

## ASTROFİZİKA

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДОВ ПУЛЬСАЦИЙ  
ДЛЯ СВЕРХГИГАНТОВ И ГИПЕРГИГАНТОВ

Д.М.КУЛИ-ЗАДЕ\*, С.К.ЗЕЙНАЛОВ\*\*,  
 Я.М.МАГЕРРАМОВ\*\*, И.М.МАМЕДОВА\*\*  
 \* Бакинский Государственный Университет  
 \*\* Шемахинская Астрофизическая Обсерватория  
 им. Н.Туси НАН Азербайджана  
 e-mail: ckulizade e-mail.ru  
 e-mail: [y\\_meherrremov@rambler.ru](mailto:y_meherrremov@rambler.ru)

Определены квази ( $P_S$ ) и фундаментальные ( $P_0$ ) периоды пульсации ряда сверх-и гипергигантов. Для сверхгигантов с радиусом  $R=(10\div 100)R_{\odot}$  квази периоды,  $0,11\div 13,2$  дневные, а для сверхгигантов с радиусом  $R>100 R_{\odot}$  больше. Для гипергигантов, имеющих радиус  $R=(295\div 600) R_{\odot}$   $P_S$  получается в пределах от 98 дней до 685 дней.

Фундаментальные периоды ( $P_0$ ) для выбранных звезд получается в пределах  $4,86\div 1882,8$  дней.

Звезды, относящиеся к ранним спектральным классам, имеют меньшие периоды переменности, чем звезды относящихся к поздним классам.

## I. Введение

Известно, что звезды наибольшей светимости как правило переменны. Это, в первую очередь, связано с неустойчивостью их атмосферы. Впервые Helmut [1] наблюдал 9 сверхгигантов, в том числе  $\delta$  Cas и  $\alpha$  Cyg, переменной атмосферой.

На основе измерения лучевой скорости для выбранных линий FeII, SiII было обнаружено, что лучевые скорости  $V_r$   $\delta$  Cas и  $\alpha$  Cyg, изменяются с  $30^d$  и  $15,^d7$  дневным периодом, соответственно. Предполагали, что яркие сверхгиганты типа ранних A переменны по лучевой скорости и по спектру. И эта переменность является результатом пульсации.

В [2] отмечено, что с большой вероятностью многие яркие сверхгиганты переменны по блеску, лучевой скорости и по спектру. Предполагается, что эта переменность зависит от атмосферных и эволюционных параметров (светимости, массы, ускорения силы тяжести и др.) звезды.

На основе измерения блеска по фотометрической системе, типа V3-G8Ia 660 звезд, обнаружено изменение блеска со временем, что соответствует извест-

ному соотношению для классических цефеид и зависит от спектрального класса [3].

В [4-6] по фотометрическим наблюдениям сверхгигантов спектрального класса В2-G0, имеющие светимости,  $-8,2 \leq M \leq -7,2$  обнаружено, что период изменения блеска изменяется от  $15 \div 20^d$  до  $80^d$ .

Изучая атмосферы сверхгигантов, Ченцов и Снешко [7] предполагали, что верхние слои их атмосферы непрерывно расширяются, а нижние слои ( $\tau_0 \sim 1$ ) возможно находятся под влиянием движения пульсационного типа.

На основе анализа современных УФ, видимых, ИК и радионаблюдений горячих сверхгигантов в спектральном интервале «OBAF» сделан общий вывод о том, что атмосферы этих звезд являются нестационарными и эти нестационарности имеют особую природу [1-16]. Все сверх-и гипергиганты Ib÷Ia<sup>+</sup> подвержены неправильным колебаниям блеска, звезды с эмиссионными линиями в спектрах в той или иной степени являются спектрально переменными. Кроме изменений атмосферных параметров, имеют место так же изменения лучевых скоростей, интенсивности или структуры профилей спектральных линий со временем.

По обширным исследованиям спектров сверх-и гипергигантов установлено, что изменение лучевых скоростей коррелирует с колебанием блеска, причем изменение тем сильнее, чем ближе сверхгигант к пределу неустойчивости. Чтобы атмосфера звезды была пульсационно неустойчивой, общее воздействие всех видов возбуждения пульсации должно превышать воздействия всех видов затухания [17]. В атмосферах пульсирующих звезд происходят систематические крупномасштабные динамические движения, охватывающие всю звезду. Причина переменности заключена в них самих, а не обусловлена геометрическими эффектами.

Известно, что первостепенную роль в возбуждении пульсаций играет, расположенная во внешних слоях звезды второй зоны, ионизации гелия, где происходят периодические расширения и сжатия атмосферы звезды. Зона ионизации HeII, при сжатии внешних слоев поглощает избыточное излучение приходящих из внутренних областей, под влиянием которого уменьшается прозрачность, звезда становится горячее и дает наибольший блеск. В этом состоянии в звезде происходит переход лучевой скорости от положительного к отрицательному.

При расширении атмосферы увеличивается излучения, блеск звезды достигает максимального значения, лучевая скорость переходит от отрицательного значения к положительному. Таким образом, происходят колебания блеска и лучевых скоростей, иначе говоря происходит пульсация атмосферы звезды. Эти наблюдаемые изменения фотометрических и спектроскопических параметров происходят во внешних, наиболее нестационарных областях ( $\lg \tau \approx -1,1 \div -0,4$ ) [18], где формируются в основном линии водорода. Ядерные источники энергии не эффективны во внешних оболочках атмосферы звезды. Оболочка лишь должна играть роль как в качестве посредника – переносить энергию возмущения идущего из ядра звезды.

В верхних слоях атмосферы сверхгигантов преобладают крупномасштабные (турбулентные) движения, а в глубоких – конвекция. При исследовании возмущенности атмосфер сверхгигантов спектрального класса AFK обнаруже-

ны, что сильные возмущения доходит до зоны  $\lg \tau \approx -0,8; -0,4$  и  $\sim 0,0$  для спектральных классов А, F и К, соответственно, [19]. К настоящему времени имеются многочисленные факты расширения атмосфер белых сверхгигантов с радиальным градиентом скорости. При наличии радиального градиента скорости в атмосфере отдельную проблему составляет определение лучевой скорости центра массы звезды. Пока эта проблема не решена, за пульсации может приниматься нестационарное расширение атмосферы.

Анализ спектральных наблюдений сверхгигантов показывает, что поле скоростей в атмосферах, их радиальные градиенты, а также знак этих градиентов изменяются со временем. При этом правильная периодичность не наблюдается. Но в ряде случаев в изменениях параметров обнаруживаются характерные времена – квазипериоды. Эти изменения обусловлены квазипериодическими движениями слоев атмосферы относительно центра массы звезды. Эти квазипериоды больше всего наблюдаются у звезд высокой светимости. Сверхгиганты ранних спектральных классов с массами, превышающими  $90M_{\odot}$ , могут пульсировать в различных модах.

Атмосфера отвечает на эти возмущения на своей характерной резонансной частоте, и это приводит к квазипериодическим вариациям физических параметров атмосферы. Такие протяженные атмосферы практически никогда не будут пульсировать как целое в основной моде. Следовательно такие пульсации лучше всего должны описываться нерадиальными колебаниями.

## 2. Определение периодов пульсации

Для сверхгигантов типа Ia спектрального класса от В до G, с известными квазипериодами  $P_S$  в [1÷20] отметили существования зависимостей квазипериод-светимость-лучевые скорости. Предполагается, что лучевые скорости и светимости этих звезд переменны, а сверхгиганты В-А спектрально переменны.

Некоторые авторы приписывают квазипериодическую переменность сверхгигантов и гипергигантов ранних классов пульсациям. Это предположение находит поддержку в наблюдаемой зависимости квазипериодов колебаний блеска от светимости.

Известно, что для классических цефеид между квазипериодом колебаний блеска и светимостью существует соотношение

$$\lg P_S = 10,93 - 0,50 \cdot \lg (M / M_{\odot}) - 0,38 \cdot M_b - 3 \cdot \lg T_{ef} \quad (1)$$

Это хорошо согласуется с наблюдаемым соотношением

$$\lg P_S = \lg Q_1 - 0,5 \cdot \lg (M / M_{\odot}) + 1,5 \cdot \lg (R / R_{\odot}). \quad (2)$$

Здесь  $M / M_{\odot}$  - масса звезды в массах Солнца,  $M_b$ -болومترическая звездная величина,  $T_{ef}$ - эффективная температура звезды,  $Q_1$ -пульсационная постоянная.

Для пульсирующих звезд период изменения атмосферных параметров находится в пределах от нескольких секунд до нескольких лет. Наиболее важным среди характерных времен для пульсирующих звезд является период пульсации  $P_0$  в основной моде.

Гидродинамическая теория звездных структур показывает, что если радиус звезды подвергается возмущению, то звезда начинает пульсировать с фундамен-

тальным периодом, как в адиабатическом процессе. Тогда фундаментальный период  $P_0$  определяется по формуле

$$P_0 \cdot \sqrt{\bar{\rho}} = 1,19 \cdot 10^4 \cdot Q^{-1} \cdot \text{сек} \cdot \text{г}^{1/2} \cdot \text{см}^{-3/2}, \quad (3)$$

где  $\bar{\rho}$  - средняя плотность,  $Q$  – пульсационная постоянная. Отметим, что значение  $Q$  зависит от структуры внутреннего строения и др. параметров звезды. Это известное соотношение период – плотность справедливо для большинства типов пульсирующих звезд.

Известно, что  $\bar{\rho}$  также зависит от ускорения силы тяжести  $g$  и от оптической глубины  $\tau$ . По видимому наиболее подходящим является уровень  $\lg \tau = 1$ .

Для вычисления значений  $\bar{\rho}$  нами была использована формула

$$\bar{\rho} = \frac{3 \cdot M_* / M_{\odot}}{4\pi(R_* / R_{\odot})^3}. \quad (4)$$

Согласно соотношению период-плотность чем больше размеры звезды, тем больше ожидаемый период пульсации, т.е.

$$Q = 1,19 \cdot Q_1 \quad (5)$$

Наблюдения показывают, что для большинства переменных звезд значения  $Q$  меняются в пределах  $0,02 \leq Q \leq 0,11$  суток, а значения  $Q_1$  колеблются в интервале  $(0,062 \div 0,077) \pm 0,025$  суток и вычисляются по формуле

$$\text{Lg } Q_1 = \text{Lg } P_s + 0,5 \cdot \text{lg } (M / M_{\odot}) + 0,3 \cdot M_b + 3 \cdot \text{lg } T_{\text{ef}} - 12,72 \quad (6)$$

В табл.1 приведены атмосферные параметры ряда сверхгигантов и гипергигантов по [20] для вычисления  $P_s$  и  $P_0$  с помощью вышеуказанных формул.

Таблица 1

Номер HD и название звезды	Sp	M	M/M <sub>⊙</sub>	R/R <sub>⊙</sub>	Pds	Qd1	Qd	$\bar{\rho}$ (г/см <sup>3</sup> )	Pd0 (сутки)	Tef (K)
93129 A	O3V((f))	-11,2	120	19	0,97	0,128	0,152			52000
66811 ξ Pup	O4 ef	-10,6	100	20	0,72	0,081	0,096	1,76 · 10 <sup>-2</sup>	10,79	50000
164794 9 Sgr	O((f))	-10,55	100	15	0,69	0,117	0,139	4,18 · 10 <sup>-2</sup>	4,86	50000
30614 Cam	O9,5Ia	-9,6	32	32	2,77	0,086	0,102	1,38 · 10 <sup>-3</sup>	36,40	29000
149038 Nor	O9,7 Iab	-9,4	40	27	1,96	0,046	0,055	2,87 · 10 <sup>-3</sup>	46,72	29500
37792 Ori	O9,5	-9,3	33	24	1,84	0,091	0,108	3,37 · 10 <sup>-3</sup>	21,95	29910
Cas	B0,5	-6,85	17	10	0,52	0,068	0,081	2,4 · 10 <sup>-2</sup>	10,97	25000
37128 Ori	B0Iab	-9,3	45	33	1,82	0,064	0,076	1,77 · 10 <sup>-3</sup>	43,05	29000
38771 Ori	B0Iab	-9,1	36	37	2,23	0,059	0,070	10 <sup>-3</sup>	62,27	26390
91316 Leo	B1Iab	-8,3	23	33	1,14	0,028	0,033	9,03 · 10 <sup>-4</sup>	139,12	28300
P Cyg	B2pe	-8,5	40	75	13,32	0,126	0,150	1,34 · 10 <sup>-4</sup>	79,16	12000
111139 Tau	B1Ib	-8,4	24	35	11,81	0,283	0,337	7,90 · 10 <sup>-4</sup>	14,54	13310
157246 Ara	B1b	-8,1	22	30	2,39	0,067	0,080	1,15 · 10 <sup>-3</sup>	50,79	21000
206165 9 Cep	B2Ib	-5,95	46	20	0,11	0,008	0,010	8,11 · 10 <sup>-3</sup>	152,87	27500
198478 55 Cyg	B3Ia	-7+ -8,1	20	32	3,16	0,077	0,092	8,61 · 10 <sup>-4</sup>	51,09	16315
58138 O2 CMa	B3Ia	-8,3	22	64	3,26	0,029	0,035	1,18 · 10 <sup>-4</sup>	361,03	20000
58350 Cam	B5Ia	-7,1	34	62	3,19	0,021	0,025	2,01 · 10 <sup>-4</sup>	387,98	13310
36371 Aur	B5Iab	-7+ -8	19	32	5,24	0,125	0,149	8,18 · 10 <sup>-4</sup>	32,32	13720
58350 η CMa	B5Ia	-7,9	21	62				1,24 · 10 <sup>-4</sup>		
164353 67 Oph	B5Ib	-6,6	14	36	3,18	0,054	0,064	4,23 · 10 <sup>-4</sup>	104,47	13310
34085 Ori	B8Ia+	-7,6	21	77	10,17	0,068	0,081	6,49 · 10 <sup>-5</sup>	210,97	11180
21291	B9Ia	-7,0	10	24	12,30	0,331	0,394	1,02 · 10 <sup>-3</sup>	10,96	10000

21389	A0Ia	-7,1	16	99	11,43	0,046	0,055	2,33·10 <sup>-5</sup>	518,47	9800
V1 500Cyg 1975	A0Ia+	-11,2	10	360	685,5	0,313	0,372	3,02·10 <sup>-7</sup>	673,17	9000
Car		-11,2	115	60	5,97	0,137	0,163	7,51·10 <sup>-4</sup>	30,84	29000
S Dor	A0Ia+	-9,5	50	360	69,2	0,071	0,084	1,51·10 <sup>-6</sup>	1333,06	9000
197345 Cyg	A2Iae	-7,9	14	140	30	0,067	0,080	7,20·10 <sup>-6</sup>	642,40	9170
33579	A3Ia+	-9,5	25	295	98	0,096	0,114	1,37·10 <sup>-6</sup>	1032,62	8900
6 Cas	A3Ia+	-7+ -8,8	25	200	24,1	0,043	0,051	4,41·10 <sup>-6</sup>	1286,00	8900
224014 Cas	F8Ia	-8,5	25	600	458	0,155	0,184	1,63·10 <sup>-7</sup>	1852,82	4000
89 Her	F2Ia	-6+ -9	15,5	169	49,5	0,088	0,105	4,53·10 <sup>-6</sup>	615,83	6700
80077	B2Ia+e	-11,5	60							
Солнце	G2V		1	1				1,41	3h	6500
119796	G8Ia+	-9,75		1000						4900

В столбцах 1-10 табл.1 указаны: номер HD или название звезды, спектральный класс, болометрическая звездная величина, масса, радиус, эффективная температура,  $P_s$ ,  $P_0$ ,  $Q$ ,  $Q_1$  и  $\bar{\rho}$ , соответственно.

В табл.1 для сравнения даются так же соответствующие значения ( $P_0$  и  $\bar{\rho}$ ) для Солнца.

Пульсация сверхгигантов интересна не только для теории неустойчивости звезд, а так же для лучшего понимания эволюции массивных звезд.

Лучшее понимание механизма пульсации требует новой серии фотометрических и спектральных измерений высокой точности.

### 3. Обсуждение

Из табл.1 видно, что определенные нами значения  $Q$  для сверхгигантов лежат в интервале  $0,033 \leq Q \leq 0,40$ , а значения  $Q_1$  колеблются в интервале  $0,01 \leq Q_1 \leq 0,33$ . Для гипергигантов  $\rho$  Cas,  $\beta$  Ori, S Dor, HD 33579, 6 Cas  $Q=0,184; 0,081; 0,084; 0,114; 0,051$  а  $Q_1=0,043; 0,068; 0,071; 0,096$  и  $0,155$ , соответственно.

Сравнение наших данных  $Q$  со значениями, полученными в [20,21] для 12 сверхгигантов, несколько отличаются. По-видимому это связано с использованными при вычислениях параметрами звездных атмосфер.

Из табл.1 видно, что для сверхгигантов, имеющих радиус в пределах  $(10 \div 100) R_{\odot}$   $P_s$  получается в пределах  $0,^{d}11 \div 13,^{d}2$ . А для сверхгигантов с радиусом  $R > 100 R_{\odot}$ ,  $P_s$  получается еще больше.

По нашим вычислениям самые низкие значения квазипериода  $P_s$   $0,^{d}11; 0,^{d}52; 0,^{d}69$  и  $0,^{d}72$ , для звезд  $\eta$  Ser,  $\gamma$  Cas,  $\eta$  Sgr и  $\xi$  Pup, соответственно. Для 10 сверхгигантов спектрального класса O4÷A0  $P_s$  оказалось в пределе  $1,^{d}14 \div 13,^{d}3$ . Только для HD 21291  $P_s=24^d$  и для  $\alpha$  Cyg  $P_s=30^d$ .

Надо отметить, что среди сверхгигантов лучше всего изучен спектр переменной звезды  $\alpha$  Cyg. В [20] пришли к выводу, что блеск этой звезды изменяется с периодом 11,7 дней. В дальнейшем проанализированы новые наблюдаемые данные и выявлено 16 периодов в интервале от 6,9 до 100,8 суток.

Особый интерес представляют гипергиганты  $\rho$  Cas ( $R=600 R_{\odot}$ ), V1500 Cyg 1975 ( $R=360 R_{\odot}$ ), S Dor ( $R=360 R_{\odot}$ ), HD 33579 ( $R=295 R_{\odot}$ ). Для них периоды оказались  $458^d; 685,^{d}5; 69,^{d}2; 98^d$ , соответственно.

Гипергиганты отличаются от горячих массивных сверхгигантов-типа переменных  $\alpha$  Cyg еще тем, что в их атмосферах происходят эпизодические вы-

бросы вещества. В результате в их кривой блеска наблюдается вторые случайные, эпизодические слабые пики, которые усложняют определения квазипериодов. Их периоды изменяются от одного месяца до 1-3 года [21].

На основе табл.1 для сверхгигантов были построены зависимости  $P_S$  от  $\sim R/R_\odot$  и  $P_S$  от  $\sim M/M_\odot$  (рис 1.а,б). Из табл.1 и рис 1.а видно, что с увеличением размеров звезды увеличивается вычисленные квазипериоды  $P_S$ . Рис 1.а еще раз свидетельствует о том, что значения квазипериодов звезд в основном зависят от размеров звезд, что чем больше радиус звезд, тем больше квазипериоды.

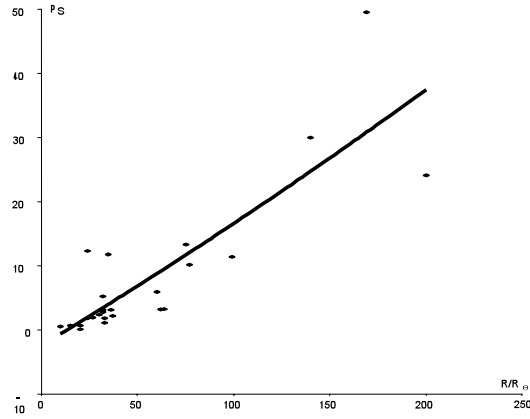


Рис 1.а. Зависимость  $P_S$  от  $R/R_\odot$

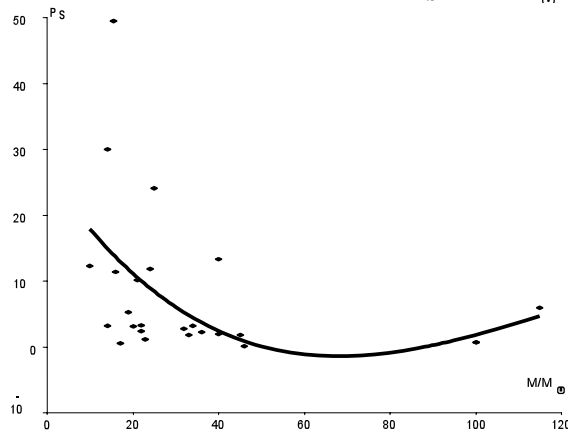


Рис 1.б. Зависимость  $P_S$  от  $M/M_\odot$

Необходимо подчеркнуть, что такие протяженные атмосферы с толщиной около  $10^8$  км или звезды с радиусом  $R=600 R_\odot$  практически не могут пульсировать как целое в основной моде. Время распространения возмущения на такое расстояние столь велико, что различные части атмосфер таких звезд будут пульсировать некогерентно, т.е. не зависимо друг от друга.

Из рис 1.б и табл.1 видно, что с увеличением массы звезды  $P_S$  уменьшается. При  $M=100 M_\odot$  для звезды HD 6681  $\xi$  Pup и HD 164794  $\eta$  Sgr квазипериоды  $P_S$  получаются  $0,^d72$  и  $0,^d69$ , соответственно. Эти данные еще раз свидетельствуют о том, что звезды сверхгиганты ранних спектральных классов с массами

превышающими  $90 M_{\odot}$  колебательно неустойчивы. Кроме того из рис 1.б видно, что сверхгиганты с массами  $M < 50 M_{\odot}$  наиболее колебательно устойчивые.

На основе табл.1 рис.2 была построена зависимость  $\bar{\rho}$  от  $\sim T_{\text{eff}}$  для сверх-и гипергигантов, как видно с уменьшением эффективной температуры  $\bar{\rho}$  уменьшается.

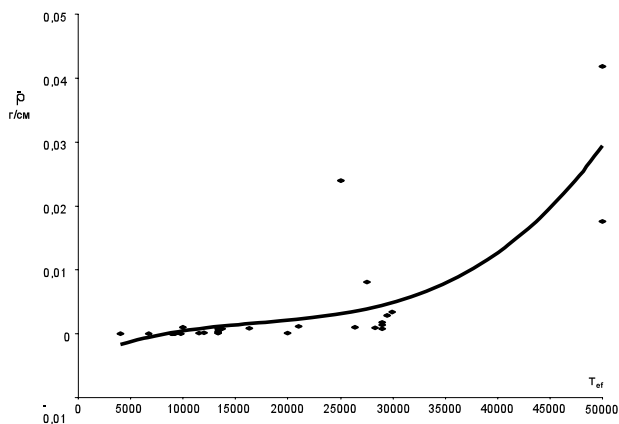


Рис 2. Зависимость  $\bar{\rho}$  от  $T_{\text{eff}}$

Как видно, зависимости  $P_S$  от  $\sim R/R_{\odot}$  и  $\bar{\rho}$  от  $\sim T_{\text{eff}}$  имеют одинаковый ход изменения. Это дает нам основание предполагать, что звезды, относящиеся к ранним спектральным классам, имеют меньшие периоды переменности, а звезды, относящиеся к поздним спектральным классам, имеют большие периоды переменности.

Из табл.1 видно, что значения фундаментального периода  $P_0$  для выбранных звезд изменяются в пределах от  $4^{\text{d}},86$  до  $1852^{\text{d}}$ . Для звезд, имеющих среднюю плотность от  $1,76 \cdot 10^{-2} \text{ г/см}^3$  до  $6,49 \cdot 10^{-5} \text{ г/см}^3$ ,  $P_0$  получается в пределах  $4^{\text{d}},86 \div 21^{\text{d}},87$ . Звезды, имеющие среднюю плотность от  $1,37 \cdot 10^{-6} \text{ г/см}^3$  до  $3,02 \cdot 10^{-7} \text{ г/см}^3$ , имеют  $P_0$  в пределах  $500^{\text{d}} \div 1850^{\text{d}}$ .

Здесь особенно надо выделить гипергигантов V1500Cyg1975 ( $673^{\text{d}},17$ ); S Dor ( $1333^{\text{d}},06$ ),  $\rho$  Cas ( $1852^{\text{d}},82$ ) и  $\delta$  Cas ( $1286^{\text{d}},00$ ) с высокими значениями  $P_0$ . Сравнения значения  $P_0$  и  $P_S$  выбранных нами звезд еще раз дают нам основание сказать, что звезды, относящиеся к ранним спектральным классам, имеющие высокие температуру и среднюю плотность с меньшими размерами атмосферы, имеют меньшие  $P_0$  и  $P_S$ .

1. Для сверхгигантов имеющих радиус в пределах  $(10 \div 100) R_{\odot}$   $P_S$  получается в пределах  $0^{\text{d}},11 \div 13^{\text{d}},2$ . При  $R=100 R_{\odot}$  периоды увеличиваются.

2. Для гипергигантов имеющих радиусы  $(600 \div 295) R_{\odot}$   $P_S$  получается в пределах  $685^{\text{d}},5 \div 98^{\text{d}}$ .

3. Значения фундаментальных периодов  $P_0$  для выбранных звезд получается в пределах  $4^d,86 \div 1852^d$ .

Все вышесказанное дает нам основание предполагать, что звезды, относящиеся к ранним спектральным классам, имеют меньшие периоды переменности (звезды высокой температурой, малых размеров и большим значением средней плотности атмосферы).

Звезды, относящиеся к поздним спектральным классам, имеют большие периоды переменности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Helmut A.Abt. The variability of supergiants // *Astrophys.J.*, 1957, №126, p.138-151.
2. Underhill A.B. The Early Type Stars // D. Redial Pub.Co., Dordrecht, Holland,1966, p.78-95.
3. Maeder A., F.Rufner. Variable Stars of Small Amplitude I. Supergiants and OB stars // *Astron. and Astrophys.*, 1972, №20, p.437-443.
4. Burki G., Maeder A., Rufner F. Variable Stars of Small Amplitude III. Semi-period of Variation for Seven B2 to G0 Supergiant Stars // *Astron. and Astrophys.*, 1978, №65, p.363-367.
5. Burki G. The Semi-period-Luminosity-Colour Relation for Supergiant Stars // *Astron. and Astrophys.*, 1978, №65, p.357-362.
6. Maeder A. Supergiant Variability: Amplitudes and Pulsation Constants in Relation with Mass Loss and Convection // *Astron. and Astrophys.*, 1980, №90, p.311-317.
7. Chentsov E.L., Snezhko L.I. On differential shift on lines in the spectrum of supergiants Ori in Colloquium on Supergiant Stars // Ed.M.Hack, Observatorio Astr. Trieste, 1971, p.51-57.
8. Ченцов Е.Л. Спектроскопические проявления нестационарности ранних сверхгигантов // *Сообщ. САО АН СССР*, 1978, в. 21, с.1-78.
9. Lucy L.B. An analysis of the variable radial velocity of Alpha Cygni // *Ap.J.*, 1976, 206, №2, p. 499-508.
10. Praderi F., Talavera A., Lamers H.J. Resonance line profiles in A type supergiants from IUE and Copernicus spectra // *Astron. Astrophys.*, 1980, 86, №3, p. 271-282.
11. Ченцов Е.Л. Новое свидетельство расширения атмосферы сверхгиганта  $\beta$  Ориона B8Ia // *Изв. САО. АН СССР*, 1976, №8, с. 128-131.
12. Соколов В.В., Ченцов. Е.Л. Атмосфера сверхгиганта  $\delta$  Cas // *Изв. САО. АН СССР*, 1983, №18, с.8-22.
13. Auldin C. Atmospheres of A-type supergiants // *Astr. Astrophys.*, 1972, 19, №3, p.369-380.
14. Зверева Е.Б. и др. О систематических движениях в атмосферах белых сверхгигантов HD 21291, HD 21389 // *Изв. САО. АН СССР*, 1984, №3, с. 18-20.
15. Рзаев А. Х. и др. О систематических движениях в атмосферах звезд HD 21291, HD 21389 // *Кинем. Физика небесных тел.* 1989, т.5, №1, с. 75.
16. Рзаев А. Х. и др. Спектральные исследования квазипериодических движений типа пульсации в атмосферах ранних сверхгигантов; I HD 21389. Изменение лучевых скоростей со временем // *Изв. САО. АН СССР*, 1991, №34, с.15-26.
17. Зейналов С.К. Наблюдательные доказательства подтверждающие неустойчивость атмосфер звезд высокой светимости // *ŞAR-ın Sirkulyarı*, 2005, №110, s.62-69.
18. Зейналов С.К., Самедов З.А., Мамедова Г.Я., Ахмедова Н.Я. Новые наблюдательные данные об исследованиях атмосферы HD 21291 (B9Ia), HD 21389 (A0Ia) // *ŞAR-ın Sirkulyarı*, 2004, №108, s.19-22.

19. Зейналов С.К. Изучение атмосфер сверхгигантов. II Количественный анализ  $\zeta$  Leo (A0),  $\gamma$  Cyg (F8), и  $\epsilon$  Peg (K2). Изв. Кр.АО, 1970, №43, с.298-341.
20. К.де.Ягер. Звезды наибольшей светимости. М.: Мир, 1984, с. 1-403.
21. A.M.van Genderen et. all. Light variations of massive stars ( $\alpha$  Cygni variables) // Astron.and Astrophys, 1992, №264, p.88-104.
22. Sterken C. Variability van Extreme. Galactic B-en A- Superreuzen. Thesis, Vrije University, Brussels, 1976, p.305-317.
23. Morel T., et.all. Mon. Not. R.Astron.Soc., 2004, №351, p.552-568.

## İFRATNƏHƏNG VƏ HİPERNƏHƏNGLƏRİN PULSASIYA PERİODLARININ TƏYİNİ

D.M.QULU-ZADƏ, S.Q.ZEYNALOV,  
Y.M.MƏHƏRRƏMOV, İ.M.MƏMMƏDOVA

### XÜLASƏ

Seçilmiş ifratnəhəng və hipernəhəng ulduzların kvazi ( $P_s$ ) və fundamental ( $P_0$ ) periodları təyin edilmişdir. Radiusu ( $10 \div 100$ )  $R_\odot$  ifratnəhənglər üçün  $0,11 \div 13,2$  günlük, radiusu  $R > 100 R_\odot$  olanlar üçün daha böyük kvazi period alınır. Radiusu  $R = (295 \div 600) R_\odot$  olan hipernəhənglər üçün  $P_s$  98 ilə 685 gün intervalında alınır. Seçilmiş ulduzlar üçün  $4,86 \div 1882,2$  günlük fundamental  $P_0$  period alınır. İsti spektral sinfə aid olan ulduzların dəyişmə periodu, soyuq ulduzlara nisbətən azdır.

## DETERMINATION OF PULSATION PERIODS OF SUPERGIANTS AND HYPERGIANTS

D.M.QULUZADEH, S.Q.ZEYNALOV,  
Y.M.MAHARRAMOV, I.M.MAMMADOVA

### SUMMARY

Quasi ( $P_s$ ) and fundamental ( $P_0$ ) pulsation periods of super and hypergiants have been determined.

$0,11 \div 13,2$  daily quasi period for the supergiants of  $(10 \div 100) R_\odot$  radius and more for the ones of  $R > 100 R_\odot$  radius are received. For the hypergiants of  $(295 \div 600) R_\odot$   $P_s$  radius the period is 98-685 days. Fundamental periods ( $P_0$ ) for the selected stars are in the bounds of  $4,86 \div 1882,8$  days.

The pulsation periods of hot supergiants are less than the ones of cooled stars.