

УДК 539.12.01

КИРАЛЬНАЯ ЦВЕТОВАЯ СИММЕТРИЯ И ОГРАНИЧЕНИЯ НА МАССУ G' -БОЗОНА ИЗ НОВЫХ ДАННЫХ ТЭВАТРОНА ПО РОЖДЕНИЮ $t\bar{t}$ -КВАРКОВ

М. В. Мартынов, А. Д. Смирнов

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова,
физический факультет,
150000, Ярославль, ул. Советская 14.

E-mails: martmix@mail.ru, asmironov@uniyar.ac.ru

Рассматривается калибровочная модель с киральной цветовой симметрией кварков и исследуются возможные проявления цветного G' -бозона, предсказываемого этой симметрией. Вычисляются и анализируются вклады G' -бозона в сечение $\sigma_{t\bar{t}}$ и асимметрию «вперёд – назад» $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ процесса парного рождения $t\bar{t}$ -кварков на Тэватроне с учётом вкладов G' -бозона, предсказываемого киральной цветовой симметрией кварков, в зависимости от двух свободных параметров модели – угла смешивания θ_G и массы G' -бозона $m_{G'}$. Исследуются ограничения на $m_{G'}$ в зависимости от θ_G из новых данных Тэватрона по $\sigma_{t\bar{t}}$ и $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$. Показано, что вклады G' -бозона в $\sigma_{t\bar{t}}$ и $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ совместны с данными Тэватрона по $\sigma_{t\bar{t}}$ и $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$, и в плоскости $m_{G'}-\theta_G$ вокруг $m_{G'} = 1.2 \text{ ТэВ}$, $\theta_G = 14^\circ$ найдена область, согласующаяся с экспериментальными данными в пределах 1σ .

Ключевые слова: расширения стандартной модели, киральная цветовая симметрия, аксиглюон, массивный цветной октет, G' -бозон, физика t -кварка.

Поиски возможных расширений Стандартной Модели (СМ) составляют одно из главных направлений современной физики элементарных частиц. Простейшие расширения СМ, предсказывающие новые эффекты при энергиях порядка одного или нескольких ТэВ (такие как модели, основанные на суперсимметрии, лево-правой симметрии, четырёхцветовой симметрии кварков и лептонов, модели с четвёртым поколением фермионов, с расширенным хиггсовским сектором и др.), в настоящее время представляют особый интерес, поскольку ввод в строй Большого адронного коллайдера (Large Hadron Collider, LHC) позволит исследовать проявления новой физики при энергиях порядка нескольких ТэВ с исключительно большой статистикой.

Одной из таких симметрий, возможно, существующих в природе при более высоких энергиях, может быть киральная цветовая симметрия кварков, расширяющая стандартную цветовую калибровочную группу $SU_c(3)$ до группы киральной цветовой симметрии:

$$G_c = SU_L(3) \times SU_R(3) \rightarrow SU_c(3), \quad (1)$$

$$g_L, \quad g_R \rightarrow g_{st},$$

которая предполагается точной при некоторых относительно высоких энергиях и нарушенной до группы $SU_c(3)$ при более низких энергиях. Прямым следствием киральной цветовой симметрии является предсказание нового октетного цветного калибровочного бозона: аксиглюона G_μ^A в случае $g_L = g_R$ [1–3] или G' -бозона в общем случае $g_L \neq g_R$ [4–6]. G' -бозон – октетная калибровочная частица с векторными и аксиально-векторными константами связи

Михаил Викторович Мартынов, младший научный сотрудник, каф. теоретической физики (научно-исследовательский сектор). *Александр Дмитриевич Смирнов* (д.ф.м.н., проф.), профессор, каф. теоретической физики.

с кварками порядка g_{st} , которые определяются калибровочными константами g_L, g_R .

Некоторые особенности аксиглюона (включая его феноменологию на Тэватроне) были исследованы в [7–10], и массивный цветной октет общего вида (с произвольными векторной и аксиально-векторной константами связи) был феноменологически рассмотрен в работе [11] с анализом ограничений на его массу и константы связи из имеющихся экспериментальных данных.

Будучи цветным объектом, аксиглюон должен приводить к увеличению адронного сечения, а также в силу аксиально-векторной структуры его взаимодействия с кварками к — появлению асимметрии «вперёд – назад» порядка α_{st}^2 в рождении $t\bar{t}$ -пар.

Текущие данные CDF по сечению рождения $\sigma_{t\bar{t}}$ [12] и новые данные CDF по асимметрии «вперёд – назад» $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ [13] рождения $t\bar{t}$ на Тэватроне:

$$\sigma_{t\bar{t}} = 7.5 \pm 0.31(\text{stat}) \pm 0.34(\text{syst}) \pm 0.15(\text{lumi}) \text{ пбн} (= 7.5 \pm 0.48 \text{ пбн}), \quad (2)$$

$$A_{\text{FB}}^{p\bar{p}} = 0.158 \pm 0.072 (\text{stat}) \pm 0.017 (\text{sys}) (= 0.158 \pm 0.074). \quad (3)$$

Предсказания СМ для $\sigma_{t\bar{t}}$ и $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ обсуждаются в [15, 14] и [16, 10], соответственно, в дальнейшем мы используем для сравнения следующие предсказания СМ для $\sigma_{t\bar{t}}$ [15] и $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ [10]:

$$\sigma_{t\bar{t}}^{SM} = 7.35 \begin{matrix} +0.38 \\ -0.80 \end{matrix} (\text{scale}) \begin{matrix} +0.49 \\ -0.34 \end{matrix} (\text{PDFs}) [\text{CTEQ6.5}] \text{ пбн} \div \quad (4)$$

$$7.93 \begin{matrix} +0.34 \\ -0.56 \end{matrix} (\text{scale}) \begin{matrix} +0.24 \\ -0.20 \end{matrix} (\text{PDFs}) [\text{MRST2006nnlo}] \text{ пбн},$$

$$A_{\text{FB}}^{SM}(p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}) = 0.051(6). \quad (5)$$

Первое и второе значения в (4) были получены в NLO+NLL приближении при $m_t = 171$ ГэВ и соответствуют разным выборам партонных функций распределения (CTEQ6.5 и MRST2006nnlo, соответственно). Как видно, экспериментальное и теоретические значения $\sigma_{t\bar{t}}$ (2), (4) совместны в пределах экспериментальных и теоретических погрешностей, тогда как экспериментальное значение $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ (3) превышает соответствующее теоретическое предсказание (5). Это расхождение невелико и составляет согласно (3), (5) порядка 1.4σ , однако такого рода расхождения имели место и при более ранних данных группы CDF и вызывают активное обсуждение этой ситуации в литературе [17–22].

Главная цель данной работы — рассмотреть модель с киральной цветовой симметрией (1), совместную с данными группы CDF (2), (3), и определить, какие ограничения на массы G' -бозона накладываются этими данными.

В калибровочной модели с киральной цветовой симметрией кварков, основанной на группе (1), базисные калибровочные поля G_μ^L и G_μ^R образуют поле обычного глюона G_μ и поле G'_μ дополнительного G' -бозона в виде суперпозиций

$$G_\mu = s_G G_\mu^L + c_G G_\mu^R, \quad G'_\mu = c_G G_\mu^L - s_G G_\mu^R, \quad (6)$$

где

$$s_G = \sin \theta_G = \frac{g_R}{\sqrt{(g_L)^2 + (g_R)^2}}, \quad c_G = \cos \theta_G = \frac{g_L}{\sqrt{(g_L)^2 + (g_R)^2}}, \quad (7)$$

$G_\mu^{L,R} = G_{i\mu}^{L,R} t_i$, $G_\mu = G_\mu^i t_i$, $G'_\mu = G_\mu'^i t_i$, t_i — генераторы группы $SU_c(3)$, $i = 1, 2, \dots, 8$, θ_G — угол G^L – G^R -смешивания, $\text{tg } \theta_G = g_R/g_L$, g_L, g_R — калибровочные константы группы (1).

Для обеспечения обычного кварк-глюонного взаимодействия КХД калибровочные константы g_L, g_R калибровочной группы G_c должны удовлетворять соотношению

$$\frac{g_L g_R}{\sqrt{(g_L)^2 + (g_R)^2}} = g_{st}(M_{chc}), \quad (8)$$

где M_{chc} — масштаб нарушения киральной цветовой симметрии и $g_{st}(M_{chc})$ — константа сильного взаимодействия, взятая на этом масштабе.

В этих обозначениях *взаимодействие G' -бозона с кварками* может быть записано в виде

$$\mathcal{L}_{G'qq} = g_{st}(M_{chc}) \bar{q} \gamma^\mu (v + a \gamma_5) G'_\mu q, \quad (9)$$

где векторная v и аксиально-векторная a константы связи в случае киральной симметрии (1) определяются углом смешивания θ_G как

$$v = \frac{c_G^2 - s_G^2}{2s_G c_G} = \text{ctg}(2\theta_G), \quad a = \frac{1}{2s_G c_G} = 1/\sin(2\theta_G). \quad (10)$$

В результате спонтанного нарушения киральной симметрии (1) глюоны остаются безмассовыми, а G' -бозон приобретает массу

$$m_{G'} = \frac{g_{st}(M_{chc})}{s_G c_G} \frac{\eta}{\sqrt{6}}, \quad (11)$$

где η — вакуумное среднее скалярного поля $\Phi_{\alpha\beta}$, преобразующегося по представлению $(3_L, \bar{3}_R)$ группы G_c , $\langle \Phi_{\alpha\beta} \rangle = \delta_{\alpha\beta} \eta / (2\sqrt{3})$, $\alpha = 1, 2, 3$, $\beta = 1, 2, 3$, $SU_L(3)$ и $SU_R(3)$ индексы.

Таким образом, в случае кирально-цветовой симметрии (1) имеется два свободных параметра: масса G -бозона $m_{G'}$ и угол смешивания $G^L - G^R$ -полей θ_G ; $\text{tg } \theta_G = g_R/g_L$, что позволяет изучать феноменологию G' -бозона более детально в зависимости от этих двух свободных параметров модели.

Дифференциальное партонное сечение процесса $q\bar{q} \xrightarrow{g, G'} Q\bar{Q}$ в древесном приближении с учетом взаимодействия (9) имеет вид [6]

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma(q\bar{q} \xrightarrow{g, G'} Q\bar{Q})}{d \cos \hat{\theta}} = & \frac{\pi\beta}{9\hat{s}} \left\{ \alpha_s^2(\mu) f^{(+)} + \right. \\ & + \frac{\alpha_s(\mu) \alpha_s(M_{chc}) 2\hat{s}(\hat{s} - m_{G'}^2)}{(\hat{s} - m_{G'}^2)^2 + m_{G'}^2 \Gamma_{G'}^2} [v^2 f^{(+)} + 2a^2 \beta c] + \\ & \left. + \frac{\alpha_s^2(M_{chc}) \hat{s}^2}{(\hat{s} - m_{G'}^2)^2 + m_{G'}^2 \Gamma_{G'}^2} [(v^2 + a^2)(v^2 f^{(+)} + a^2 f^{(-)}) + 8a^2 v^2 \beta c] \right\}, \quad (12) \end{aligned}$$

где $f^{(\pm)} = (1 + \beta^2 c^2 \pm 4m_Q^2/\hat{s})$, $c = \cos \hat{\theta}$, $\hat{\theta}$ — угол рассеяния Q -кварка в системе центра масс партонных, \hat{s} — инвариантная масса системы $Q\bar{Q}$, $\beta = \sqrt{1 - 4m_Q^2/\hat{s}}$, M_{chc} — масштаб нарушения киральной цветовой симметрии, а μ — характерный масштаб процесса.

Полное сечение, соответствующее (12), имеет вид

$$\sigma(q\bar{q} \xrightarrow{g, G'} Q\bar{Q}) = \frac{4\pi\beta}{27\hat{s}} \left\{ \alpha_s^2(\mu)(3 - \beta^2) - \frac{\alpha_s(\mu)\alpha_s(M_{chc})2\hat{s}m_{G'}^2v^2(3 - \beta^2)}{(\hat{s} - m_{G'}^2)^2 + \Gamma_{G'}^2m_{G'}^2} + \frac{\alpha_s^2(M_{chc})\hat{s}^2[(v^4 + 2v^2)(3 - \beta^2) + v^2a^2(3 + \beta^2) + 2a^4\beta^2]}{(\hat{s} - m_{G'}^2)^2 + \Gamma_{G'}^2m_{G'}^2} \right\}. \quad (13)$$

Что касается процесса $gg \rightarrow Q\bar{Q}$ парного рождения $Q\bar{Q}$ -кварков в слиянии глюонов, то G' -бозон не даёт вклада в этот процесс в древесном приближении. Дифференциальное и полное партонные сечения этого процесса древесного приближения Стандартной Модели хорошо известны и имеют вид

$$\frac{d\sigma_0^{SM}(gg \rightarrow Q\bar{Q})}{d\cos\hat{\theta}} = \alpha_s^2(\mu) \frac{\pi\beta}{6\hat{s}} \left(\frac{1}{1 - \beta^2c^2} - \frac{9}{16} \right) \times \left(1 + \beta^2c^2 + 2(1 - \beta^2) - \frac{2(1 - \beta^2)^2}{1 - \beta^2c^2} \right), \quad (14)$$

$$\sigma_0^{SM}(gg \rightarrow Q\bar{Q}) = \frac{\pi\alpha_s^2(\mu)}{48\hat{s}} \left[(\beta^4 - 18\beta^2 + 33) \log\left(\frac{1+\beta}{1-\beta}\right) + \beta(31\beta^2 - 59) \right]. \quad (15)$$

Учёт G' -бозона на древесном уровне приводит к появлению асимметрии «вперёд – назад» в рождении $t\bar{t}$ -пар. Разность партонных сечений рассеяния «вперёд – назад» [6]

$$\Delta_{FB}(q\bar{q} \rightarrow Q\bar{Q}) = \sigma(q\bar{q} \rightarrow Q\bar{Q}, \cos\theta > 0) - \sigma(q\bar{q} \rightarrow Q\bar{Q}, \cos\theta < 0) = \frac{4\pi\beta^2a^2}{9} \left(\frac{\alpha_s(\mu)\alpha_s(M_{chc})(\hat{s} - m_{G'}^2) + 2\alpha_s^2(M_{chc})v^2\hat{s}}{(\hat{s} - m_{G'}^2)^2 + m_{G'}^2\Gamma_{G'}^2} \right) \quad (16)$$

приводит к появлению соответствующей асимметрии «вперёд – назад» в процессах парного рождения $t\bar{t}$ -кварков в $p\bar{p}$ -столкновениях на Тэватроне.

Мы вычислили *полное адронное сечение* $\sigma(p\bar{p} \rightarrow t\bar{t})$ процесса парного рождения $t\bar{t}$ -кварков в $p\bar{p}$ -столкновениях при энергии Тэватрона, используя сечения партонных подпроцессов (13), (15) и партонные функции распределения AL'03 [23] (NLO, fixed-flavor-number, $Q^2 = m_t^2$) с подходящим K -фактором: $K = 1.24$. Здесь и ниже мы использовали $\mu^2 = Q^2$, $M_{chc} = m_{G'}$.

С теми же партонными функциями распределения мы вычислили и проанализировали *асимметрию «вперёд – назад»* $A_{FB}^{p\bar{p}}$ процесса парного рождения $t\bar{t}$ -кварков на Тэватроне в виде

$$A_{FB}^{p\bar{p}} = A_{FB}^{G'} + A_{FB}^{SM}, \quad (17)$$

где $A_{FB}^{G'}$ — соответствующий G' -бозону вклад, который был вычислен с использованием дифференциального партонного сечения (12) (можно использовать для этой цели также выражение (16)), а A_{FB}^{SM} — предсказание Стандартной Модели $A_{FB}^{p\bar{p}}$, для которого мы использовали значение (5).

На рисунке показана область на плоскости $m_{G'} - \theta_G$, где предсказания для $\sigma_{t\bar{t}}$ и $A_{FB}^{p\bar{p}}$ с учетом вкладов G' -бозона совместны одновременно с данными (2) и (3) в пределах 1σ (тёмная область), 2σ (серая область) и $> 2\sigma$ (светлая область). Как видно из рисунка, для

$$m_{G'} \gtrsim 1.0 \text{ ТэВ} \quad (18)$$

на плоскости $m_{G'} - \theta_G$ есть область, которая совместна с данными (2), (3) в пределах 1σ . Например, для масс

$$\text{a) } m_{G'} = 1.02 \text{ ТэВ, } \quad \text{b) } m_{G'} = 1.2 \text{ ТэВ, } \quad \text{c) } m_{G'} = 1.4 \text{ ТэВ} \quad (19)$$

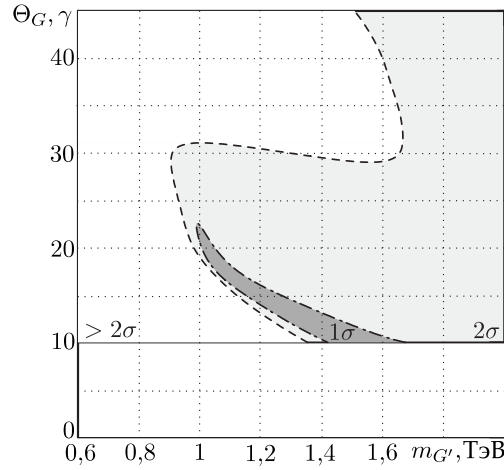
с подходящими значениями θ_G ($\theta_G = 19^\circ$, $\theta_G = 14^\circ$, $\theta_G = 11^\circ$) мы получили для $\sigma_{t\bar{t}}$, $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ соответствующие значения:

$$\begin{aligned} \text{a) } \sigma_{t\bar{t}} &= 7.98 \text{ пбн, } A_{\text{FB}}^{p\bar{p}} = 0.158 (0.107), \\ \text{b) } \sigma_{t\bar{t}} &= 7.61 \text{ пбн, } A_{\text{FB}}^{p\bar{p}} = 0.154 (0.103), \\ \text{c) } \sigma_{t\bar{t}} &= 7.57 \text{ пбн, } A_{\text{FB}}^{p\bar{p}} = 0.141 (0.090), \end{aligned} \quad (20)$$

которые согласуются с данными CDF (2), (3) в пределах 1σ .

В скобках в (20) показан вклад G' -бозона в $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$, определяемый (16), без вклада СМ (5). Как видно, G' -бозон может давать в асимметрию «вперёд – назад» $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ вклад порядка 10%.

В проведённом анализе для асимметрии «вперёд – назад» $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ мы использовали предсказание Стандартной Модели (5), что привело к хорошему согласию получаемых с учётом G' -бозона значений (20) с данными CDF (3) по асимметрии $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$. Следует отметить, однако, что в настоящее время ситуация выглядит несколько более сложной. Недавние вычисления NLO КХД поправок к $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ [24, 25] существенно понижают предсказываемое Стандартной Моделью значение $A_{\text{FB}}^{SM}(p\bar{p} \rightarrow t\bar{t})$ с (5) вплоть до -2.28% . В этом случае различие между данными $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ (3) и новыми предсказаниями СМ $A_{\text{FB}}^{SM}(p\bar{p} \rightarrow t\bar{t})$ несколько возрастает и может быть порядка 2.1σ и 2.8σ для $A_{\text{FB}}^{SM}(p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}) = 0$ и $A_{\text{FB}}^{SM}(p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}) = -0.0228$ соответственно, при этом нулевое значение $A_{\text{FB}}^{SM}(p\bar{p} \rightarrow t\bar{t})$ выглядит вполне естественным. В этом случае вклад G' -бозона в $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$, показанный в скобках в (20), согласуется с данными CDF (3) в пределах 1σ .



Область на плоскости параметров $m_{G'} - \theta_G$, одновременно совместная с данными CDF по сечению $\sigma_{t\bar{t}}$ и асимметрии «вперёд – назад» $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ рождения $t\bar{t}$ -пар в пределах 1σ (тёмная область), 2σ (серая область) и $> 2\sigma$ (светлая область)

Таким образом, G' -бозон, индуцируемый киральной цветовой симметрией (1) в общем случае $g_L \neq g_R$, согласуется с данными CDF (2), (3) и может уменьшить различие между экспериментальным и предсказанным СМ значениями асимметрии «вперёд – назад» $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ в рождении $t\bar{t}$.

Заключение. Вычислены и проанализированы вклады G' -бозона в сечение $\sigma_{t\bar{t}}$ и асимметрию «вперёд – назад» $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ процесса парного рождения $t\bar{t}$ -кварков на Тэватроне в зависимости от двух свободных параметров модели, угла смешивания θ_G и G' массы $m_{G'}$.

Показано, что вклады G' -бозона в $\sigma_{t\bar{t}}$ и $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ совместны с данными Тэватрона по $\sigma_{t\bar{t}}$ и $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$, обсуждена допустимая область параметров на плоскости $m_{G'} - \theta_G$ и для $m_{G'} > 1.0$ ТэВ найдена область значений, совместная с данными Тэватрона по $\sigma_{t\bar{t}}$ и $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ в пределах 1σ .

Тем самым показано, что G' -бозон, индуцируемый киральной цветовой симметрией в общем случае $g_L \neq g_R$, может уменьшить имеющееся расхождение между экспериментальным и теоретическим (в СМ) значениями асимметрии «вперёд – назад» $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ процесса парного рождения $t\bar{t}$ -кварков на Тэватроне.

Авторы благодарят организационный комитет Второй международной конференции «Математическая физика и её приложения» за возможность принять участие в работе конференции.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации контрактом № П795 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

Также авторы выражают благодарность за поддержку конференции «Математическая физика и её приложения – 2010» лаборатории математической физики СамГУ, грант АВЦП 10854.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Pati J. C., Salam A.* Mirror fermions, J/Ψ particles, Kolar-mine events and neutrino anomaly // *Phys. Lett. B*, 1975. Vol. 58, no. 13. Pp. 333–337.
2. *Hall L. J., Nelson A. E.* Heavy gluons and monojets // *Phys. Lett. B*, 1985. Vol. 153, no. 6. Pp. 430–432.
3. *Frampton P. H., Glashow S. L.* Chiral color: An alternative to the standard model // *Phys. Lett. B*, 1987. Vol. 190, no. 1–2. Pp. 157–161.
4. *Cuyper F.* Asymmetric chiral colour // *Z. Phys. C*, 1990. Vol. 48, no. 4. Pp. 639–646.
5. *Martynov M. V., Smirnov A. D.* Chiral color symmetry and possible G' -boson effects at the Tevatron and LHC // *Mod. Phys. Lett. A*, 2009. Vol. 24, no. 24. Pp. 1897–1905, arXiv: [0906.4525](https://arxiv.org/abs/0906.4525) [hep-ph].
6. *Martynov M. V., Smirnov A. D.* On mass limit for chiral color symmetry G' -boson from Tevatron data on $t\bar{t}$ production // *Mod. Phys. Lett. A*, 2010. Vol. 25, no. 31. Pp. 2637–2643, arXiv: [1006.4246](https://arxiv.org/abs/1006.4246) [hep-ph].
7. *Bagger J., Schmidt C., King S.* Axigluon production in hadronic collisions // *Phys. Rev. D.*, 1988. Vol. 37, no. 5. Pp. 1188–1196.
8. *Frederix R., Maltoni F.* Top pair invariant mass distribution: a window on new physics // *JHEP*, 2009. Vol. 2009, no. 01, 047. 32 pp., arXiv: [0712.2355](https://arxiv.org/abs/0712.2355) [hep-ph].
9. *Rodrigo G.* Axigluon signatures at hadron colliders / In: *8th International Symposium on Radiative Corrections* (Florence, Italy, 1–6 Oct 2007) / PoS RAD COR, 2007. Pp. 010, arXiv: [0803.2992](https://arxiv.org/abs/0803.2992) [hep-ph].
10. *Antunano O., Kuhn J. H., Rodrigo G.* Top quarks, axigluons and charge asymmetries at hadron colliders // *Phys. Rev. D*, 2008. Vol. 77, no. 1, 014003. 8 pp., arXiv: [0709.1652](https://arxiv.org/abs/0709.1652) [hep-ph].
11. *Ferrario P., Rodrigo G.* Massive color-octet bosons and the charge asymmetries of top

- quarks at hadron colliders // *Phys. Rev. D*, 2008. Vol. 78, no. 9, 094018. 14 pp., arXiv: [0809.3354](#) [hep-ph].
12. *CDF Collaboration* Combination of cdf top quark pair production cross section measurements with up to 4.6 fb^{-1} : CDF Note 9913, 2009. 15 pp., [www-cdf.fnal.gov/.../confNotes/cdf9913.ttbars4invfb.ps](#).
 13. *CDF Collaboration* Measurement of the inclusive forward-backward asymmetry and its rapidity dependence $a_{\text{FB}}(|\delta y|)$ of $t\bar{t}$ production in $5.3/\text{fb}$ of tevatron data: CDF/ANAL/TOP/PUBLIC 10224, 2010. 13 pp., [www-cdf.fnal.gov/.../cdfnote_10224_public_v02_for_10185.ttbarsAfbDeltay.pdf](#).
 14. *Kidonakis N., Vogt R.* The Theoretical top quark cross section at the Tevatron and the LHC // *Phys. Rev. D*, 2008. Vol. 78, no. 7, 074005. 9 pp., arXiv: [0805.3844](#) [hep-ph].
 15. *Cacciari M., Frizione S., Mangano M. L., Nason P., Ridolfi G.* Updated predictions for the total production cross sections of top and of heavier quark pairs at the Tevatron and at the LHC // *JHEP*, 2008. Vol. 2008, no. 09, 127. 17 pp., arXiv: [0804.2800](#) [hep-ph].
 16. *Kühn J. H., Rodrigo G.* Charge asymmetry of heavy quarks at hadron colliders // *Phys. Rev. D*, 1999. Vol. 59, no. 5, 054017. 9 pp., arXiv: [hep-ph/9807420](#).
 17. *Zerwekh A. R.* Axigluon couplings in the presence of extra color-octet spin-one fields // *Eur. Phys. J. C*, 2010. Vol. 65, no. 3–4. Pp. 543–546, arXiv: [0908.3116](#) [hep-ph].
 18. *Frampton P. H., Shu J., Wang K.* Axigluon as possible explanation for $p\bar{p} \rightarrow t\bar{t}$ forward-backward asymmetry // *Phys. Lett. B*, 2010. Vol. 683, no. 4–5. Pp. 294–297, arXiv: [0911.2955](#) [hep-ph].
 19. *Ferrario P., Rodrigo G.* Heavy colored resonances in $t\bar{t} + \text{jet}$ at the LHC // *JHEP*, 2010. Vol. 2010, no. 2, 051, arXiv: [0912.0687](#) [hep-ph].
 20. *Dorsner I., Fajfer S., Kamenik J. F., Kosnik N.* Light colored scalars from grand unification and the forward–backward asymmetry in top quark pair production // *Phys. Rev. D*, 2010. Vol. 81, no. 5, 055009. 11 pp., arXiv: [0912.0972](#) [hep-ph].
 21. *Cheung K., Keung W. Y., Yuan T. C.* 287–290 // *Phys. Lett. B*, 2009. Vol. 682, no. 3, arXiv: [0908.2589](#) [hep-ph].
 22. *Rodrigo G., Ferrario P.* Charge asymmetry: a theory appraisal, arXiv: [1007.4328](#) [hep-ph].
 23. *Alekhin S.* Parton distributions from deep-inelastic-scattering data // *Phys. Rev. D.*, 2003. Vol. 68, no. 1, 014002. 11 pp., arXiv: [hep-ph/0211096](#).
 24. *Melnikov K., Schulze M.* NLO QCD corrections to top quark pair production in association with one hard jet at hadron colliders // *Nucl. Phys. B*, 2010. Vol. 840, no. 1–2. Pp. 129–159, arXiv: [1004.3284](#) [hep-ph].
 25. *Dittmaier S., Uwer P., Weinzierl S.* Hadronic top-quark pair production in association with a hard jet at next-to-leading order QCD: Phenomenological studies for the Tevatron and the LHC // *Eur. Phys. J. C*, 2009. Vol. 59, no. 3. Pp. 625–646, arXiv: [0810.0452](#) [hep-ph].

Поступила в редакцию 20/XII/2010;
в окончательном варианте — 11/I/2011.

MSC: 81V05, 81V22

**THE CHIRAL COLOR SYMMETRY AND G' -BOSON MASS LIMIT
FROM NEW TEVATRON DATA ON $t\bar{t}$ PRODUCTION**

M. V. Martynov, A. D. Smirnov

P. G. Demidov Yaroslavl State University, Faculty of Physics,
14, Sovietskaya st, Yaroslavl, 150000, Russia.

E-mails: martmix@mail.ru, asmirnov@uniyar.ac.ru

A gauge model with chiral color symmetry of quarks is considered and possible effects of the color G' -boson octet predicted by this symmetry are investigated. The contributions of the G' -boson to the cross section $\sigma_{t\bar{t}}$ and to the forward-backward asymmetry $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ of $t\bar{t}$ production at the Tevatron are calculated and analysed in dependence on two free parameters of the model, the mixing angle θ_G and G' mass $m_{G'}$, in comparison with the new Tevatron data on $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$. The G' -boson contributions to $\sigma_{t\bar{t}}$ and $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$ are shown to be consistent with the Tevatron data on $\sigma_{t\bar{t}}$ and $A_{\text{FB}}^{p\bar{p}}$, the allowed region in the $m_{G'}-\theta_G$ plane is discussed and around $m_{G'} = 1.2$, TeV, $\theta_G = 14^\circ$ the region of 1σ consistency is found.

Key words: *beyond of Standard Model, chiral color symmetry, axigluon, massive color octet, G' -boson, top quark physics.*

Original article submitted 20/XII/2010;
revision submitted 11/I/2011.

Mikhail V. Martynov, Junior Researcher, Dept of Theoretical Physics (Research Sector).
Alexander D. Smirnov (Dr. Sci (Phys & Math.)), Professor, Dept of Theoretical Physics.