

Заявка на премию ОИЯИ в 2021 году

Название: "Исследование свойств бозона Хиггса в распаде на b анти- b кварковую пару и поиск Новой физики на установке АТЛАС на Большом Адронном Коллайдере"

На конкурс научно-исследовательских экспериментальных работ ОИЯИ.

Авторы: Ф. Ахмадов (ЛФВЭ), Е.В. Храмов (ЛЯП), Е.А. Черепанова (ЛЯП)

Все результаты, представленные в настоящей заявке, были получены при непосредственном и решающем участии авторов заявки. Авторы данной заявки являются принципиальными авторами указанных ниже публикаций в рамках коллаборации АТЛАС.

Многоцелевые детекторы АТЛАС и CMS на Большом Адронном Коллайдере были созданы прежде всего для открытия бозона Хиггса и исследования его свойств, а также для поиска Новой физики за пределами Стандартной Модели. Первая задача была успешно выполнена, бозон Хиггса был открыт в 2012 году, кроме того, многократно была подтверждена справедливость Стандартной Модели. Поиск Новой физики продолжен путем прецизионной проверки свойств бозона Хиггса и попытками обнаружить новые состояния, такие как тяжелый бозон и долгоживущие частицы.

Сотрудники ОИЯИ принимали участие в измерении свойств бозона Хиггса Стандартной Модели, распадающегося на b анти- b пару, и ассоциировано рожденного с W или Z бозоном, распадающимся по лептонному каналу, с помощью данных протон-протонных столкновений, полученных в течение 2015-2018 годов детектором АТЛАС. В измерениях используются данные столкновений, полученных на Большом Адронном Коллайдере при энергии $\sqrt{s}=13$ ТэВ в системе центра масс и соответствующих интегральной светимости 139 фб^{-1} . Было наблюждено рождение бозона Хиггса в ассоциации с W или Z бозоном с наблюдаемой и ожидаемой статистическими значимостями 4.0 (4.1) и 5.3 (5.1) стандартных отклонений, соответственно. Сечения ассоциированного рождения бозона Хиггса, распадающегося на b анти- b пару, с электрослабым калибровочным бозоном, W или Z , распадающимся по лептонному каналу, измерены как функция поперечного импульса калибровочного бозона во всей кинематической области. Измеренные значения сечения согласуются с предсказаниями Стандартной Модели, а суммарные погрешности варьируются от 30% в областях высоких значений поперечного импульса калибровочного бозона до 85% в областях их низких значений. Поставлены пределы на параметры эффективного Лагранжиана, чувствительного как к изменениям в процессах рождения WH и ZH , так и к распаду бозона Хиггса на b анти- b пару (см. Рис. 1).

Также был проведён поиск долгоживущих частиц, остановившихся в объёме детектора АТЛАС. Дальнейший распад этих долгоживущих частиц может создавать адронные струи высоких энергий, приводящие в больши́м выделении энергии вне временного окна события в калориметре АТЛАСа. Данные распады регистрировались с использованием данных, собранных в режиме работы БАК, когда отсутствовали столкновения протонных пучков. Был проанализирован набор данных протон-протонных столкновений на Большом Адронном Коллайдере при энергии в системе центра масс $\sqrt{s}=13$ ТэВ и зарегистрированных экспериментом АТЛАС в течение 2017 и 2018 годов. Для этого анализа были взяты данные, полученные за 579 часов работы установки. На основе полученных результатов были поставлены нижние пределы на массу глюино R-адронов с массой более 1.4 ТэВ со временем жизни глюино в интервале 10^{-5} –

10^3 с в предположении, что вероятность распада $B(\tilde{g} \rightarrow q \bar{q} \tilde{\chi}_1^0) = 100\%$ (см. Рис. 2).

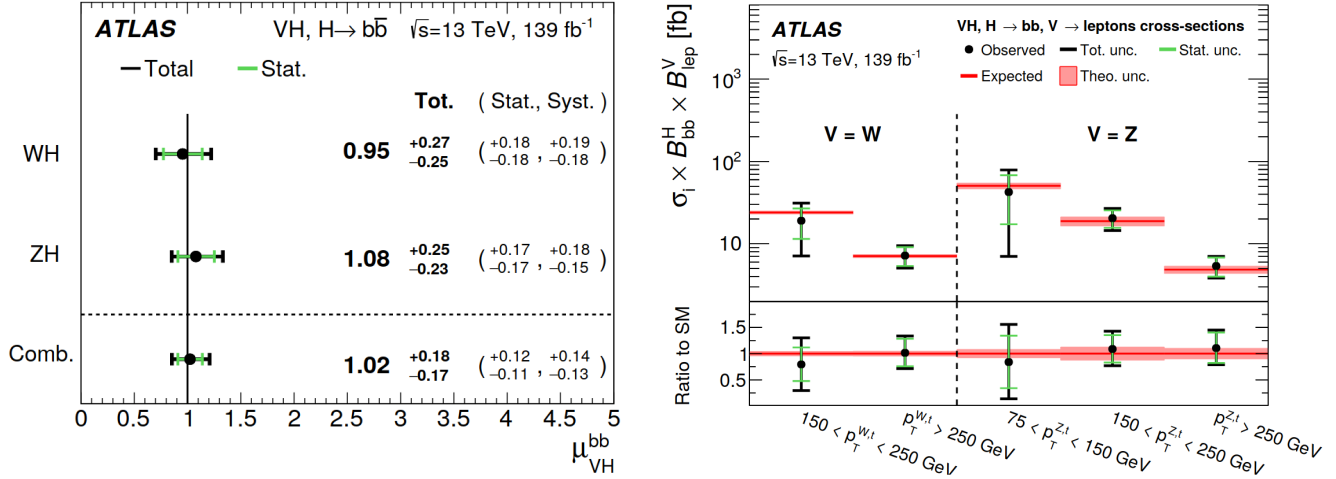


Рис. 1: слева: мощность сигнала бозона Хиггса, μ_{VH}^{bb} , для $m_H = 125$ ГэВ для процессов WH и ZH и их комбинации; справа: измеренные значения сечения рождения VH с распадом V по лептонному каналу и $H \rightarrow b\bar{b}$ при различных значениях поперечного импульса векторного бозона.

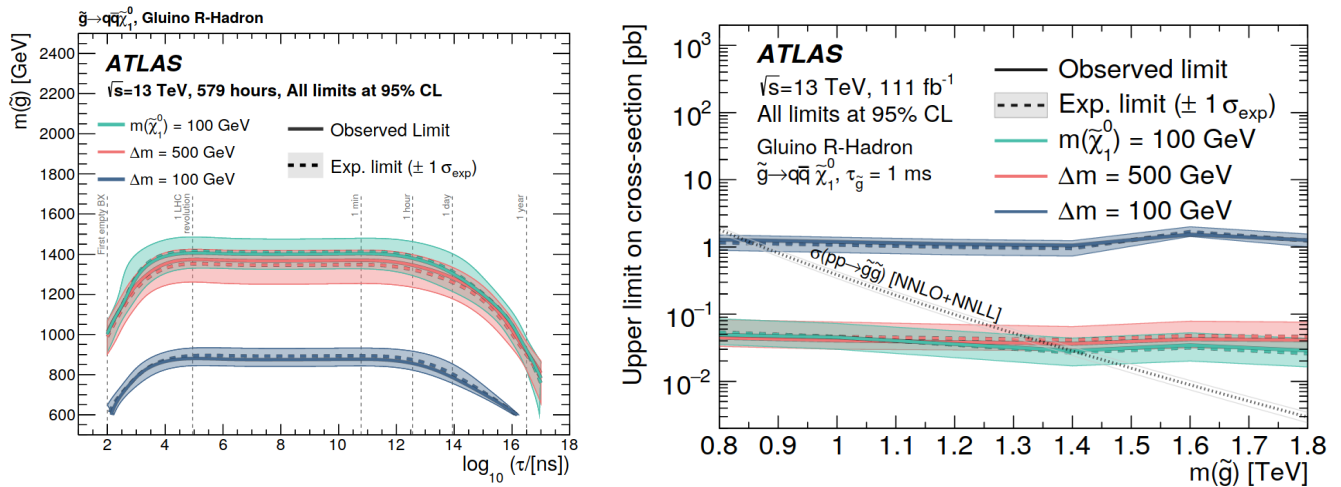


Рис 2: слева: ожидаемые (пунктирная линия) и измеренные (сплошная линия) пределы на уровне достоверности 95% как функция массы глюино и его времени жизни; справа: ожидаемые (пунктирная линия) и измеренные пределы на сечение рождения сигнала уровне достоверности 95% как функция массы глюино.

Кроме того, была исследована возможность существования заряженного или нейтрального тяжёлого бозона, распадающегося по $W\gamma$ или $Z\gamma$ каналам. Для анализа использовался набор данных, полученных в эксперименте АТЛАС на БАК при энергии протон-протонных столкновений $\sqrt{s}=13$ ТэВ и соответствующих интегральной светимости 139 fb^{-1} . Чувствительность данного анализа проверялась на моделях рождения и распада тяжёлых бозонов со спином $S=0, 1$ или 2 . Поиск тяжёлого резонанса осуществлялся в диапазоне масс от 1.0 ТэВ до 6.8 ТэВ. При таких больших массах чувствительность анализа имеет преимущество при адронном канале распада W и Z бозонов. Никаких признаков сигналов, превышающих фон Стандартной модели, обнаружено не было. Были получены верхние пределы на сечение

рождения тяжёлых резонансов для различных моделей (см Рис. 3).

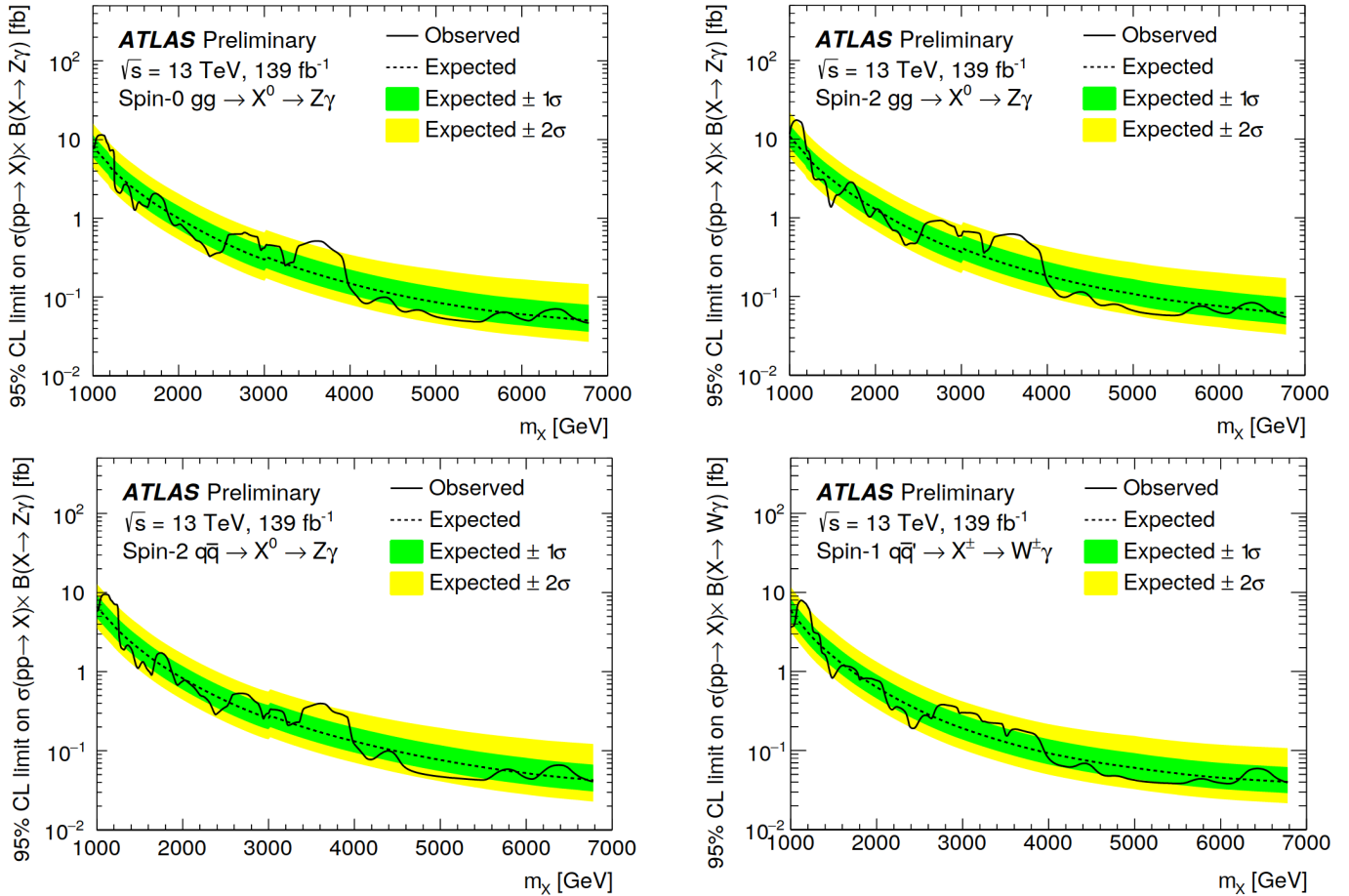


Рис. 3: Верхние пределы на уровне достоверности 95% на сечение рождения с учётом распада по каналу $W/Z\gamma$ тяжёлого резонанса со спином $S=0$ (вверху слева), со спином $S=2$ при слиянии пары глюонов (вверху справа), со спином $S=2$ при взаимодействии кварк-антикварковой пары (внизу слева) и со спином $S=1$.

Публикации:

- 1) F. Ahmadov et al, Measurements of WH and ZH production in the $H \rightarrow b$ anti- b decay channel in pp collisions at 13 TeV with the ATLAS detector, [Eur. Phys. J. C 81 \(2021\) 178](#)
- 2) E. Cherepanovs et al, A search for the decays of stopped long-lived particles at $\sqrt{s}=13$ TeV with the ATLAS detector, [JHEP 07 \(2021\) 173](#)
- 3) E. Khramov, Search for high-mass $W\gamma$ and $Z\gamma$ resonances using 139 fb^{-1} of pp collisions at $\sqrt{s} = 13$ TeV with the ATLAS detector, [ATLAS-CONF-2021-041](#) (готовится публикация)