

УДК 524.31

О некоторых соотношениях параметров L/L_{\odot} , T_e/T_{\odot} , M/M_{\odot} и R/R_{\odot} звезд различных типов

М.А. Баженов

Крымский государственный аграрно-технологический университет

Поступила в редакцию 15 августа 2002 г.

Аннотация. Рассмотрены различные зависимости между звездными параметрами масса, температура, светимость и радиус звезд различных типов. Полученные зависимости могут служить для экспрессной приближенной оценки неизвестных параметров и индикаторами звезд с неточностями в параметрах и снимает проблему звезд Трюмплера.

ABOUT SOME RELATIONS BETWEEN PARAMETERS L/L_{\odot} , T_e/T_{\odot} , M/M_{\odot} , AND R/R_{\odot} OF THE STARS OF THE VARIOUS TYPES, *by M.A. Bazhenov*. Different dependences between stellar mass, temperature, luminosity and radius are considered. These dependences can serve for fast approximately estimations unknown parameters and as an indicator of stars with discrepancies in parameters and removes the Trumpler's stars problem.

Ключевые слова: Зависимости между звездными параметрами

1 Введение

В начале XX столетия для нескольких сотен звёзд были определены расстояния, светимость и другие характеристики.

В 1911 г. из наблюдений Халм (Струве, 1954) установил, что между массой звезды и её светимостью имеется зависимость. В 1913 году эта зависимость использовалась Г. Расселом, а в 1918 г. Э. Герцшпрунгом. В 1914 г. Г. Рассел опубликовал диаграмму: спектральный класс – абсолютная звёздная величина. Диаграмма получила название – диаграмма Герцшпрунга–Рессела (ДГР). Статистические эмпирические сведения о зависимости масса – светимость побудили А. Эддингтона (Эддингтон, 1921) в 1921 г. обосновать эту связь теоретически.

В последующем широкое признание получила зависимость (диаграмма) “температура T – светимость L ” (ДГР), которая и сегодня является важнейшим источником информации об эволюции звезд. Пользовались также зависимостью масса – светимость $L/L_{\odot} = (M/M_{\odot})^{\alpha}$.

В сороковые-пятидесятые годы П.П. Паренаго и А.Г. Масевич проводили работы по накоплению банка данных по этой зависимости (Струве, 1954; Паренаго, Масевич, 1951). Позднее Д.Я. Мартынов (Мартынов, 1988) отмечает: “А. Эддингтон из теоретических соображений предсказал существование зависимости между массой и ее светимостью”. На отдельных участках эмпирические данные подтвердили наличие такой зависимости. Однако чем больше набиралось надежных данных, тем

чаще обнаруживалось отклонение от строгого и однозначного закона, как у отдельных звезд, так и у целых групп.

Л.Р. Юнгельсон (Юнгельсон, 1986) отмечает, что на практике часто используется зависимость масса–светимость звезд в форме

$$L \approx M^\alpha,$$

но показатель α сильно зависит от массы звезды: $\alpha = 4$ при $M \approx M_\odot$ и $\alpha \approx 2$ при $M \approx 10 \cdot M_\odot$. Поэтому соотношение масса–светимость звезд с фиксированным α можно использовать только в ограниченных интервалах масс.

В.П. Утробин (Утробин, 1997) считает, что на диаграмме “масса–светимость” можно выделить три участка с приблизительно постоянными значениями:

$$\begin{aligned} \alpha &\approx 3.3 \text{ при } 1.7 > \lg[M/M_\odot] > 0.6; \\ \alpha &\approx 4.2 \text{ при } 0.4 > \lg[M/M_\odot] > -0.2; \\ \alpha &\approx 3.3 \text{ при } -0.2 > \lg[M/M_\odot] > -1.1. \end{aligned}$$

В.В. Соболев (Соболев, 1985) разъясняет: “Эддингтон сопоставил свои теоретические выводы с наблюдательными данными о массах и светимости звезд и получил согласие между ними. Разумеется, это согласие нельзя считать подтверждением рассматриваемой теории, так как при ее построении был сделан ряд необоснованных предположений”.

Поиском теоретического обоснования зависимости звёздных параметров занимался С. Чандрасекар (Чандрасекар, 1950). Он считал важнейшей проблемой астрофизики отыскание теоретического соотношения между параметрами звезд в виде $f(L, M, R) = 0$.

В 1935 г. Р. Трюмплер (Трюмплер, 1950) установил, что семь очень массивных звезд имеют массу от 138 до 390 масс Солнца. П.П. Паренаго и А.Г. Масевич (Паренаго, Масевич, 1951) затруднились найти места этим звездам на диаграмме $L \approx M^\alpha$, а Бир и Чандрасекар (Бир, Чандрасекар, 1950) заключили, что проблема звезд Трюмплера не имеет решения.

Ниже рассматриваются зависимости между параметрами M/M_\odot , R/R_\odot , T_e/T_\odot , L/L_\odot звезд, которые могут быть полезны при рассмотрении недостаточно изученных объектов.

2 Построение зависимостей между звездными параметрами

В дальнейшем, с целью упрощения численных оценок характеристик звезд, все основные их параметры отнесены к соответствующим параметрам Солнца:

$$\frac{M}{M_\odot}, \frac{R}{R_\odot}, \frac{T_e}{T_\odot}, \frac{L}{L_\odot} \dots$$

Светимость $L = 4\pi\sigma R^2 T^4$ и комплекс M/RT_e (далее обозначаемый буквой B) принимает соответственно вид:

$$\frac{L}{L_\odot} = \left(\frac{R}{R_\odot}\right)^2 \left(\frac{T_e}{T_\odot}\right)^4, \quad (1)$$

$$B^0 = \frac{M/M_\odot}{R/R_\odot \cdot T_e/T_\odot}. \quad (2)$$

Итак, звезды можно характеризовать двумя безразмерными величинами L/L_\odot и B^0 .

Величина B^0 является функцией трех независимых переменных M/M_\odot , R/R_\odot , T/T_\odot ; светимость L/L_\odot – двух: R/R_\odot и T_e/T_\odot . Из их определений следует

$$B^0 = \frac{M/M_\odot \cdot T_e/T_\odot}{\sqrt{L/L_\odot}}. \quad (3)$$

Таблица 1. Параметры звезд

N	Объект	M/M _☉	R/R _☉	L/L _☉	T _e /T _☉	B°
1	КОКОН	8	40000	2000	0.034	0.006
2	глав. послед.	72	15.82	1.00E+06	7.95	0.57
	O7	30	8.74	1.60E+05	6.745	0.5
	O7	27	8.67	1.40E+05	6.57	0.74
	O9	24	8.4	1.00E+05	6.138	0.466
	BO	16	4.14	1.60E+04	5.53	0.7
	B3	8.3	5.8	2.50E+03	2.94	0.49
	B5	5.4	4.08	7.50E+02	2.52	0.51
	B8	3.5	2.44	130	2.16	0.66
	AO	2.6	3	63	1.625	0.532
	A2	2.2	2.6	40	1.556	0.542
	A5	1.9	2.18	24	1.5	0.58
	A5	2.1	1.736	19.95	1.585	0.47
	A7	1.8	1.7	11	1.4	0.76
	F0	1.6	1.83	9	1.28	0.68
	F2	1.5	1.66	6.3	1.23	0.735
	F5	1.35	1.6	4	1.11	0.75
	F8	1.2	2.5	1.43	1.05	0.8
	G0	1.08	1.16	1.45	1.02	0.92
	G2	1	1	1	1	1
	G5	0.95	0.89	0.7	0.97	1.097
	G8	0.85	0.79	0.44	0.916	1.152
	K0	0.83	0.77	0.36	0.882	1.22
	K2	0.78	0.769	0.28	0.835	1.23
	K5	0.68	0.743	0.18	0.755	1.21
	M0	0.47	0.68	0.075	0.635	1.09
	M2	0.33	0.5	0.03	0.588	1.122
	M3	0.26	0.363	0.014	0.57	1.256
	M4	0.2	0.229	0.005	0.55	1.56
3	массив. зв.	1000	125	100000000	8.94	0.9
4	η Car	115	70.7	3162280	5.014	0.324
5	O3V	120	19.2	2500000	9.08	0.7
6	ζ Pup	80	19.9	1580000	7.953	0.5
	Сверх гигант	25.12	31.6	63095.7	2.82	0.282
7	Сверх гигант	12.59	50.3	10000	1.41	0.177
	Сверх гигант	12.59	126	6309.6	0.794	0.126
	Сверх гигант	15.85	398.1	15849	0.562	0.071
8	W-R	20	1.23	501187	24	0.678
	W-R	12	1.057	100000	17.3	0.558
	Цефеиды	9.6	137.4	11481.5	0.883	0.079
9	Цефеиды	7.15	68.88	3981.1	0.957	0.108
	Цефеиды	6.21	57.96	1995.3	0.925	0.129
	δЩита	2	3.29	33.88	1.33	0.457
10	δЩита	1.7	1.9	12.59	1.368	0.655
	δЩита	1.6	2.59	15.85	1.24	0.5
	UVSet	0.29	0.36	0.0088	0.5	1.61
11	UVSet	0.15	0.21	0.0022	0.47	1.52
	UVSet	0.37	0.42	0.0062	0.43	2.06
	UVSet	0.42	0.46	0.01	0.47	1.96
12	Б. карлики	1	0.014	0.007	2.42	29.5
	Б. карлики	0.7	0.0117	0.00144	1.8	33.2

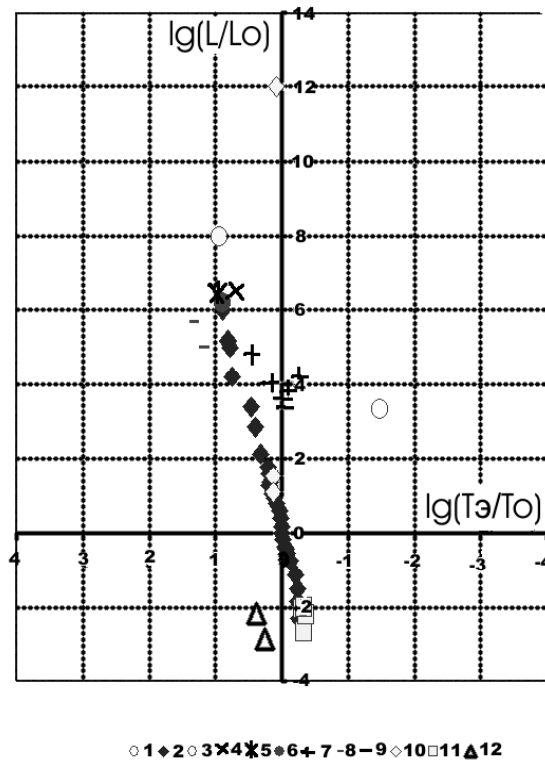


Рис. 1. Диаграмма 1. Номера легенды диаграммы соответствуют номерам таблицы 1

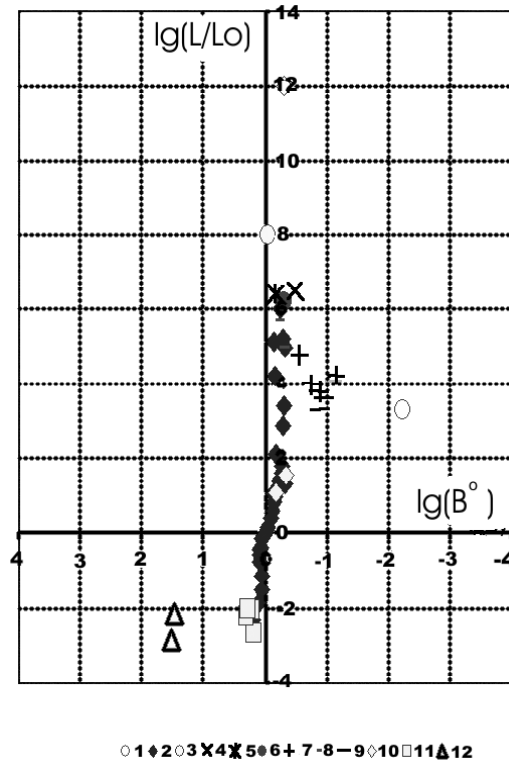


Рис. 2. Диаграмма 2, обозначения те же, что на рис. 1

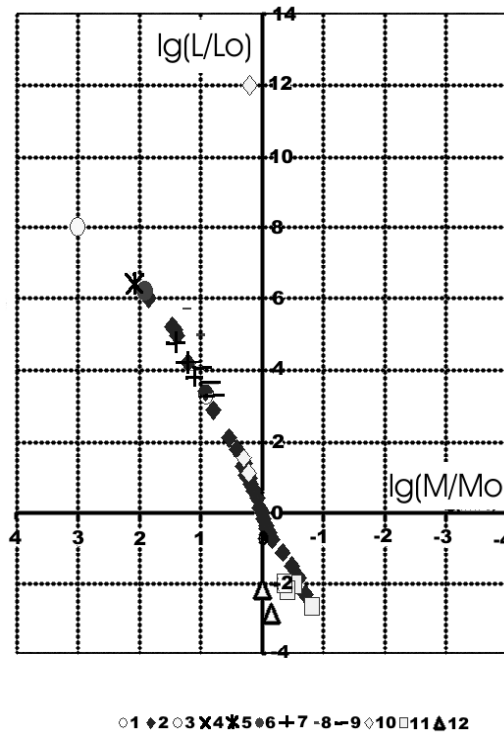


Рис. 3. Диаграмма 3, обозначения те же, что на рис. 1

По многочисленным теоретическим и наблюдательным работам, связанным с определением R , M , T_e , L различных типов звезд и выполненным за 1970 – 1998 гг., мы собрали данные о рассмотренных параметрах изученных звезд и представили их в таблице 1. По этим данным были построены диаграммы 1 – 3, на которых в логарифмическом масштабе представлены зависимости L/L_{\odot} от T_e/T_{\odot} , V , M/M_{\odot} . Рассмотрение полученных диаграмм показывает, что звезды каждого из рассмотренных типов занимают определенные ограниченные области. Правда, из более чем 1000 рассмотренных нами объектов нашлось 20 звезд, которые заметно отклоняются от таких ограниченных областей. Но при тщательной проверке каждый раз выяснялось (Баженов, 1997), что использованные нами параметры этих звезд по разным причинам содержали неточности. В некоторых случаях это были просто типографские погрешности. В частности, анализ параметров звезд Трюмплера показывал, что их численные значения параметров содержат ошибки.

3 Заключение

На основе многочисленных опубликованных исследований приводятся зависимости между основными параметрами звезд различных типов. Полученные зависимости соответствуют некоторой модификации диаграммы Герцшпрунга-Рессела. Построенные для этих зависимостей диаграммы позволяют быстро приближенно оценивать звездные параметры и выявлять звезды с явными неточностями в параметрах, каковыми оказались звезды Трюмплера с явно завышенными массами.

В заключение выражаю глубокую благодарность А.М. Черепашуку, Х.Ф. Халиуллину и В.М. Липунову за обсуждение работы на семинарах (Астрономический институт им. Штернберга), Р.Е. Гершбергу, С.И. Гопасюку и В.М. Можжерину (Крымская Астрофизическая обсерватория) за советы и замечания, Завалию А.А. (Крымский ГАУ) за содействие в оформлении рукописи.

Литература

- Баженов М.А. // *Astr. And Astph. Trans.* 1997. V. 17. P. 69.
- Масевич А.Г., Тутуков А.В. // *Эволюция звезд. Теория и практика.* М.: Наука. 1988. С. 167.
- Мартынов Д.Я. // *Курс общей астрофизики.* М.: 1988. С. 177.
- Паренаго П.П., Масевич А.Г. // *Труды ГАИШ, XX.* 1951.
- Соболев В.В. // *Курс теоретической астрофизики.* М.: Наука. 1985. С. 465.
- Струве О. // *Эволюция звезд.* М.: 1954. С. 27.
- Утробин В.П. // *Физическая энциклопедия.* М.: 1997. Т. 3. С. 52.
- Чандрасекар С. // *Введение в изучение о строении звёзд.* М.: 1950. С. 52.
- Эддингтон А.С. // *Z.Phys.* 1921. V. 7. P. 351.
- Юнгельсон В.П. // *Физика космоса.* М.: 1986. С. 210.