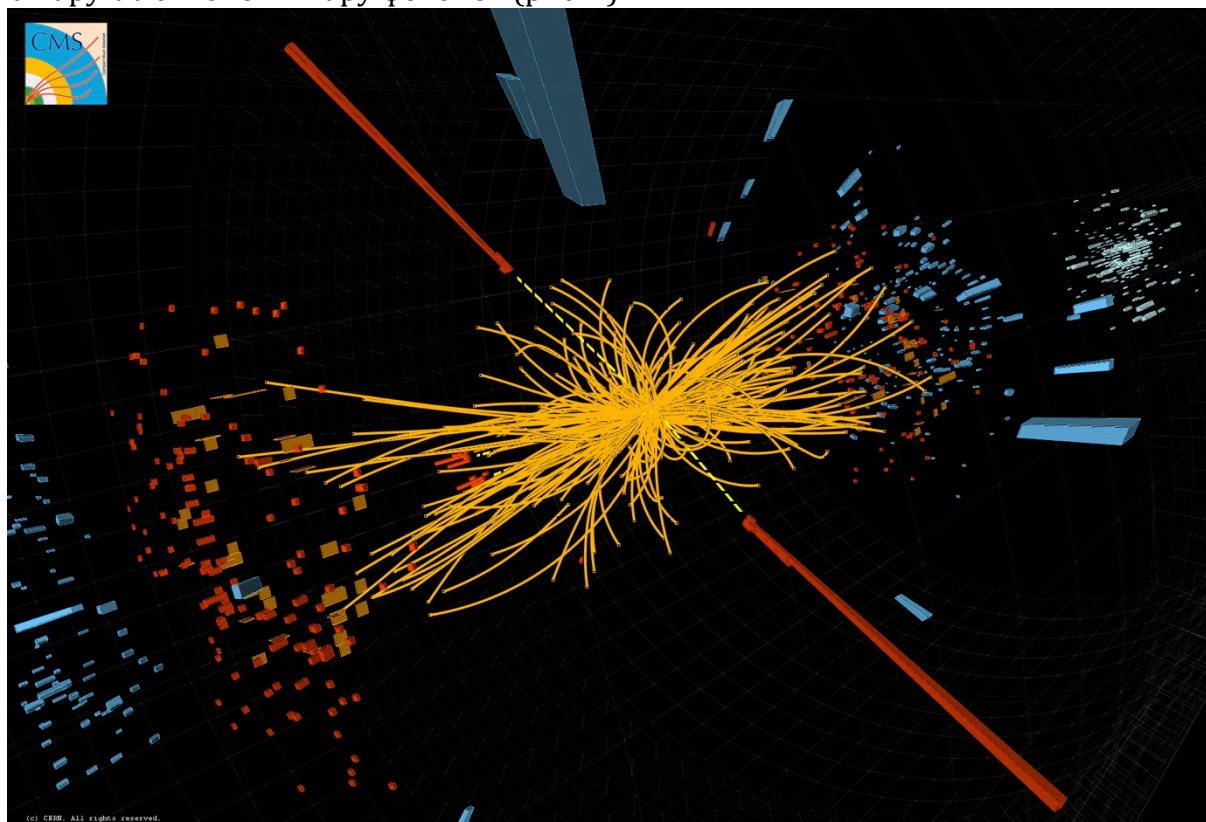


Рис 1: Характерное событие – кандидат в распад бозона Хиггса с фотонами с высокой энергией (отмечены красным), зарегистрированными в электромагнитном калориметре. Желтыми линиями показаны треки заряженных частиц, рожденных в этом событии.

Наши предварительные результаты исключают с различными уровнями статистической достоверности [REF: CL] существование бозона Хиггса в широком диапазоне возможных масс:

- 127 – 600 GeV с уровнями статистической достоверности 95% (рис. 2а);
- 128 – 525 GeV с уровнями статистической достоверности 99%.

Говорят, что масса “исключена с 95 % уровнем статистической достоверности”, если по крайней мере в 95 % случаев в серии повторяющихся экспериментов ожидаемое число событий рождения бозона Хиггса SM с данной массой оказывается больше, чем число событий, наблюдаемых в экспериментальных данных.

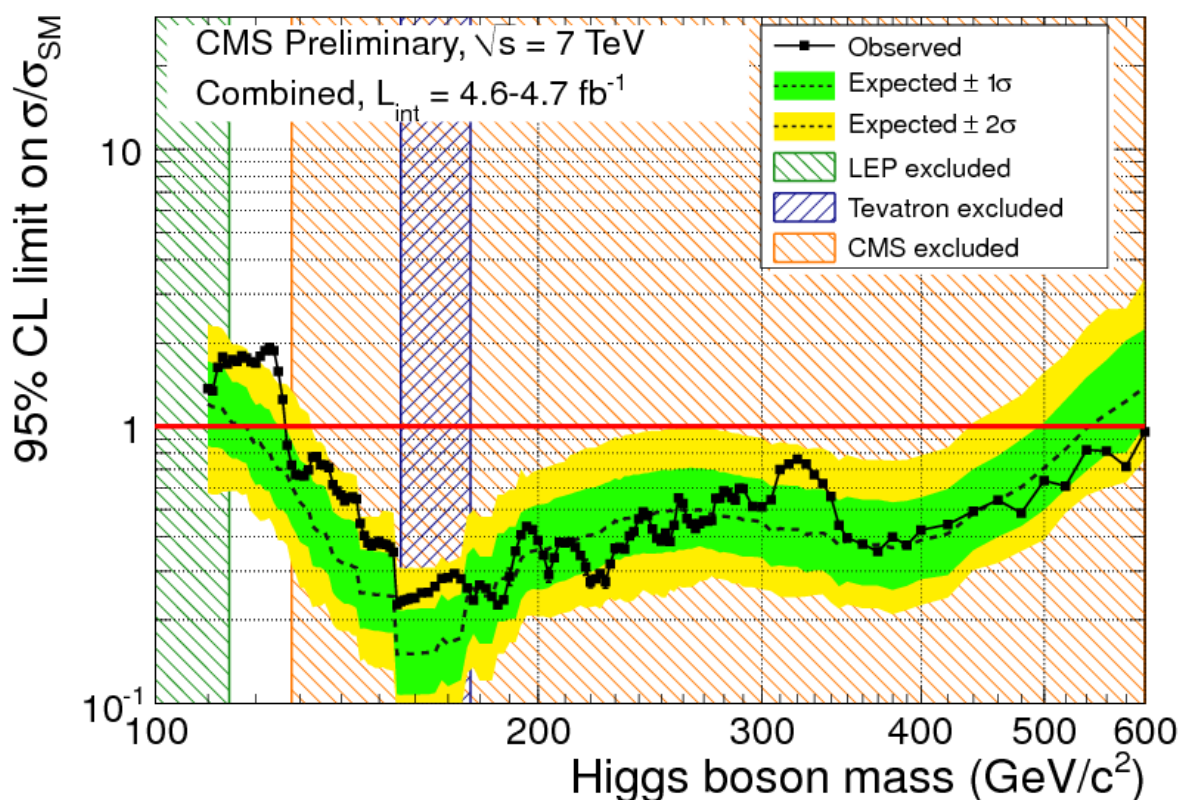


Рис 2а: Предел, исключающий с 95% уровнем статистической достоверности бозон Хиггса SM с заданной массой (ниже красной линии). Анализ основан на данных соответствующих 4.7 фб⁻¹ интегральной светимости, зарегистрированных экспериментом CMS в 2010-2011 годах. Заштрихованная область показывает диапазон масс, ранее исключенный экспериментами LEP, Fermilab, а теперь и CMS. Пунктирная линия отвечает ожидаемому пределу в случае отсутствия бозона Хиггса. Зеленые и желтые области соответствуют 68% и 95% стандартным отклонениям от ожидаемого предела.

Мы не исключаем бозон Хиггса SM с массой между 115 ГэВ и 127 ГэВ с 95% уровнем статистической достоверности. В этом диапазоне наблюдается превышение числа событий по сравнению с предсказаниями SM (рис. 2б), которое систематически наблюдается в пяти независимых каналах.

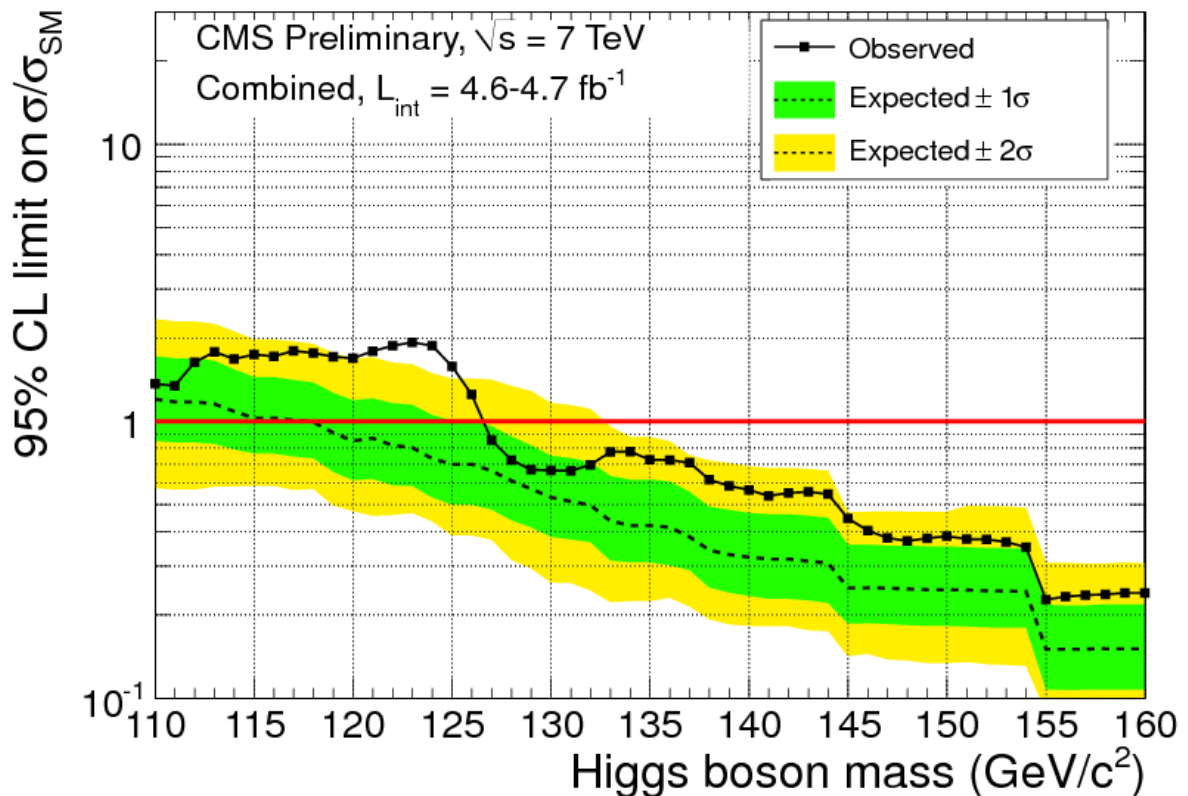


Рис. 2б: Предел с 95% уровнем статистической достоверности на массу бозона Хиггса СМ, полученный на данных соответствующих 4.7 фб^{-1} интегральной светимости, зарегистрированных экспериментом CMS в 2010-2011 в протон-протонных столкновениях. Показан диапазон малых масс.

На основании собранных данных пока не представляется возможным предпочесть одну из гипотез – существования или не существования бозона Хиггса в области малых масс. Наблюдаемое превышение числа событий может быть статистической флуктуацией известных фоновых процессов *независимо от того существует ли бозон Хиггса с характеристиками предсказанными в стандартной модели в этом интервале масс или нет*. Новые данные, ожидаемые в 2012, позволят уменьшить статистические неопределенности и уверенно сказать существует ли бозон Хиггса предсказанный в стандартной модели в этом диапазоне масс.

Наблюдаемое превышение числа событий наиболее совместимо с гипотезой бозона Хиггса СМ с массой вблизи 124 ГэВ и ниже. Статистическая значимость наблюденного превышения менее 2 стандартных отклонения (2σ) от ожидаемого фона с учетом так называемого Look-Elsewhere Effect [REF: LEE] (сопоставительный анализ во всем диапазоне масс, принимающий во внимание тот факт, что излишек событий мог бы быть наблюден и при других массах), что приводит к более низкой статистической значимости по сравнению с традиционным анализом.

Если гипотеза о том, что наблюдаемое превышение числа событий может быть первым указанием существования бозона Хиггса СМ, то вероятность рождения (так называемое «сечение» по отношению к сечению предсказанному в СМ, $\sigma/\sigma_{\text{SM}}$) во всех каналах распада совместима с предсказаниями, хотя и с большими ошибками измерения. Тем не менее низкая статистическая значимость этих излишков событий означает, что они вполне могут быть проинтерпретированы как флуктуации фона.

Дополнительные данные, которые будут собраны в 2012 году позволят с уверенностью определить причину наблюдаемого эффекта

Ссылки

[REF: FB] <http://news.stanford.edu/news/2004/july21/femtobarn-721.html>

[REF: GEV] Электрон-вольт (эВ) – единица энергии. В физике элементарных частиц, где масса и энергия часто взаимозаменяемы, общепринятой единицей массы является эВ/ c^2 (из соотношения $E = mc^2$, где c – скорость света в вакууме). Еще более распространено использование так называемой «натуральной системы единиц» в которой скорость света равна единице (и соответственно $E = m$), в которой эВ является так же и единицей массы.

[REF: CL] Уровень статистической значимости (CL) соответствует проценту независимых статистических тестов с результатом в указанном диапазоне. Например, 95% уровень значимости означает, что результат измерения будет находиться в указанном диапазоне в 95 процентах случаев. (Источник информации: [NADbank](#))

[REF LEE] <http://cms.web.cern.ch/news/should-you-get-excited-your-data-let-look-elsewhere-effect-decide>