

УДК 539.1

СЦЕНАРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ БОЗОНА ХИГГСА В НМССМ

© 2014 А.В. Гурская, М.В. Долгополов¹

В данной статье рассматриваются вопросы возможности реализации в теории нескольких бозонов Хиггса. Обсуждаются соответствующие гипотезы, которые являются следствиями интерпретации результатов экспериментов на ЛНС. Приводятся аргументы в пользу суперсимметричных моделей. В рамках НМССМ сделаны оценки для областей варьирования свободных параметров модели, вычислены массы бозонов Хиггса, а также массы частицы-кандидата на роль темной материи – нейтралино. Подобранные определенным образом значения этих физических величин могут быть объединены в так называемые сценарии исследования бозона Хиггса. Выявлено четыре таких сценария, в рамках которых возможно объяснить существующие гипотезы.

Ключевые слова: бозон Хиггса, ЛНС, суперсимметрия, массовые состояния, свободные параметры, нейтралино, темная материя, СР-инвариантность

Введение

4 июля 2012 года на семинаре в ЦЕРНе [1; 2] было сообщено об открытии новой частицы, которая по своим физическим свойствам соответствует бозону Хиггса — частице, возникающей при спонтанном нарушении калибровочной симметрии и механизме Хиггса [3]. 8 октября 2013 года Питеру Хиггсу была присуждена Нобелевская премия за теоретическое обоснование существования такого бозона. По своим свойствам наблюдаемый бозон Хиггса вполне отвечает требованиям стандартной модели (СМ) физики элементарных частиц, но именно этот факт и ставит в тупик дальнейшие исследования в этой области. Возможно, СМ является эффективной теорией, поскольку описывает только три фундаментальных взаимодействия природы, но не включает гравитацию; она не объясняет существования именно трех поколений лептонов и кварков; в рамках СМ есть противоречия между экспериментальными данными по массе нейтрино и соответствующими теоретическими предсказаниями; нет объяснения барионной асимметрии; СМ не содержит кандидатов на роль темной материи. Решить данные проблемы можно при расширении СМ с помощью добавления в нее новых полей. Поиск бозона Хиггса предвещал их открытие и вообще открытие так называемой "новой физики" [4]. Однако пока результаты экспериментов не дают возможности выхода за рамки СМ.

¹Гурская Альбина Валентиновна (a-gurska@yandex.ru), Долгополов Михаил Вячеславович (mvdolg@yandex.ru), кафедра общей и теоретической физики Самарского государственного университета, 443011, Российская Федерация, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

Поиск бозона Хиггса проводился на ускорителях LEP2 и Tevatron, однако очевидный успех открытия принадлежит ЛНС. Поиск был основан на регистрации продуктов распада хиггсовского бозона. Спектр возможных распадов представлен на рисунке.

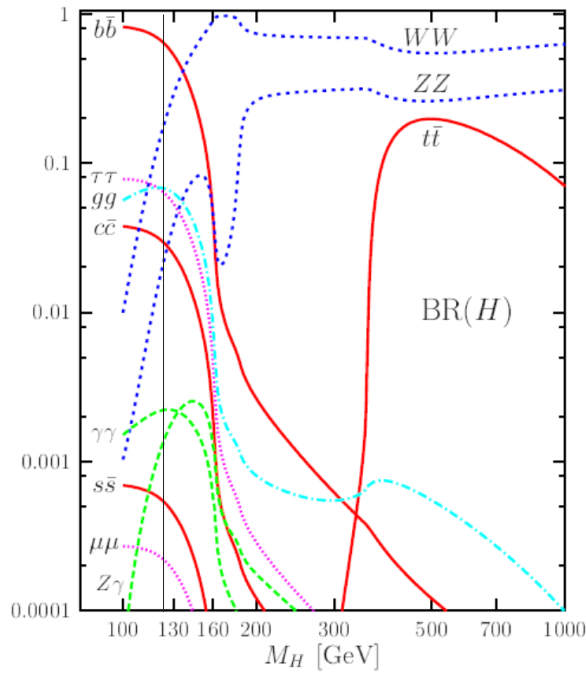


Рис. Вероятности различных мод распада бозона Хиггса [5]

Основными процессами поиска были следующие распады: $H \rightarrow \gamma\gamma$ на два фотона, на пару промежуточных Z - и W -бозонов с последующим распадом на четыре лептона $H \rightarrow ZZ^* \rightarrow 4l$ и $H \rightarrow WW^* \rightarrow 4l$. Несмотря на то что наиболее вероятной ситуацией для частицы массой порядка 125 ГэВ должна быть $H \rightarrow b\bar{b}$, у первых трех распадов фоновые процессы значительно ослаблены, что дает возможность точнее определить массу новой частицы именно с их помощью.

По результатам обработки данных детекторов ЛНС — ATLAS и CMS [1; 2] за 2012 г. ширина распада $H \rightarrow \gamma\gamma$ превышала предсказания СМ. Это вызвало дискуссии в научном сообществе. Первые наблюдаемые отклонения привели к гипотезе о том, что существует не один бозон Хиггса. Возможные варианты можно классифицировать следующим образом:

1. $123 < m_{h_1}, m_{h_2} < 128$ ГэВ [6]

Здесь m_{h_1} и m_{h_2} — массы первого и второго бозона Хиггса соответственно. Предполагается, что это два скаляра, примерно равные по массе, и что в дальнейшем экспериментально удастся различить два пика, соответствующие этим двум частицам. Однако высказывалась также мысль о том, что массы бозонов Хиггса могут быть вырожденными по массе.

2. $m_{h_1} \approx m_{a_1} \approx 125$ ГэВ [7]

Здесь m_{h_1} — масса бозона Хиггса, который является скаляром, а m_{a_1} — масса псевдоскалярного бозона Хиггса. Они могут оказаться близки друг к другу

по массе, но обладать очень разными свойствами. Скажем, один из двух может быть связан с возникновением массы у фермионов, а второй — у бозонов. Тогда каждый из них проявляет себя в каком-то своем, характерном только ему распаде. В частности, была попытка объяснить отклонения ширины распада в процессе $H \rightarrow \gamma\gamma$ за счет участия в нем псевдоскаляра.

3. $m_{h_1} < m_{h_2}$, $m_{h_2} \approx 125$ ГэВ

Это так называемая версия легкого бозона Хиггса, ненаблюдаемого (так как найденный на ЛНС бозон составляет ~ 125 ГэВ, и ниже этого значение никаких сигналов пока что обнаружено не было). Такая версия имеет место быть в связи с решением проблемы барионной асимметрии Вселенной. В работе [8] приводятся аргументы в пользу того, что такое объяснение можно получить при введении в теоретическую модель нарушения CP-инвариантности. Такое нарушение должно было бы происходить на ранней стадии формирования Вселенной в процессе бариогенезиса, т. е. в процессе образования адронов из кварков и глюонов. Бариогенезис может происходить при сильном фазовом переходе первого рода, а тот в свою очередь накладывает ограничение на массу бозона Хиггса. Она должна быть меньше 50 ГэВ [9].

Однако на данный момент расхождения в ширине распада бозона Хиггса на два фотона исчезли в результате набора достаточной статистики эксперимента. Найденная частица вполне вписывается в СМ. Еще сильнее на ее стандартность стало указывать подтверждение распада хиггсовского бозона на фермионы [10].

Но имеющиеся трудности еще не могут отменить возможное существование нескольких бозонов Хиггса, хотя бы учитывая все внутренние трудности СМ, перечисленные выше. Расширенный хиггсовский сектор хорошо описывается в двухдублетных и триплетных моделях. Особый интерес представляют суперсимметричные модели.

В данной статье мы рассмотрим возможность реализации нескольких бозонов Хиггса в рамках неминимальной суперсимметричной модели (НМССМ). В п. 1 будут представлены сектора бозона Хиггса и нейтралино НМССМ. В п. 2 будут рассмотрены возможные сценарии исследования бозона Хиггса в рамках НМССМ с учетом предполагаемых гипотез.

1. Массовые состояния сектора Хиггса и сектора нейтралино НМССМ

Несмотря на то что эксперименты пока не дают выхода за рамки СМ, теория ушла далеко вперед. Из всех предложенных расширений СМ наиболее естественными и элегантными выглядят модели, основанные на принципе суперсимметрии (СУСИ). Главная идея СУСИ — объединение в описании бозонных и фермионных степеней свободы в терминах супермультиплетов. Поиски СУСИ пока не увенчались успехом, кроме того, закрыты интересные возможные варианты СУСИ-моделей с легкими СУСИ-частицами. Рост предсказываемой массы этих частиц приводит к тому, что такие модели могут стать неинтересными для исследователей, потому что их предсказания выходят за рамки возможностей современных экспериментов. Однако это не говорит, что ее нет. СУСИ-модели интересны хотя бы потому, что в них естественным образом сокращаются фиолетовые расходимости в первом порядке теории возмущения, допускается объединение калибровочных

констант при определенных энергиях ($\sim 10^{16}$ ГэВ), имеются кандидаты на роль частицы темной материи и объясняется барионная асимметрия Вселенной. В конечном счете набор свободных параметров в СУСИ-моделях достаточен, чтобы можно было выбрать теорию, проверяемую на практике.

Исторически первой СУСИ-моделью была минимальная суперсимметричная стандартная модель (МССМ), включающая минимально возможный набор полей при учете СУСИ: все поля СМ и их суперпартнеры (при этом сектор Хиггса двухдублетный). Однако в ней существовала так называемая μ -проблема, которая нашла успешное решение в следующей неминимальной модели (НМССМ) [11; 12]. Новая модель содержит новое синглетное суперполе. В результате имеется семь физических состояний бозонов Хиггса, что дает большие возможности для дальнейших исследований.

Общий вид суперпотенциала в секторе Хиггса выглядит следующим образом:

$$W_H = \lambda \hat{S}(\hat{H}_1 \epsilon \hat{H}_2) + \frac{1}{3} \kappa \hat{S}^3. \quad (1.1)$$

Параметризация полей имеет вид (согласно работе [13]):

$$H_1 = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}}(v_1 + \eta_1 + i\chi_1) \\ -i\omega_1^- \end{pmatrix}, \quad H_2 = \begin{pmatrix} -i\omega_2^+ \\ \frac{1}{\sqrt{2}}(v_2 + \eta_2 + i\chi_2) \end{pmatrix}, \quad (1.2)$$

$$S = (v_3 + s_1 + i\chi_n).$$

Чтобы получить физические состояния хиггсовских бозонов, необходимо диагонализировать массовую часть лагранжиана сектора Хиггса НМССМ в локальном минимуме. Для этого необходимо найти производные от поля по вакуумным состояниям v_1, v_2, v_3 . Массовая матрица нейтральных бозонов Хиггса в случае сохранения СР-инвариантности будет разделена на две. Одна для СР-четных состояний:

$$\begin{aligned} M_{S,11}^2 &= M_Z^2 \cos^2 \beta + \lambda v_3 \operatorname{tg} \beta (A_\lambda + \kappa v_3), \\ M_{S,22}^2 &= M_Z^2 \sin^2 \beta + \lambda v_3 \operatorname{ctg} \beta (A_\lambda + \kappa v_3), \\ M_{S,33}^2 &= 4\kappa^2 v_3^2 + \kappa A_\lambda v_3 + \frac{\lambda}{v_3} A_\lambda v_1 v_2, \\ M_{S,12}^2 &= (\lambda^2 v^2 - \frac{M_Z^2}{2}) \sin 2\beta - \lambda v_3 (A_\lambda + \kappa v_3), \\ M_{S,13}^2 &= 2\lambda^2 v_1 v_3 - \lambda v_2 (A_\lambda + 2\kappa v_3), \\ M_{S,23}^2 &= 2\lambda^2 v_2 v_3 - \lambda v_1 (A_\lambda + 2\kappa v_3), \end{aligned} \quad (1.3)$$

где $\lambda, \kappa, A_\lambda, A_\kappa$ — коэффициенты, возникающие в потенциале Хиггса; β — угол смешивания нефизических заряженных и нейтрального СР-нечетного полей Хиггса.

Собственные физические состояния и взаимодействия СР-четных хиггсов связаны преобразованием:

$$h_a^0 = S_{ab} H_b^0, \quad (1.4)$$

где S — унитарная матрица, которая диагонализует вышеприведенную симметричную массовую матрицу; $a, b = 1, 2, 3$, и физические состояния упорядочены: $m_{h_1^0} \leq m_{h_2^0} \leq m_{h_3^0}$. В псевдоскалярном секторе:

$$\begin{aligned}
 M_{P,11}^2 &= \frac{2\lambda^2 v_3}{\sin 2\beta} (\kappa v_3 + A_\lambda), \\
 M_{P,22}^2 &= \lambda \left(2\kappa + \frac{A_\lambda}{2v_3} \right) v^2 \sin 2\beta - 3\kappa A_\lambda v_3, \\
 M_{P,12}^2 &= \lambda v (A_\lambda - 2\kappa v_3)
 \end{aligned} \tag{1.5}$$

и соотношение между физическими состояниями и состояниями взаимодействия определяется:

$$a_i^0 = P_{ij} P_j^0. \tag{1.6}$$

Масса заряженного Хиггса в низшем приближении:

$$m_{H^\pm}^2 = M_W^2 - \lambda^2 v^2 + \lambda (A_\lambda + \kappa v_3) \frac{2v_3}{\sin 2\beta}. \tag{1.7}$$

Все расчеты в секторе Хиггса должны быть приведены в соответствие с тем, какие при этом получаются свойства частицы-кандидата на роль темной материи — нейтралино. В секторе нейтралино базис полей можно выбрать следующим образом:

$$\psi^0 = \left(-i\tilde{b}^0, -i\tilde{\omega}^3, \tilde{h}_1^0, \tilde{h}_2^0, \tilde{s} \right)^T, \tag{1.8}$$

здесь \tilde{b}^0 , $\tilde{\omega}^3$, \tilde{h}_1^0 , \tilde{h}_2^0 , \tilde{s} — спиноры бино, вино, хиггсина и синглино. Массовый член лагранжиана НМССМ, отвечающий данным полям, можно представить:

$$\mathcal{L}_m = -\frac{1}{2} (\psi^0)^T Y \psi^0 + \text{э.с.}, \tag{1.9}$$

где матрица Y имеет вид:

$$Y = \begin{pmatrix}
 M_1 & 0 & -M_Z s_W c_\beta & M_Z s_W s_\beta & 0 \\
 0 & M_2 & M_Z c_W c_\beta & -M_Z c_W s_\beta & 0 \\
 -M_Z s_W c_\beta & M_Z c_W c_\beta & 0 & -\lambda v_3 & -\lambda v_2 \\
 M_Z s_W s_\beta & -M_Z c_W s_\beta & -\lambda v_3 & 0 & -\lambda v_1 \\
 0 & 0 & -\lambda v_2 & -\lambda v_1 & 2\kappa v_3
 \end{pmatrix}. \tag{1.10}$$

здесь M_1 , M_2 — U(1) и SU(2) — массовые параметры мягкого нарушения суперсимметрии полей \tilde{b}^0 , $\tilde{\omega}^3$ соответственно; $s_W = \sin \theta_W$, $c_W = \cos \theta_W$; θ_W — электрослабый угол смешивания — угол Вайнберга; $s_\beta = \sin \beta$, $c_\beta = \cos \beta$.

Свободные параметры модели выбираются согласно работе [12]:

$$1, 0 < tg\beta \leq 60, \quad M_1 = M_2, \quad 100 \text{ ГэВ} \leq M_2 \leq 2000 \text{ ГэВ},$$

$$0,0001 \leq \lambda \leq 0,7, \quad 0 \leq \kappa \leq 0,65.$$

$$0 \text{ ГэВ} \leq A_\lambda \leq 1000 \text{ ГэВ}, \quad -100 \text{ ГэВ} \leq A_\kappa \leq -10 \text{ ГэВ}.$$

2. НМССМ-сценарии

Для анализа различных вариантов реализации нескольких бозонов Хиггса выделяются некоторые характерные области пространства параметров рассматриваемой модели, и соответствующая им физика называется "сценарием" для наблюдаемых в данной области пространства параметров. Различными группами ученых изучаются свои специфические сценарии. Так, например, сценарии исследования бозона Хиггса в МССМ приведены в работе [14].

Рассмотрим различные наборы параметров, которые могли бы удовлетворять перечисленным гипотезам, описанным выше. Авторами в пакете Mathematica [15] была реализована программа расчета масс нейтральных бозонов Хиггса и нейтралино. Численные расчеты представлены в таблице.

Таблица

Различные наборы свободных параметров НМССМ для разных сценариев (значения масс и параметров A_λ , A_κ представлены в ГэВ)

Параметры модели	1	2	3	4
λ	0,001	0,0001	0,00205	0,01
κ	0,007	0,65	0,65	0,65
$tg\beta$	5	29	9,5	1,75
A_λ	500	500	3	115
A_κ	-100	-10	-100	-100
m_{h_1}	46	6	125	127
m_{h_2}	126	126	127	848
m_{a_1}	283	126	121	125
$m_{\chi_1^0}$	64	41	34	33

Значения параметров мягкого нарушения СУСИ строго зафиксированы $M_1 = M_2 = 500$ ГэВ. Случаи 1 и 2 отвечают сценарию с легким бозоном. Причем случай 2 дополнительно может включать интересную ситуацию $m_{h_1} = m_{a_1} = 126$ ГэВ. Случай 3 отвечает сценарию, когда оба бозона Хиггса истинные скаляры и примерно равны по массе. В случае 4 хорошо реализуется возможность $m_{h_1} \approx m_{a_1}$.

Данные параметры были подобраны так, чтобы с их помощью масса нейтралино была наименьшей. Нижняя граница возможных значений массы частицы определяется по данным эксперимента: так, в 2009 г. сообщалось, что масса легчайшего нейтралино должна быть больше 28 ГэВ [16]. Однако совсем свежие эксперименты опровергают оба этих результата и дают значение массы всего 7 ГэВ [17]. Также сообщалось о наблюдении новых линий в спектрах скоплений галактик с энергией 3,57 кэВ [19; 20]. Если предположить, что такая линия могла возникнуть, например, в результате распада частиц темной материи, то ее масса должна составлять при этом 7,1 кэВ. Исследование диапазонов возможных значений нейтралино в НМССМ проводилось авторами ранее в работе [18]. Масса легчайшего нейтралино может достигать значение ~ 6 ТэВ.

Представленные оценки в таблице дают основание полагать, что, по-видимому, $tg\beta$ стремится к меньшим значениям, а параметр λ варьируется в более узком диапазоне: $0,0001 \leq \lambda \leq 0,01$.

Заключение

Таким образом, в данной работе были выявлены четыре возможных сценария исследования бозона Хиггса и обсуждены возможные значения свободных параметров НМССМ. Данные результаты получены с учетом сохранения СР-инвариантности в НМССМ. Дальнейший учет СР-нарушения может привести к более богатой картине различных сценариев исследования и, возможно, уточнить диапазон возможных значений свободных параметров.

Литература

- [1] Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC / G. Aad [et al.] // Physics Letters B. 2012. V. 716. P. 1–29.
- [2] Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC / S. Chatrchyan [et al.] // Physics Letters B. 2012. V. 716. P. 30–61.
- [3] Higgs P.W. Broken symmetries, massless particles and gauge fields // Physics Letters. 1964. V. 12. P. 132–133.
- [4] Рубаков В.А. К открытию на Большом адронном коллайдере новой частицы со свойствами бозона Хиггса // Успехи физических наук. 2012. Т. 182. Вып. 7. С. 1017–1025.
- [5] Djouadi A. The anatomy of electroweak symmetry breaking: Tome I: The Higgs boson in the Standard Model // Physics Reports. 2007. V. 457. P. 1–216.
- [6] Gunion J.F., Jiang Y., Kraml S. Could two NMSSM Higgs bosons be present near 125 GeV? // Physics Review D. 2012. V. 86. 071702(R).
- [7] Munir S., Roszkowski L., Trojanowski S. Simultaneous enhancement in $\gamma\gamma$, bb and $\tau^+\tau^-$ rates in the NMSSM with nearly degenerate scalar and pseudoscalar Higgs bosons // Physics Review D. 2013. V. 88. 055017.
- [8] Сахаров А. Д. Нарушение СР-инвариантности, С-асимметрия и барионная асимметрия Вселенной // Письма в ЖЭТФ. 1967. Т. 5. Вып. 1. С. 32–35.
- [9] Долгополов М.В., Рыкова Э.Н. Ограничения на электрослабый бариогенезис в моделях с расширенным сектором Хиггса // Ядерная физика. 2009. Т. 72. № 1. С. 181–185.
- [10] Swanson J. Search for a Higgs to Fermions with the CMS detector at the LHC. CERN. URL: <http://cds.cern.ch/record/1697692?ln=ru>.
- [11] Higgs bosons in a nonminimal supersymmetric model / J. Ellis [et al.] // Physics Review D. 1989. V. 39. P. 845–869.
- [12] Maniatis M. The Next-to-minimal supersymmetric extension of the standard model reviewed // IJMP A. 2010. V. 25. P. 3505–2602.
- [13] Эффективный потенциал Хиггса в неминимальной суперсимметричной стандартной модели / Т.В. Волкова [и др.] // Вестник СамГТУ. 2013. № 2. С. 233–242.
- [14] Ахметзянова Э.Н., Долгополов М.В., Дубинин М.Н. Феноменологические сценарии исследования бозонов Хиггса // Теоретическая физика. 2004. Т. 5. С. 54–65.

- [15] Wolfram S. The Mathematica book. Wolfram Media. Shampaign, 2003. 1464 p.
- [16] Can neutralinos in the MSSM and NMSSM scenarios still be light / D.A. Vasquez [et al.] // *Physics Review D*. 2010. V. 82. 115027.
- [17] Search for An Annual Modulation in Three Years of CoGeNT Dark Matter Detector Data / C.E. Aalseth [et al.] // e-print:astro-ph/1401.3295v1.
- [18] Гурская А.В., Филиппов Ю.П. Определение интервалов возможных значений масс нейтралино в моделях МССМ и НМССМ в низшем приближении // Теоретическая физика. 2013. Т. 12. С. 69–81.
- [19] Detection of An Unidentified Emission Line in the Stacked X-ray spectrum of Galaxy Clusters / E. Bulbul [et al.] // e-print:astro-ph.CO/1402.2301v1.
- [20] An unidentified line in X-ray spectra of the Andromeda galaxy and Perseus galaxy cluster / A. Boyarsky [et al.] // e-print:astro-ph.CO/1402.4119v1.

References

- [1] Observation of a new particle in the search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. G. Aad [et al.]. *Physics Letters B*, 2012, Vol. 716, pp. 1–29.
- [2] Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC. S. Chatrchyan [et al.], *Physics Letters B*, 2012, Vol. 716, pp. 30–61.
- [3] Higgs P.W. Broken symmetries, massless particles and gauge fields. *Physics Letters*, 1964, Vol. 12, pp. 132–133.
- [4] Rubakov V.A. On the opening in Large Hadron Collider of a new particle with the properties of Higgs boson. *Uspekhi fizicheskikh nauk [Success of physical sciences]*, 2012, Vol. 182, Issue 7, pp. 1017–1025. [in Russian]
- [5] Djouadi A. The anatomy of electroweak symmetry breaking: Tome I: The Higgs boson in the Standard Model. *Physics Reports*, 2007, Vol. 457, pp. 1–216.
- [6] Gunion J.F., Jiang Y., Kraml S. Could two NMSSM Higgs bosons be present near 125 GeV? *Physics Review D*, 2012, Vol. 86, 071702(R).
- [7] Munir S., Roszkowski L., Trojanowski S. Simultaneous enhancement in $\gamma\gamma$, bb and $\tau^+\tau^-$ rates in the NMSSM with nearly degenerate scalar and pseudoscalar Higgs bosons. *Physics Review D*, 2013, Vol. 88, 055017.
- [8] Sakharov A.D. Violation of CP invariance, C-asymmetry and baryon asymmetry of the Universe. *Pis'ma v ZhETF [Letters to the Journal of Experimental and Theoretical Physics]*, 1967, Vol. 5, Issue 1, pp. 32–35. [in Russian]
- [9] Dolgoplov M.V., Rykova E.N. Restrictions on electroweak baryogenesis in models with extended Higgs sector. *Yadernaya Fizika [Nuclear Physics]*, 2009, Vol. 72, no. 1, pp. 181–185.[in Russian]
- [10] Swanson J. Search for a Higgs to Fermions with the CMS detector at the LHC. CERN. Available at: <http://cds.cern.ch/record/1697692?ln=ru>.
- [11] Higgs bosons in a nonminimal supersymmetric model. J. Ellis [et al.]. *Physics Review D*, 1989, Vol. 39, pp. 845–869.
- [12] Maniatis, M. The Next-to-minimal supersymmetric extension of the standard model reviewed. *IJMP A*, 2010, Vol. 25, pp. 3505–2602.
- [13] Effective potential of Higgs in the nonminimal supersymmetric standard model. T.V. Volkova [et al.]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Vestnik of Samara State Technical University]*, 2013, no. 2, pp. 233–242. [in Russian]

- [14] Akhmetzyanova E.N., Dolgoplov M.V., Dubinin M.N. Phenomenological scenario of studies of Higgs bosons. *Teoreticheskaya fizika [Theoretical Physics]*, 2004, Vol. 5, pp. 54–65. [in Russian]
- [15] Wolfram S. The Mathematica book. Wolfram Media, Shampaign, 2003, 1464 p.
- [16] Can neutralinos in the MSSM and NMSSM scenarios still be light. D.A. Vasquez [et al.]. *Physics Review D*, 2010, Vol. 82, 115027.
- [17] Search for An Annual Modulation in Three Years of CoGeNT Dark Matter Detector Data. C.E. Aalseth [et al.]. e-print: astro-ph/1401.3295v1.
- [18] Gurskaya A.V., Filippov Yu.P. Determination of possible values of intervals of neutralino masses in the framework of MSSM and NMSSM: tree-level approximation. *Teoreticheskaya fizika [Theoretical Physics]*, 2013, Vol. 12, pp. 69–81.
- [19] Detection of An Unidentified Emission Line in the Stacked X-ray spectrum of Galaxy Clusters. E. Bulbul [et al.]. e-print: astro-ph.CO/1402.2301v1.
- [20] An unidentified line in X-ray spectra of the Andromeda galaxy and Perseus galaxy cluster. A. Boyarsky [et al.]. e-print: astro-ph.CO/1402.4119v1.

Поступила в редакцию 9/IV/2014;
в окончательном варианте — 9/IV/2014.

SCENARIO STUDY OF HIGGS BOSON IN THE FRAMEWORK NMSSM

© 2014 A.V. Gurskaya, M.V. Dolgoplov²

The questions of implementation in the theory of few Higgs bosons is considered in this article. The corresponding hypothesis, which are the consequences of interpretation of results of LHC-experiments are experienced. Arguments in favor of supersymmetric models are presented. Within the frameworks of NMSSM, estimates for the areas of variation of free parameters of the model are made, masses of Higgs bosons and neutralino, which is a candidate for dark matter particles are calculated. The values of these physical quantities collected in a specific set can be combined in the so-called scenario study of Higgs boson. Four scenarios in which there is an explanation of existing hypotheses are revealed.

Key words: Higgs boson, LHC, supersymmetry, mass states, free parameters, neutralino, dark matter, CP invariance

Paper received 9/IV/2014.
Paper accepted 9/IV/2014.

²Gurskaya Albina Valentinovna (a-gurska@yandex.ru), Dolgoplov Mikhail Vyacheslavovich (mvdolg@yandex.ru), the Dept. of General and Theoretical Physics, Samara State University, Samara, 443011, Russian Federation.