

УДК 524.35-337

## МАГНИТНЫЕ КОНФИГУРАЦИИ БЫСТРЫХ СР РОТАТОРОВ HD3360, HD4778, HD5737, HD112413, HD215441

© 2009 Ю. В. Глаголевский

*Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия*

Поступила в редакцию 9 октября 2008 г.; принята в печать 24 октября 2008 г.

Методом “магнитных зарядов” проведено моделирование магнитных полей пяти быстровращающихся звезд ( $P < 25^d$ ). Получены основные параметры магнитного поля этих звезд. Приведена таблица, содержащая все результаты моделирования, полученные нами этим методом, а также параметры, полученные другими авторами для тех же звезд. Оказалось, что в ряде случаев наблюдается значительное различие между ними, объясняемое, по-видимому, недостаточной точностью оценок углов наклона звезд к лучу зрения.

Ключевые слова: *звезды - переменные и пекулярные*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Работой [1] мы закончили серию статей, посвященных исследованию медленно вращающихся магнитных СР-звезд. Эта и последующие статьи будут посвящены изучению быстровращающихся звезд. Отличительной особенностью нашего метода моделирования на основе магнитных зарядов [2] для медленных и быстрых ротаторов является отсутствие данных о фазовых изменениях средних поверхностных магнитных полей. Большая ширина спектральных линий из-за быстрого вращения не позволяет надежно определить величину  $B_s$ . Для таких звезд угол  $i$  между осью вращения звезды и лучем зрения (далее “угол наклона звезды”) оценивается по величине  $v \sin i$ , а не из соотношения между  $B_e$  и  $B_s$ , к которому угол  $i$  очень чувствителен. Скорость вращения  $v$  звезд, для которых известна только зависимость  $B_e - \Phi$ , определяется обычно по формуле  $v = 50.6 \times R/P$ , где  $P$  — период вращения звезды,  $R$  — ее радиус в единицах радиуса Солнца. Эта методика носит оценочный характер вследствие приближенности формулы и неточности величин  $v \sin i$  и  $R$ .

Как известно, в первом приближении при моделировании магнитные звезды делятся на две группы: с центральным и смещенным диполем. Если известны обе фазовые зависимости  $B_e - \Phi$  и  $B_s - \Phi$ , то положение диполя получается с большей точностью. Изучение только фазовых зависимостей  $B_e - \Phi$  ряда звезд показывает, что смещение диполя заметно у них только при относительно больших отклонениях диполя от центра звезды. Поэтому результат моделирования без использования зависимости  $B_s - \Phi$  можно рассматривать как первое

приближение. Оценка смещения диполя была бы возможна и в случае использования только одной фазовой зависимости  $B_e - \Phi$ , если бы измерения были достаточно точными. Практически при использовании только зависимости  $B_e - \Phi$  смещение диполя на величину  $\Delta r < 0.1 R$  обнаружить трудно.

Опыт моделирования показал, что в первом приближении встречаются 4 возможности:

- диполь расположен в центре звезды;
- диполь смещен вдоль оси диполя;
- диполь смещен поперек оси диполя;
- диполь смещен под углом  $45^\circ$  (или около того) т.е. это промежуточный вариант между 2 и 3.

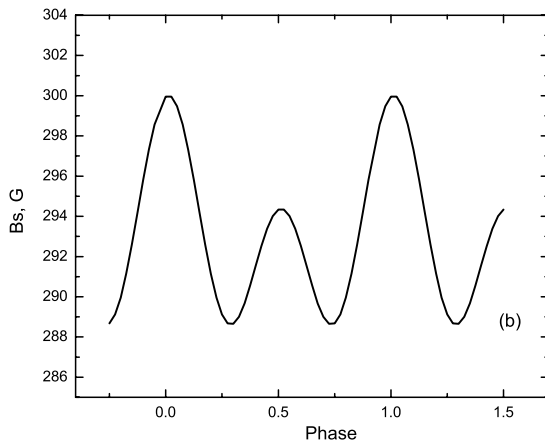
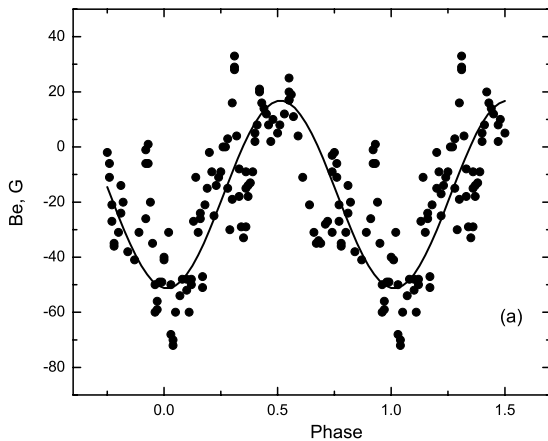
Расчеты показали, что в первом случае фазовое изменение магнитного поля имеет синусоидальную форму, во втором проявляется тупой максимум в фазе, обратной направлению смещения. В третьем фазовая зависимость выглядит, как косозубая пила. В четвертом случае проявляется второй максимум, как, например, у HD21699 [3].

### 2. HD 3360 ( $\xi$ Cas)

Звезда относится к спектральному классу B2IV–V и характеризуется свойствами переменных типа 53 Per. Известно, что она имеет переменные профили спектральных линий и испытывает нерадиальные пульсации. Обнаружено также аномальное содержание N, O, C и других

**Таблица 1.** Параметры магнитного поля звезды HD3360 ( $\beta = 88^\circ$ ,  $i = 18^\circ$ )

Знак монополя	Долгота $\lambda$ , град.	Широта $\delta$ , град.	$V_p$ , гаусс
–	0	$4.5 \pm 0.2$	$-517 \pm 110$
+	180	$-2 \pm 2$	$+517 \pm 110$



**Рис. 1.** Фазовые зависимости магнитного поля звезды HD3360. (a) — эффективное магнитное поле, (b) — среднее поверхностное магнитное поле (вычисленная зависимость).

элементов. Поскольку наблюдается некоторый избыток гелия [4], то звезду можно причислить к He-г объектам. Наличие перечисленных свойств, а также ветра, исходящего от определенных участков поверхности, и химических аномалий, побудило авторов работы [4] измерить магнитное поле у этой звезды. По 118 измерениям было обнаружено магнитное поле  $B_e$ , синусоидально изменяющееся в течение периода вращения. Оказалось, что

продольная составляющая поля изменяется в пределах от  $-50$  до  $+17$  гаусс. Таким образом, звезду можно отнести к слабомагнитным объектам He-г типа. В работе [4] была построена модель центрального диполя. При этом использовался угол наклона звезды к лучу зрения  $i = (18 \pm 4)^\circ$ . Эта величина была использована и при наших вычислениях. В работе [3] измерен также период вращения звезды ( $P = 5^d.37045$ ). Скорость ее вращения составляет  $v \sin i = 22$  км/с [5].

Звезды со слабым магнитным полем и слабыми химическими аномалиями представляют особый интерес, так как их свойства являются промежуточными между нормальными и сильно пекулярными объектами и практически не изучены.

На Рис. 1а приведена фазовая зависимость эффективного продольного магнитного поля из [4]. Вследствие малой величины магнитного поля разброс точек очень велик. Для того, чтобы лучше видеть характер переменности поля на рисунке приведена кривая, полученная методом скользящего среднего по 4 точкам. Хорошо видно, что зависимость имеет синусоидальный характер, поэтому в результате мы пришли к модели центрального диполя, как и в работе [4]. Результаты вычисления приведены в Табл. 1. В ней указаны координаты каждого из магнитных полюсов и величина магнитного поля  $V_p$  на его полюсах. Указанные в таблице ошибки показывают насколько изменяются параметры при изменении угла  $i$  на величину ошибки его определения. Именно от точности этого угла больше всего зависит точность получаемых параметров. Угол между осью диполя и осью вращения звезды  $\beta = (87 \pm 1)^\circ$ , он оказался на  $8^\circ$  больше, чем в работе [4] ( $79 \pm 3)^\circ$ .

На Рис. 1б приведена вычисленная фазовая зависимость среднего поверхностного магнитного поля  $B_s$ . Среднее значение  $B_s = 294$  гаусс. Величина магнитного поля на полюсах  $V_p = 517$  гаусс (в работе [4]  $V_p = 335$  гаусс). Из Табл. 1 видно, что магнитные монополи находятся практически в плоскости экватора вращения. Интересно, что магнитная конфигурация слабомагнитной звезды HD3360 ничем не отличается от конфигурации звезд с сильными полями (например, HD2453 [6], HD112185 [7], 115708 [8], 201601 [9] и др. (см. итоговую таблицу).

## 3. HD4778

Данные измерений магнитного поля были взяты из работы [10]. Они получены по линиям водорода  $H\beta$ , поэтому не искажены неравномерным распределением химических элементов по поверхности. Недостатком этих измерений является их малое количество и неравномерное распределение по фазам периода. Поэтому мы использовали простейшую модель центрального диполя. Наблюдаемая фазовая зависимость показана на Рис. 2а кружками. В этой же работе приведены необходимые параметры:  $v \sin i = 30$  км/с,  $P = (2.5616 \pm 0.0001)^d$ . Эффективная температура  $T_e = 9200$  К и абсолютная болометрическая звездная величина  $M_b = 1.1$  взяты из работы [11]. По этим данным получаем  $R = 2.0R_\odot$ ,  $v = 39$  км/с и  $i = (56 \pm 5)^\circ$  (в работе [10]  $i = 40^\circ$ ). Результат вычислений, полученный методом последовательных приближений, приведен в Таблице 2 и на Рис. 2а (сплошная кривая).

На Рис. 2b приведена вычисленная зависимость среднего поверхностного магнитного поля от фазы периода вращения  $B_s - \Phi$ . Среднее значение  $B_s = 2600 \pm 300$  гаусс. Для сравнения в работе [10] дается величина  $B_s = 6000$  гаусс. Такая большая разница происходит частично вследствие различий принятого угла  $i$ , частично вследствие разной методики вычислений. Для получения однородной системы наших данных мы придерживаемся своей, одинаковой, методики определения угла наклона. Угол наклона оси диполя к оси вращения  $\beta = 81^\circ$ , что прекрасно совпадает с результатом, полученным в работе [10], где  $\beta = 80^\circ$ . Указанные в Табл. 2 ошибки показывают, насколько изменяются параметры при изменении угла  $i$  на величину ошибки его определения. В итоговой таблице приведены результаты определения параметров магнитного поля в трех работах: [10], [29] и в этой. Из этой таблицы видно, что они довольно сильно различаются. Разная методика вычислений влияет на результаты в той же степени, что различие угла  $i$ . Так, вычисления нашей методикой, но с углом  $i = 40^\circ$ , как в работе [10], дают величину  $B_s = 4000$  гаусс, но не 6000 гаусс и угол  $\beta = 86^\circ$ , но не  $80^\circ$ .

## 4. HD5737

Измеренные величины магнитного поля взяты из работ [12–14] и показаны на Рис. 3а кружками. Эффективная температура звезды  $T_e = 13900$  К [15], период осевого вращения  $P = 21^d.654$  [12]. Абсолютная звездная величина  $M_v = -2.0$  [16], откуда абсолютная болометрическая величина  $M_b = -3.0$ . Это значит, что радиус звезды  $R = 6.0R_\odot$  (в работе [17]  $R/R_\odot = 6.54$ ). В

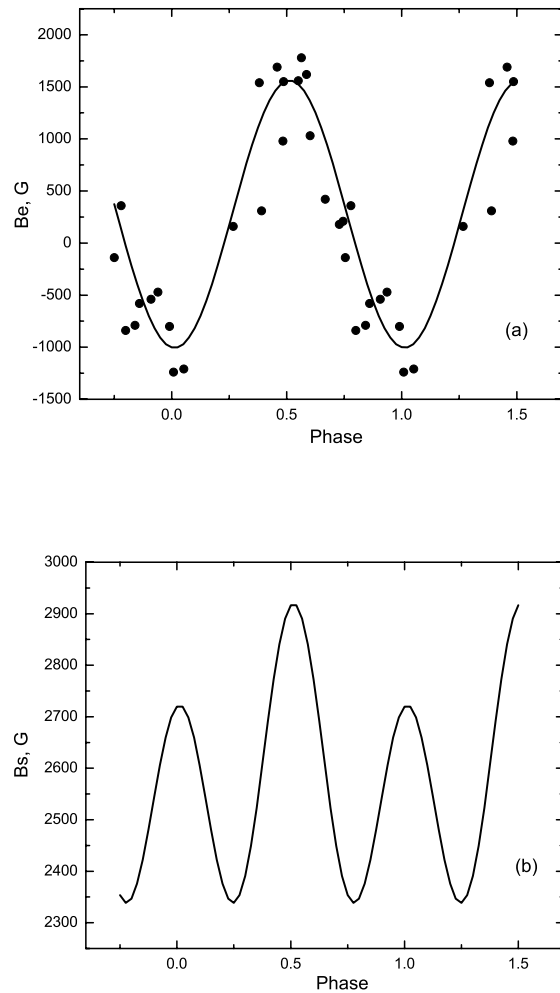


Рис. 2. Фазовые зависимости магнитного поля звезды HD4778. (a) — эффективное магнитное поле, (b) — среднее поверхностное магнитное поле.

работе [18] приводится  $v \sin i = 20 \pm 9$  км/с, в каталоге [5] —  $v \sin i = 10$  км/с. Отсюда средневзвешенная величина  $v \sin i = (13 \pm 3)$  км/с. Оценив по формуле  $v = 50.6 \times R/P = 41$  км/с, получаем  $i = 20^\circ$  (учитывая ошибки, величина  $i$  может находиться в пределах  $(16 - 25)^\circ$ ). Вследствие малого количества измерений фазовую зависимость лучше всего аппроксимировать с помощью модели центрального диполя. В таком случае получены параметры магнитного поля этой звезды, приведенные в Табл. 3.

Величина ошибок в таблице получена при изменении угла  $i$  на величину его ошибки, как и во всех предыдущих случаях. На Рис. 3b показана вычисленная по модели зависимость  $B_s - \Phi$ , средняя ее

**Таблица 2.** Параметры магнитного поля звезды HD4778 ( $\beta = 81^\circ, i = 56^\circ$ )

Знак поля	Долгота $\lambda$ , град.	Широта $\delta$ , град.	$B_p$ , гаусс
–	0	$-9 \pm 2$	$-4030 \pm 480$
+	180	$9 \pm 2$	$+4030 \pm 480$

**Таблица 3.** Параметры магнитного поля звезды HD5737 ( $\beta = 88.5^\circ, i = 20^\circ$ )

Знак монополя	Долгота $\lambda$ , градусов	Широта $\delta$ , градусов	$B_p$ , гаусс
+	0	$1.5 \pm 0.3$	$+5600 \pm 880$
–	180	$-1.5 \pm 0.3$	$-5600 \pm 880$

величина  $B_s = 3190 \pm 500$  гаусс. Угол наклона оси диполя к оси вращения  $\beta = (88.5 \pm 0.3)^\circ$ , т.е. ось диполя практически лежит в плоскости экватора вращения.

### 5. HD112413 ( $\alpha^2CVn$ )

Ранее мы уже моделировали магнитное поле звезды  $\alpha^2CVn$  [19, 20] методом “магнитных зарядов” [2], однако там мы использовали популярную тогда дипольно-квадрупольную конструкцию. Уже в этих ранних работах было видно, что такая конструкция приводит к искаженному виду распределения поля по поверхности звезды. Поэтому в данной работе мы не задавали заранее определенную конфигурацию, а вводили методом последовательных приближений столько зарядов и такое их положение внутри звезды, при котором вычисленная и наблюдаемая фазовые зависимости магнитного поля совпадали наилучшим способом.

Эффективная температура звезды  $T_e = 11180$  К [11], болометрическая звездная величина  $M_b = -0.297 \pm 0.059$ , радиус звезды  $R = (2.488 \pm 0.094)R_\odot$ ,  $v \sin i = 17.4 \pm 0.5$  км/с (последние три величины взяты из работы [21]), период вращения  $P = 5.47$  дней. Оценив  $v = 50.6 \times R/P = 23$  км/с, получаем  $i = (55 \pm 5)^\circ$  (в работе [21] приводится величина  $i = 49^\circ.1$ ).

Измерения эффективного магнитного поля  $B_e$  для  $\alpha^2CVn$ , сделанные по линиям водорода, взяты из работы [22]. Такие измерения, как известно, мало подвержены влиянию неравномерного распределения химических элементов по поверхности, поэтому модель, построенная по таким данным дает более правильное представление о реальной структуре магнитного поля. Они показаны на Рис. 4а. Методом последовательных приближений были найдены параметры магнитного поля, приведенные в Табл. 4. Наилучшее соответствие между вычисленной и наблюдаемой зависимостями

получается в предположении диполя, смещенного в сторону положительного монополя на величину  $\Delta a = 0.10$  (в единицах радиуса звезды). В Таблице 4 величина  $\Delta a$  отмечена знаком (+), который указывает, что диполь смещен в сторону положительного монополя. Смещение диполя приводит к разной величине магнитного поля на полюсах.

Вычисленная фазовая зависимость  $B_e - \Phi$  на Рис. 4а проведена сплошной линией. Фазовая зависимость среднего поверхностного магнитного поля  $B_s - \Phi$  на Рис. 4б получена из модели, так как измеренных значений  $B_s$  для нее нет. Среднее значение  $B_s = 2600$  гаусс. Угол между осью вращения и осью диполя  $\beta = (82 \pm 3)^\circ$ . Ошибки параметров получены из тех же соображений, что и в предыдущих случаях.

Полученные здесь параметры интересно сравнить с теми, которые вычислены путем решения обратной задачи [23], а также несколько вариантов, полученных в работе [24]:

- ( $B_p$ , (Гс),  $\beta$ ,  $i$ ,  $a$ ) = (5300, 82, 55, 0.10) эта работа;
- (4907, 76, 50, 0.05) [23];
- (4400, 71, 65, 0.00) [24];
- (10000, 65, 65, 0.2) [24].

Здесь  $B_p$  это максимальная величина магнитного поля на полюсе (если смещение диполя  $\delta a = 0$ , то оба магнитных полюса имеют одинаковую величину магнитного поля). Как видно из приведенных данных, величина всех параметров одного порядка.

Таблица 4. Параметры магнитного поля HD112413 ( $\beta = 82^\circ$ ,  $i = 55^\circ$ )

Знак поля	Долгота $\lambda$ , град.	Широта $\delta$ , град.	$\Delta a$	$B_p$ , гаусс
–	$349^\circ \pm 1$	$-8^\circ \pm 3$	$0.10(+)\pm 0.05$	$-2890 \pm 400$
+	$169 \pm 1$	$8 \pm 3$		$+5300 \pm 700$

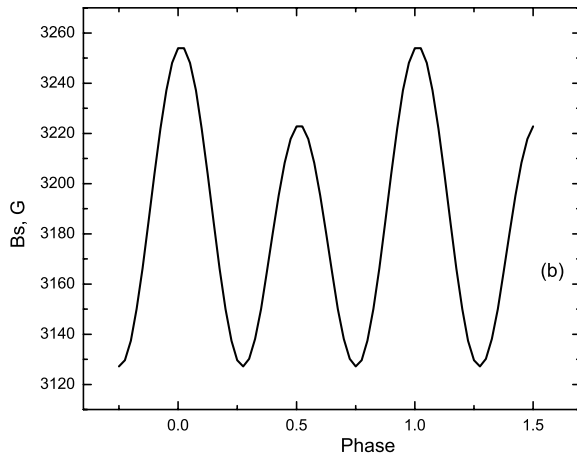
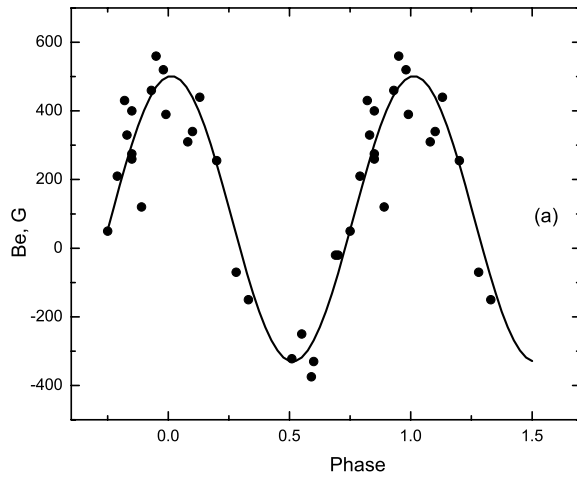


Рис. 3. Фазовые зависимости магнитного поля звезды HD5737. (a) — эффективное магнитное поле, (b) — среднее поверхностное магнитное поле.

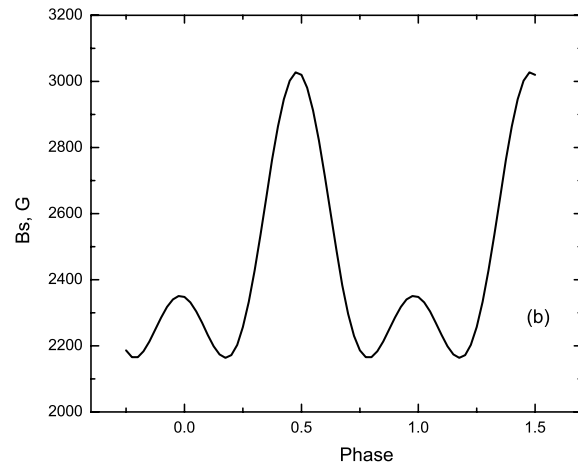
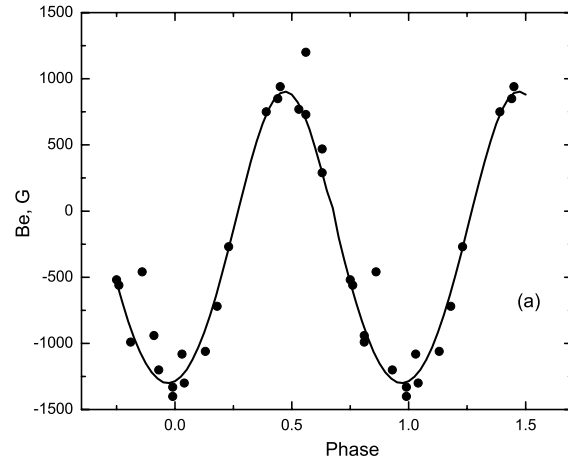


Рис. 4. Фазовые зависимости магнитного поля звезды HD112413. (a) — эффективное магнитное поле, (b) — среднее поверхностное магнитное поле.

## 6. HD215441

Сведения о структуре магнитного поля звезды HD215441 довольно противоречивы. В работе [25] отмечается недипольный характер магнитного поля.

В работе [26] для описания сложной конфигурации магнитного поля использована дипольно-квадрупольная модель, причем оказалось, что наблюдается преимущественно дипольная компонента. Было найдено, что величина угла  $i$  заключена

в пределах  $(11.0 - 14.5)^\circ$ , а угла  $\beta$  — в пределах  $(62 - 52.5)^\circ$ .

В работе [27] показано, что магнитное поле звезды нельзя представить центральным диполем, а использованная модель смещенного диполя недостаточно хорошо описывает переменность  $V_s$ . Угол наклона звезды к лучу зрения по данным [27] находится в пределах  $i = (30 - 35)^\circ$ , а угол между осью вращения и осью диполя  $\beta = (30 - 35)^\circ$  при величине смещения диполя  $\Delta a = 0.2 - 0.3$ .

В работе [28] для построения модели магнитного поля использованы относительные интенсивности зеемановских компонент линий и вариант центрального диполя. Расчеты привели к следующим результатам:  $i = 20^\circ$ , а  $\beta = 10^\circ$ .

Для построения модели магнитного поля HD215441 нашим методом мы использовали те же наблюдательные данные, а именно  $V_s$  из [25], а  $V_e$  из [27]. Как известно, при использовании фазовых зависимостей  $V_s - \Phi$  и  $V_e - \Phi$  получается два решения с малым и большим углом  $\beta$ . Добиваемся в первую очередь совпадения вычисленных зависимостей  $V_e - \Phi$  с наблюдаемыми и как можно лучшего совпадения для  $V_s - \Phi$ . Окончательно выбирается тот вариант, при котором вычисленная зависимость  $V_s - \Phi$  лучше соответствует наблюдениям. Результаты вычислений для большого и малого угла  $\beta$  соответственно приведены в Табл. 5 и 6, а также на Рис. 5а и 5б. На Рис. 5б вариант с большим углом  $\beta$  показан штриховой линией, а с малым углом — сплошной линией. Видно, что второй вариант лучше соответствует наблюдательным данным. Получается, что звезда имеет малый угол  $\beta$ , который хорошо согласуется с данными из [28]. Угол наклона звезды  $i$ , полученный в рамках используемого нами метода, определяется достаточно надежно. Однако приведенные в итоговой таблице данные других авторов показывают большие различия оценок  $i$  и  $\beta$ . Возможно, это получается вследствие неудобной для моделирования ориентации диполя (малый угол  $\beta$ ). В нашей модели смещение диполя оказалось незначительным:  $\Delta a = 0.03$ .

### 7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе получены характеристики магнитного поля трех звезд (HD3360, HD4778, HD5737), моделированных центральным диполем, и двух (HD112413, 215441) — смещенным диполем. Эти данные вместе с другими нашими результатами, а также результатами других авторов для тех же объектов, собраны в итоговой Табл. 7. Смещение диполя  $\Delta a$  из центра звезды в единицах радиуса равно нулю, если структура поля соответствовала центральному диполю или если была задана модель центрального диполя. В скобках

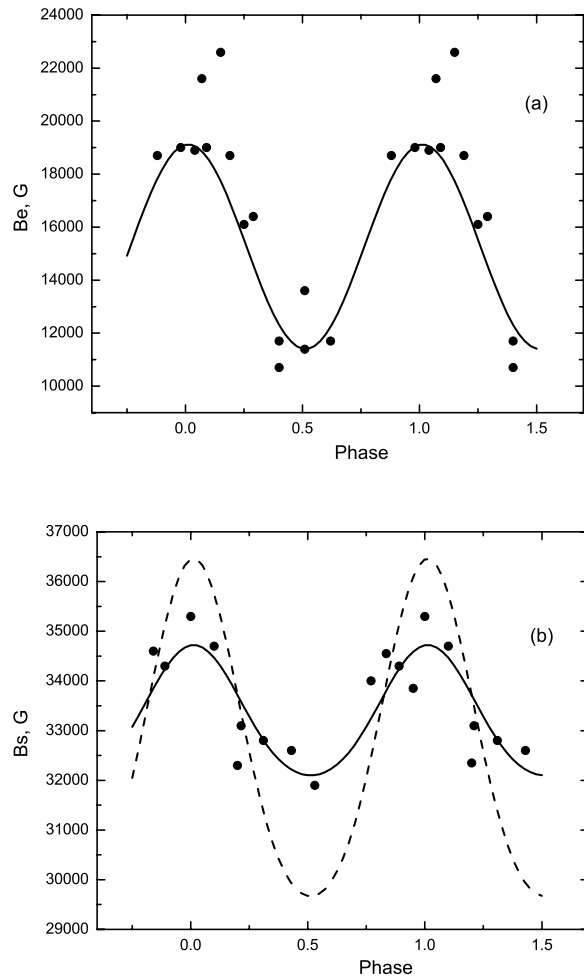


Рис. 5. Фазовые зависимости магнитного поля звезды HD215441. (а) — эффективное магнитное поле, (б) — среднее поверхностное магнитное поле.

знак плюс или минус показывает в сторону какого монополя смещен диполь. HD37776 в отличие от других звезд, по-видимому, содержит три диполя, смещенные на величину  $\Delta a = 0.18$  каждый, хотя результирующая конфигурация приближалась к полю центрального диполя с осью примерно параллельной оси вращения ( $\beta \approx 0^\circ$ ). Несколько звезд обладают конфигурациями, описываемыми двумя диполями.

В работе Леруа [29] использовалась всегда модель центрального диполя. Наш метод и метод Леруа являются двумя разными подходами к решению одной и той же задачи — определения топографии магнитных полей на поверхности звезды. Мы исходим из данных о  $V_e$  и  $V_s$ , подбираем источники магнитного поля внутри звезды, а Леруа, основываясь на данных поляриметрии, оценивает поверхностное магнитное поле и моделирует его

Таблица 5. Вариант 1:  $\beta = 57^\circ$ ,  $i = 20^\circ$ 

Знак поля	Долгота $\delta$ , град.	Широта $\lambda$ , град.	$\Delta a$	$V_p$ , гаусс
+	$0 \pm 1$	$20 \pm 1$	$0.05(+)\pm 0.01$	$57500 \pm 700$
-	$180 \pm 1$	$-20 \pm 1$		$-42400 \pm 700$

Таблица 6. Вариант 2:  $\beta = 10^\circ$ ,  $i = 67.5^\circ$ 

Знак поля	Долгота $\delta$ , град.	Широта $\lambda$ , град.	$\Delta a$	$V_p$ , гаусс
+	$0 \pm 1$	$80 \pm 1$	$0.03(+)\pm 0.01$	$55100 \pm 700$
-	$180 \pm 1$	$-80 \pm 1$		$-45900 \pm 700$

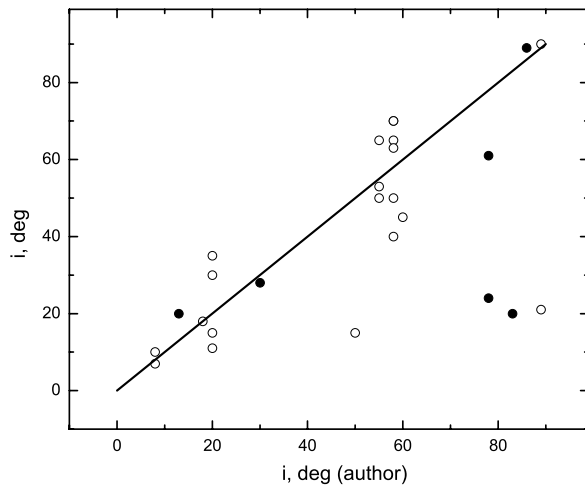


Рис. 6. Сравнение наших оценок углов наклона осей вращения (по оси  $x$ ) с оценками других авторов (по оси  $y$ ). Пустые кружки — наши оценки по  $v \sin i$ , заполненные кружки — наши оценки по модельным расчетам.

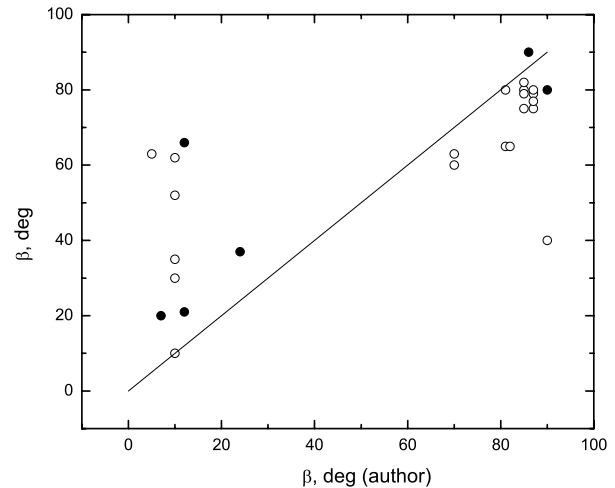


Рис. 7. Сравнение наших оценок углов между осью диполя и осью вращения (по оси  $x$ ) исследованных звезд с определениями других авторов (по оси  $y$ ). Пустые кружки — оценки угла  $i$  по  $v \sin i$ , заполненные кружки — использованы оценки угла  $i$  по модельным расчетам.

центральный диполем. Углы  $\beta$ , по нашим данным, в среднем на  $7.2^\circ$  больше, чем в [29]. Это немного, учитывая различие методик, а также то, что для части звезд мы получили модели смещенного диполя, а не центрального. Мы можем использовать любое количество зарядов для наилучшего совпадения с наблюдениями, но уже при одном или двух диполях наблюдаемая и вычисленная зависимости, как правило, хорошо совпадают (в пределах ошибок измерений).

Обращает на себя внимание то, что у разных авторов углы  $i$  иногда довольно сильно различаются. На Рис. 6 сопоставлены наши оценки углов с оценками других авторов. Отметим еще

раз, что использование зависимостей  $V_e - \Phi$  и  $V_s - \Phi$  при моделировании дает достаточно точные величины углов  $i$ , они отмечены в Табл. 7 жирным наклонным шрифтом, а на Рис. 6 обозначены черными точками. Видно, что отдельные величины различаются значительно. Отскакивающие в нижнем правом углу точки принадлежат звездам HD12288 [29], HD152107 [29], HD119419 [30], HD188041 [29]. Нам представляется, что углы  $i$ , оцененные в работе [29], занижены. Что касается звезды HD119419, то авторы дают большие пределы неопределенности угла  $i = (21 - 90)^\circ$ . Первое значение показывает сильное отклонение, тогда

как второе соответствует нашей оценке. Как видно из Табл. 7, угол  $i$  для звезды HD215441 тоже сильно различается в разных работах. Однако мы считаем наиболее правильной величину  $i = 67.5^\circ$ , так как она получена на основании модели. Ошиб-

ки угла  $i$  вносят основную погрешность в определение параметров магнитного поля. Ввиду того, что ошибки углов  $i$  в литературе указываются редко, мы оцениваем погрешности наших определений исходя из средней ошибки угла  $\Delta i = \pm 5^\circ$ .

**Таблица 7.** Итоговая таблица основных параметров магнитного поля звезд

Звезда	Тип	$\beta$ , град.	$i$ , град.	$B_s$ , Гс	$\Delta a$	Источник
3360	He-r	87	18	293	0	эта работа
		79	18	–	0	[31]
2453	SrCrEu	80	<b>14</b> <sup>1</sup>	3750	0	[6]
4778	SrCrEu	65	70	–	0	[29]
		80	40	6000	0	[10]
		81	56	2600	0	эта работа
5737	He-w	88.5	20	3190	0	эта работа
9996	SrCrEu	12:	<b>89.5</b>	5000:	0	[32]
12288	SrCrEu	12	<b>78.5</b>	8100	0.08(+)	[6]
		66	24		0	[6]
		21	61	–	0.01(+)	[33]
18296	SrCrEu	79	34	1000:	0	[34]
21699	He-w	–	32	6150	0.40 (поперек оси)	[3]
32633	Si+	–	84	12000	0.6 (два диполя)	[35]
37776	He-r	0:	90:	80000 <sup>2</sup>	0.18(три диполя)	[36]
45583	Si	–	39	15250:	0.6 (два диполя)	[37]
65339	SrCrEu	85	58	13700	0.14(–)	[38]
		75	70	–	0	[29]
		80	50		0.145(–)	[38]
		80	65		0.14(–)	[22]
		82	64		0.10(–)	[39]
112185	SrCrEu	82	51	330	0	[40]
112413	SrCrEu	82	55	2600	0.1(+)	эта работа
		65	65		0.2(+)	[40]
115708	SrCrEu	87	55	3850	0	[41]
		75	50	–	0	[29]
		77	50		0	[42]

<sup>1</sup> Углы  $i$ , напечатанные наклонным жирным шрифтом, определены из модельных расчетов. В случаях двух или трех диполей они сдвинуты поперек своих осей.

<sup>2</sup>  $B_s$ , напечатанные наклонным шрифтом, взяты из работы [56].



Таблица 7. (Продолжение)

Звезда	Тип	$\beta$ , град.	$i$ , град.	$V_s$ , Гс	$\Delta a$	Источник
116458	SiEuCr	12	<b>75</b>	4650	0.07(+)	[43]
119419	Si+	5	89	23000	0.05(поперек оси)	[41]
		63	21–90		0	[30]
124224	Si	87	60	2200	0.30(–)	[44]
		80	45		0	[45]
126515	SrCrEu	86	<b>22</b>	13000	0.24(–)	[43]
137909	SrCrEu	90:	<b>13</b>	5500	0.30 два диполя	[46]
		80	20		0	[29]
142301	Hewk	77	30		0	[33]
147010	Si+	23	67	12000:	0.45(+)	[40]
152107	SrCrEu	40	15	есть	0	[29]
		90:	50:		0.2–0.5 два диполя	[47]
187474	Si+	24	<b>86</b>	5500	0.10(+)	[48]
		37	89		0.055(–)	[49]
188041	SrCrEu	7	<b>83</b>	3600	0.07(–)	[32]
		20	20	–	0	[29]
192678	SrCrEu	70	8	4700	0	[50]
		60	10	–	0	[29]
		60	7		0	[51]
200311	Si+	86	<b>30</b>	8500	0.08(–)	[6]
		90	28		0.09(–)	[52]
201601	SrCrEu	85.5	34	3800	0	[53]
215441	SrCrEu	30–35	30–35	34000	0.2 ÷ 0.3(–)	[54]
		10	20	35000	0	[54]
		10	<b>67.5</b>		0.03(+)	эта работа
		62–52.5	11–14.5			[26]

Сравнение наших оценок углов  $\beta$  с данными других авторов показано на Рис. 7. Самые большие различия наблюдаются для HD12288, HD152107 [29], HD119419 [30] и HD215441 [26]. Очевидно, что это произошло вследствие неверных величин углов  $i$ .

Мы рассчитываем, что параметры звезд, полученные нашей методикой, будут составлять достаточно однородный материал для статистических исследований.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ю. В. Глаголевский и Е. Герт, *Астрофизика* **51**, 295 (2008).
2. E. Gerth and Yu. V. Glagolevskij, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **56**, 25 (2003).
3. Ю. В. Глаголевский и Г. А. Чунтонов, *Астрофизика* **50**, 441 (2007).
4. C. Neiner, V. C. Geers, H. F. Henrichs, et al., *Astronom. and Astrophys.* (2003).

5. A. Uesugi and I. Fucuda, Revised catalogue of stellar rotational velocities, Department of Astronomy Kyoto Univ. (1982).
6. Yu. V. Glagolevskij and E. Gerth, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **58**, 31 (2006).
7. Yu. V. Glagolevskij and E. Gerth, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **46**, 123 (1998).
8. Ю. В. Глаголевский, Астрофизика **44**, 121 (2001).
9. Ю. В. Глаголевский, Астрофизика **49**, 251 (2006).
10. D. A. Bohlender, Astronom. and Astrophys. **220**, 215 (1989).
11. Yu. V. Glagolevskij, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **53**, 33 (2002).
12. G. Mathys and S. Hubrig, Astronom. and Astrophys. Suppl. Ser. **124**, 475 (1997).
13. S. N. Shore, D. N. Brown, G. Sonneborn, et al., Astrophys. J. **348**, 242 (1990).
14. E. F. Borra, J. D. Landstreet, and I. Thompson, Astrophys. J. Suppl. **53**, 151 (1983).
15. Z. Lopez-Garciya, S. J. Adelman, and O. I. Pintado, Astronom. and Astrophys. **367**, 859 (2001).
16. A. E. Gomez, X. Luri, S. Grenier, et al., Astronom. and Astrophys. **336**, 953 (1998).
17. M. Briquet, S. Hubrig, P. De Cat, et al., Astronom. and Astrophys. **466**, 269 (2007).
18. H. Abt, H. Levato, and M. Grosso, Astrophys. J. **573**, 359 (2002).
19. E. Gerth, Yu. V. Glagolevskij, G. Hildebrandt, et al., Astronom. and Astrophys. **351**, 133 (1999).
20. E. Gerth, Yu. V. Glagolevskij, and G. Scholz, in *Magnetic fields of chemically peculiar and related stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, I. I. Romanyuk, (Moscow, 2000), p. 161.
21. O. Kochukhov, N. Piskunov, I. Ilyin, et al., Astronom. and Astrophys. **389**, 420 (2002).
22. E. F. Borra and J. D. Landstreet, Astrophys. J. **212**, 141 (1977).
23. Ю. В. Глаголевский, Н. Е. Пискунов и В. Л. Хохлова, Письма в АЖ **11**, 371 (1985).
24. E. F. Borra and J. D. Landstreet, Astrophys. J. **212**, 141 (1977).
25. G. Preston, Astrophys. J. **156**, 967 (1969).
26. M. Goossens and W. van Assche, *Les étoiles de composition chimique anormale du début de la séquence principale* (Université de Liège, 1981), p. 277.
27. E. F. Borra and J. D. Landstreet, Astrophys. J. **222**, 226 (1978).
28. Ю. В. Глаголевский, К. И. Козлова, Р. Н. Кумайгородская и др., Изв. САО **13**, 3 (1981).
29. J. L. Leroy, in *Stellar magnetic fields*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, I. I. Romanyuk, (Moscow, 1997), p. 30.
30. J. D. Landstreet, E. Borra, and G. Fontaine, Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **188**, 609 (1979).
31. C. Neiner, V. C. Geers, H. F. Henrichs, et al., Astronom. and Astrophys. **406**, 1019 (2003).
32. Ю. В. Глаголевский и Е. Герт, Астрофизика **51**, 295 (2008).
33. G. A. Wade, D. Kudryavtsev, I. I. Romanyuk, et al., Astronom. and Astrophys. **355**, 1080 (2000).
34. В. Г. Елькин, Ю. В. Глаголевский и И. И. Романюк, Изв. САО **25**, 24 (1987).
35. Yu. V. Glagolevskij and E. Gerth, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **63**, 200 (2008).
36. Yu. V. Glagolevskij and E. Gerth, in *Magnetic fields across the HR diagram*, Ed. by G. Mathys, S. K. Solanki, D. T. Wickramasinghe, (ASP Conf. Ser., V, 2001), p. 158.
37. Ю. В. Глаголевский и Е. Герт, Астрофизика (2008, в печати).
38. E. Gerth, Yu. V. Glagolevskij and G. Scholz, in *Magnetic fields of Chemically peculiar stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, I. I. Romanyuk, (Moscow, 2000), p. 158.
39. J. D. Landstreet, Astrophys. J. **326**, 967 (1988).
40. Yu. V. Glagolevskij and E. Gerth, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **46**, 123 (1998).
41. Ю. В. Глаголевский, Астрофизика **44**, 121 (2001).
42. G. A. Wade, E. Neagu, and J. D. Landstreet, Astronom. and Astrophys. **307**, 500 (1996).
43. Ю. В. Глаголевский, Астрон. ж. **82**, 1 (2005).
44. Yu. V. Glagolevskij and E. Gerth, Astronom. and Astrophys. **382**, 935 (2002).
45. B. Veto, Astrophys. and Space Sci. **174**, 111 (1990).
46. Yu. V. Glagolevskij and E. Gerth, in *"Magnetic stars"*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij, I. I. Romanyuk, D. O. Kudryavtsev, (Nizhnij Arkhyz, 2004), p. 142.
47. Yu. V. Glagolevskij, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **56**, 15 (2003).
48. Ю. В. Глаголевский, Астрофизика **48**, 575 (2005).
49. V. R. Khalack, J. Zverko, and J. Ziznovsky, Astronom. and Astrophys. **403**, 179 (2003).
50. Yu. V. Glagolevskij, Bull. Spec. Astrophys. Obs. **50**, 70 (2000).
51. G. A. Wade, V. G. Elkin, J. D. Landstreet, et al., Astronom. and Astrophys. **313**, 209 (1996).
52. G. A. Wade, V. G. Elkin, J. D. Landstreet, and I. I. Romanyuk, Monthly Notices Roy. Astronom. Soc. **292**, 748 (1997).
53. Ю. В. Глаголевский, Астрофизика **49**, 251 (2006).
54. Ю. В. Глаголевский, К. И. Козлова, Р. Н. Кумайгородская и др., Изв. САО **13**, 3 (1981).
55. G. W. Preston, Astrophys. J. **156**, 967 (1969).
56. I. I. Romanyuk, in *Magnetic fields of chemically peculiar and related stars*, Ed. by Yu. V. Glagolevskij and I. I. Romanyuk, (Moscow, 2000), p. 18

**MAGNETIC CONFIGURATIONS OF THE FAST CP ROTATORS HD3360, HD4778, HD5737,  
HD112413, AND HD215441****Yu. V. Glagolevskij**

The method of “magnetic charges” is used to model magnetic fields of five rapidly rotating stars ( $P < 25^d$ ) and to find the basic parameters of their magnetic fields. A table containing all the modeling results obtained using the adopted method as well as the parameters obtained for the same stars by other authors is presented. Significant discrepancies are found in a number of cases, which can apparently be explained by insufficient accuracy of the estimated inclinations of the stars to the line of sight.

Key words: *stars: variable and peculiar*