

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗВЕЗД ГЛАВНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

В. С. Лебедев, И. А. Лебедева

Приведены зависимости физических параметров (температура, светимость, масса, ускорение силы тяжести, радиус и болометрическая поправка) от спектрального класса для звезд главной последовательности (ГП) и их функции светимости, полученные из анализа многочисленных литературных источников. Получено, что вклад звезд ГП в плотность материи в окрестности Солнца составляет $0.055m_{\odot}/\text{пк}^3$. Найдено, что распределение звезд ГП по массам является солпитеровским в диапазоне масс от 0.8 до $70m_{\odot}$, а распределение звезд по угловым моментам имеет излом в районе масс $\sim 2m_{\odot}$.

The relations of physical parameters (temperature, luminosity, mass, gravitation, radius, and bolometric correction) and the spectral class for stars of the Main Sequence and their luminosity functions, determined from the analyses of literature data, are reported. It is ascertained that the contribution of stars of the Main Sequence into the matter density in the vicinity of the Sun is $0.055m_{\odot}/\text{pc}^3$. It is found out that distribution of the Main Sequence stars according to their masses is Salpeter' in the mass range from 0.8 up to $70m_{\odot}$, and the star distribution according to their angular moments has a break in the mass range of $\sim 2m_{\odot}$.

За два последних десятилетия возросли объем и качество наблюдательных данных. Связано это с использованием внеатмосферных наблюдений, вводом в строй большого числа наземных инструментов, сбором и систематизацией данных в национальных и международных центрах. В ближайшие годы ожидается еще один качественный скачок, связанный с планируемым запуском космического телескопа [1] и реализацией проекта «Гишпархос» [2]. Представляется целесообразным рассмотреть совокупность наших знаний о фундаментальных физических параметрах звезд, т. е. о параметрах, характеризующих звезду как целое (температура, светимость, масса, радиус, ускорение силы тяжести).

подавляющее большинство звезд составляют звезды главной последовательности (ГП), поэтому знание их характеристик важно в первую очередь. Аналитическое выражение для доли звезд, принадлежащих к ГП, приведено в [3] в форме

$$f = \begin{cases} 0.44 \exp(1.5_{10} - 4(M_v + 8.0)^{3.5}), & M_v < 3.7; \\ 1.0, & M_v \geq 3.7. \end{cases}$$

Это соотношение мы в дальнейшем использовали в тех случаях, когда требовалось перейти от функций распределения звезд по какому-либо параметру, найденных для всех звезд, к функциям распределения для звезд только ГП.

Целью работы является получение взаимосогласованных физических параметров звезд ГП для всего диапазона спектральных классов и с использованием всех доступных данных, полученных различными методами в многочисленных исследованиях за последние десятилетия. Знание физических параметров звезд в однородной системе и в широком диапазоне спектральных классов важно и для уточнения статистических соотношений между физическими параметрами, и для нахождения функций распределения звезд по одним из этих параметров (масса, радиус, угловой момент и др.) из функций распределения звезд по другим параметрам, например светимости, и для исследования моделей строения и эволюции Галактики.

В литературе имеется огромное количество шкал физических параметров, т. е. их зависимостей от спектрального класса. Как правило, шкалы эти раз-

личаются и нет тенденции к их сходимости со временем. По литературным данным с 1960 г. нами были собраны сведения о шкалах основных физических параметров звезд ГП: температуры T_e , абсолютной звездной величины M_v , болометрической поправки ВС и массы m . Сведения об использованных литературных источниках приведены в табл. 1—4. Наблюдаемое излучение звезды зависит не только от ее массы или спектрального класса, но и от большого числа других факторов: скорости вращения, химического состава и его распределения по звездным недрам, магнитного поля и плазменных явлений, с ним связанных, звездного и газо-пылевого окружения исследуемой звезды. Разнообразие значений этих факторов приводит к разбросу в значениях физических параметров звезд одного и того же спектрального класса. Дополнительный разброс возникает из-за ошибок, с которыми всегда получаются наблюдаемые величины. Некоторые погрешности добавляются на этапе перехода от наблюдаемых величин к искомому физическим параметрам. Используемые в нашей работе шкалы физических величин являются разнородными и по методике их получения, и по объектам, на основе изучения которых эти шкалы получены. Это приводит к неопределенностям и погрешностям в рекомендуемых значениях физических параметров. Последовательный анализ этих погрешностей (случайных и систематических) трудоемок, а часто и невозможен, особенно в тех случаях, когда в работах отсутствуют необходимые для такого анализа данные.

Последующий анализ собранных данных включал в себя отбраковку резко выделяющихся значений, нахождение средних значений параметров для спектральных подклассов и регуляризацию — сглаживание поведения этих параметров вдоль спектрального класса. Отбраковка производилась с использованием процедуры винзорирования [127], т. е. выбрасывания определенного процента (10 %) экстремальных значений для данных, относящихся к одному спектральному подклассу. По оставшимся данным находились средние значения и их среднеквадратические отклонения (σ). Среди используемых нами шкал физических параметров имеются как полученные с помощью различных методик по выборкам звезд, так и сводные шкалы, построенные с учетом ранее предложенных шкал. Мы не приписывали используемым шкалам дополнительных весов при усреднении и регуляризации, кроме веса, равного нулю, для тех значений, которые подверглись отбраковке в процедуре винзорирования. Но, принимая во внимание то, что многие авторы в своей работе обычно учитывают результаты предшествующих работ, у нас есть основания считать, что самые надежные и достоверные результаты автоматически войдут с большим весом. Большое число и разнообразие используемых источников позволяет нам быть уверенным в статистической устойчивости результатов, полученных по всей совокупности этих данных. Эта уверенность подкрепляется результатами статистических испытаний: из всего разнообразия источников было многократно выбрано случайным образом некоторое их число (примерно по половине из имеющегося их общего числа для каждого из физических параметров) и на этих данных производилась основная процедура регуляризации. При этом оказалось, что результаты значимо не отличаются от таковых, полученных по полной выборке данных.

Болометрические абсолютные звездные величины, радиусы и ускорения силы тяжести находились по стандартным соотношениям:

$$M_{bol} = M_v + BC; \quad (1)$$

$$\lg R = 8.472 - 2 \lg T_e - 0.2 M_{bol}; \quad (2)$$

$$\lg g_m = 4.438 + \lg m - 2 \lg R. \quad (3)$$

Из-за того что значения основных параметров включают в себя некоторые ошибки, значения дополнительных параметров получаются с ошибками, причем ошибки эти возрастают при переходе от M_{bol} к $\lg g_m$:

$$\sigma_{M_{bol}}^2 \approx \sigma_{M_v}^2 + \sigma_{BC}^2;$$

$$\sigma_{\lg R}^2 \approx 4\sigma_{\lg T_e}^2 + 0.04\sigma_{M_{bol}}^2;$$

$$\sigma_{\lg g}^2 \approx \sigma_{\lg m}^2 + 4\sigma_{\lg R}^2,$$

где

$$\sigma_{\lg T_e}^2 \approx \sigma_{T_e}^2 / T_e^2; \quad \sigma_{\lg m}^2 \approx \sigma_m^2 / m^2.$$

ТАБЛИЦА 1
Используемые источники шкалы T_0

№ п/п	Авторы, год, ссылка	СК	№ п/п	Авторы, год, ссылка	СК
1	Кинан, 1963 [4]	B0-M3	38	Хейес, 1978 [41]	O5-M8
2	Харрис, 1963 [5]	O9-K7	39	Страйжис, 1978 [42]	O7-M8
3	Копылов, 1964 [6]	O5-M5	40	Хок, 1979 [43]	O5-M8
4	Джонсон, 1966 [7]	B0-M8	41	Потташ и др., 1979 [44]	O3-B8
5	Мак-Намара, 1966 [8]	B0-G2	42	Андерхилл и др., 1979 [45]	O4-A0
6	Михалас, 1966 [9]	B8-F2	43	Андерхилл и др., 1979 [46]	O4-B0
7	Оук, Конти, 1966 [10]	A0-K3	44	Аделман и др., 1980 [47]	B0-F0
8	Браун и др., 1967 [11]	B2-G1	45	Блеквелл и др., 1980 [48]	B0-G5
9	Хейминг, 1968 [12]	O4-B0	46	Ламерс и др., 1980 [49]	O3-O9
10	Мортон, Адамс, 1968 [13]	O5-G2	47	Лоор, 1980 [50]	O3-O9
11	Стром, Петерсон, 1968 [14]	B2-B9	48	Моросси, Кривеллари, 1980 [51]	O7-O9
12	Вольф и др., 1968 [15]	B3-A5			
13	Хейнце, 1969 [16]	B0-A8	49	Поппер, 1980 [52]	O7-M8
14	Хайланд, 1969 [17]	B0-A0	50	Синнерстад, 1980 [53]	B1-B7
15	Мацусима, 1969 [18]	B8-F2	51	Андерхилл, 1980 [54]	O7-A0
16	Мортон, 1969 [19]	O5-B0	52	Барбе, 1981 [55]	O8-A7
17	Шлезингер, 1969 [20]	O7-M6	53	Бем-Витензе, 1981 [56]	O4-M6
18	Вардиа, 1970 [21]	M0-M8	54	Хабетц, Хейнце, 1981 [57]	O6-M8
19	Белл, 1971 [22]	A7-G2	55	Иванова, Лууд, 1981 [58]	O3-O9
20	Кубик, 1971 [23]	B0-M2	56	Страйжис, Курилейне, 1981 [59]	O5-M5
21	Шилд и др., 1971 [24]	B0-A7			
22	Волянская, 1972 [25]	O9-G5	57	Бем-Витензе, 1982 [60]	B9-F6
23	Шмидт, 1972 [26]	F0-G8	58	Диван, Жорес, 1982 [61]	B0-B9
24	Конти, 1973 [27]	O4-B0	59	Контгизас, Теодоссион, 1982 [62]	B0-A2
25	Осборн, 1973 [28]	F5-K5			
26	Панагиа, 1973 [29]	O4-B3	60	Малагини и др., 1982 [63]	A1-F6
27	Круз-Гонсалес и др., 1974 [30]	O3-B0	61	Реми, Ламерс, 1982 [64]	B0-B2
28	Пейтреманн, Дэвис, 1974 [31]	O9-A4	62	Андерхилл, 1982 [65]	O3-O5
29	Код, 1975 [32]	O7-A0	63	Малагини и др., 1983 [66]	B5-A0
30	Конти, 1975 [33]	O3-B0	64	Крамер, 1984 [67]	O7-A2
31	Филип, 1975 [34]	A0-F2	65	Глушнева, 1985 [68]	B2-G0
32	Код и др., 1976 [35]	O9-G2	66	Глушнева, 1985 [69]	B2-G0
33	Бикманс, 1977 [36]	B0-G2	67	Моросси, Малагини, 1985 [70]	O9-G8
34	Фловер, 1977 [37]	O8-F4	68	Теодоссион, 1985 [71]	O8-F0
35	Палмер, 1977 [38]	B5-G2	69	Сакснер, Хаммарвак, 1985 [72]	F0-G0
36	Аделман, 1978 [39]	B0-F2	70	Мун, Дворетски, 1985 [73]	B2-G0
37	Базер, Куруч, 1978 [40]	O6-G3			

ТАБЛИЦА 2
Используемые источники шкалы M_v

№ п/п	Авторы, год, ссылка	СК	№ п/п	Авторы, год, ссылка	СК
1	Блау, 1963 [74]	O6-M4	21	Круз-Гонсалес и др., 1974 [30]	O3-B0
2	Кинан, 1963 [4]	O9-M6			
3	Ангрен, 1963 [75]	A0-K5	22	Конти, 1975 [33]	O3-B0
4	Копылов, 1964 [6]	O5-M5	23	Дворак, 1975 [88]	O5-G9
5	Эгген, 1965 [76]	B6-M8	24	Ангрен, 1975 [89]	G5-M1
6	Мак-Намара, 1966 [8]	B0-B9	25	Дойчман и др., 1976 [90]	O1-K7
7	Леш, 1968 [77]	O5-B7	26	Эгрет, 1978 [91]	B2-A0
8	Мортон, Адамс, 1968 [13]	B0-G2	27	Глизе, 1978 [92]	A0-M6
9	Глизе, 1969 [78]	B8-M8	28	Кинан, 1978 [93]	G0-M7
10	Юнг, 1970 [79]	O5-G8	29	Миками, 1978 [94]	M1-M4
11	Попович, Ангелов, 1970 [80]	A2-M6	30	Миками, 1978 [95]	F1-K4
12	Конти, Алшулер, 1971 [81]	O4-B0	31	Лейси, 1979 [96]	B0-M0
13	Юнг, 1971 [82]	A0-G3	32	Леш, 1979 [97]	O3-B5
14	Вулли и др., 1971 [83]	A0-M5	33	Синнерстад, 1980 [53]	B1-B6
15	Волянская, 1972 [25]	O9-G5	34	Бархатова, Локтин, 1981 [98]	O5-B5
16	Валборн, 1972 [84]	O3-B2			
17	Леш, Айзенман, 1973 [85]	B0-B3	35	Хабетц, Хейнце, 1981 [57]	O9-M5
18	Панагиа, 1973 [19]	O4-B3	36	Шаллис, 1981 [99]	A0-G0
19	Валборн, 1973 [86]	O3-B0	37	Страйжис, Курилейне, 1981 [59]	O5-M5
20	Балона, Кремптон, 1974 [87]	O5-B9			

№ п/п	Авторы, год, ссылка	СК	№ п/п	Авторы, год, ссылка	СК
38	Джой, 1981 [100]	O3-A0	43	Тин и др., 1984 [105]	K5-M8
39	Валборн, 1982 [101]	O3	44	Вейс, 1984 [106]	G0-M9
40	Смечелс, 1983 [102]	K7-M7	45	Гренье и др., 1985 [107]	B5-F5
41	Миками, Хек, 1982 [103]	F0-K6	46	Милвад, Валкер, 1985 [108]	O5-A2
42	Балона, Шоббрук, 1984 [104]	O5-A2	47	Шул, Стинберг, 1985 [109]	O3-B5
			48	Мун, 1985 [110]	B0-K7

ТАБЛИЦА 3

Используемые источники шкалы ВС

№ п/п	Авторы, год, ссылка	СК
1	Харрис, 1963 [5]	O9-K7
2	Копылов, 1964 [6]	O5-M5
3	Кестер, 1965 [111]	M0-M8
4	Джонсон, 1966 [7]	B0-M8
5	Оук, Конти, 1966 [10]	A2-G3
6	Мортон, Адамс, 1968 [13]	O5-G2
7	Мортон, 1969 [19]	O5-B0
8	Шлезингер, 1969 [20]	O7-M6
9	Вардиа, 1970 [21]	M0-M8
10	Комаров, Носова, 1971 [112]	O5-M5
11	Кубик, 1971 [23]	F5-K7
12	Круз-Гонсалес и др., 1974 [30]	O3-B0
13	Код, 1975 [32]	O7-A0
14	Код и др., 1976 [35]	O9-G2
15	Бикманс, 1977 [36]	B0-G2
16	Фловер, 1977 [37]	O8-F4
17	Базер, Куруч, 1978 [40]	O6-G3
18	Хейес, 1978 [41]	O5-M8
19	Хок, 1979 [43]	O5-M8
20	Ламерс и др., 1980 [49]	O3-O9
21	Поппер, 1980 [52]	O7-M8
22	Хабетц, Хейнце, 1981 [57]	O9-M5
23	Иванова, Лууд, 1981 [58]	O3-O9
24	Страйжис, Курилейне, 1981 [59]	O5-M6
25	Ланц, 1984 [113]	B2-A1

ТАБЛИЦА 4

Используемые источники шкалы масс

№ п/п	Авторы, год, ссылка	СК
1	Копылов, 1964 [6]	O5-M5
2	Кестер, 1965 [111]	B3-M6
3	Кестер, 1965 [114]	O9-K0
4	Эгген, 1965 [76]	F0-M8
5	Мак-Намара, 1966 [8]	B0-B9
6	Кестер, 1967 [115]	B0-K5
7	Плавец, 1970 [116]	O5-G0
8	Попович, Ангелов, 1970 [80]	A2-M6
9	Дзервитис, 1973 [117]	O7-M6
10	Хейнце, 1973 [118]	O7-M6
11	Бого, 1974 [119]	O5-M8
12	Коллинз, 1974 [120]	O9-F8
13	Конти, 1975 [33]	O3-B0
14	Дворак, 1975 [88]	O5-M5
15	Тримбл, 1974 [121]	O5-M5
16	Хатчингс, 1975 [122]	O5-A0
17	Лейси, 1979 [96]	B0-M0
18	Кестер и др., 1980 [123]	B0-M1
19	Поппер, 1980 [52]	O7-M5
20	Хабетц, Хейнце, 1981 [57]	O6-M8
21	Страйжис, Курилейне, 1981 [59]	O5-M5
22	Диван, Жорес, 1982 [61]	B0-B9
23	Дворак, 1983 [124]	O5-M5
24	Дворак, 1983 [125]	O5-M1
25	Свечников, Тайдакова, 1983 [126]	O7-M7

Это приводит к значительным неопределенностям функций $M_{bol}(СК)$, $\lg R(СК)$, $\lg g(СК)$. Поэтому в качестве дополнительных условий естественно потребовать гладкости их и их производных на всем интервале СК. Гладкость эта формулировалась в терминах методов регуляризации [128]. Искалось поведение всех физических параметров из условия минимума функционала:

$$S = \sum_{i=1}^7 (S_i^{(1)} + \alpha S_i^{(2)});$$

$$S_i^{(1)} = \sum (y_{ep} - y_{иск})^2;$$

$$S_i^{(2)} = \sum (dy_{иск}/dx)^2,$$

где y — какой-либо из физических параметров; x — аргумент (СК); y_{ep} — найденное на предыдущем этапе среднее значение; $y_{иск}$ — искомое значение из условия $\min S$. Меняя значение параметра регуляризации α , можно изменять соотношения между требованием близости регуляризованных значений к средним значениям и требованием гладкости их поведения со спектральным классом. Все вычисления проводились на ЭВМ ЕС-1035. При этом использовались процедуры минимизации и численного дифференцирования из пакета научных подпрограмм на языке PL/1. Найденные таким образом значения физических параметров приведены в табл. 5. Поведение этих параметров было проэкстра-

Физические параметры звезд

СР	T_0	M_p	BC	M_{bol}	R	m	$lg g_m$
00	64250 ± 3500	6.85 ± 0.80	-5.67 ± 0.30	-12.52	22.9	143 ± 20	3.872
1	60300	6.60	-5.37	-11.97	20.2	114	3.885
2	55450	6.34	-5.03	-11.37	18.1	94.7	3.898
3	52000	6.10	-4.75	-10.85	16.2	78.0	3.910
4	47400	5.84	-4.40	-10.24	14.7	66.0	3.923
5	45100	5.58	-4.10	-9.68	12.6	49.9	3.936
6	41800	5.34	-3.76	-9.10	11.2	40.8	3.949
7	39200	5.06	-3.51	-8.57	10.0	33.3	3.961
8	36900	4.70	-3.34	-8.04	8.81	26.7	3.974
9	33300	4.22	-3.10	-7.32	7.76	21.3	3.987
B0	29800	3.70	-2.86	-6.56	6.85	17.1	4.000
1	27350	3.31	-2.59	-5.90	6.00	13.5	4.012
2	24750	2.95	-2.30	-5.25	5.43	11.4	4.025
3	21550	2.28	-2.12	-4.40	4.84	9.33	4.038
4	18300	1.77	-1.63	-3.40	4.27	7.46	4.051
5	14250	1.45	-1.30	-2.45	3.87	6.31	4.063
6	13300	1.11	-1.15	-1.85	3.42	5.08	4.076
7	11250	0.70	-0.96	-1.25	2.99	4.01	4.089
8	10300	0.29	-0.66	-0.25	2.63	3.19	4.102
9	9790	0.75	-0.45	0.30	2.43	2.79	4.114
A0	9460	1.41	-0.24	0.65	2.29	2.56	4.127
1	9080	1.35	-0.17	0.94	2.15	2.32	4.140
2	8820	1.53	-0.12	1.23	2.04	2.16	4.153
3	8550	1.77	-0.09	1.44	1.96	2.06	4.165
4	8360	1.93	-0.08	1.69	1.86	1.91	4.178
5	8160	2.09	-0.06	1.87	1.79	1.82	4.191
6	8030	2.28	-0.05	2.04	1.74	1.76	4.204
7	7760	2.46	-0.04	2.24	1.68	1.69	4.216
8	7540	2.64	-0.04	2.60	1.61	1.61	4.229
9	7450	2.77	-0.04	2.73	1.57	1.58	4.242
F0	7350	2.87	-0.03	2.84	1.52	1.52	4.255
1	7270	3.00	-0.03	2.97	1.49	1.49	4.267
2	7140	3.17	-0.03	3.14	1.43	1.42	4.280
3	7020	3.28	-0.02	3.26	1.38	1.36	4.293
4	6920	3.41	-0.02	3.39	1.34	1.32	4.306
5	6700	3.63	-0.02	3.60	1.30	1.28	4.318
6			-0.03		1.26	1.24	4.331

СР	T_0	M_p	BC	M_{bol}	R	m	$lg g_m$
7	6460	3.86	-0.04	3.82	1.22	1.20	4.344
8	6300	4.04	-0.05	3.99	1.19	1.17	4.357
9	6140	4.23	-0.06	4.17	1.15	1.14	4.370
G0	5950	4.44	-0.06	4.38	1.11	1.09	4.382
1	5850	4.58	-0.07	4.51	1.09	1.07	4.395
2	5760	4.71	-0.08	4.63	1.06	1.05	4.408
3	5690	4.83	-0.09	4.74	1.03	1.03	4.421
4	5640	4.98	-0.10	4.88	0.984	0.957	4.433
5	5480	5.17	-0.11	5.06	0.962	0.942	4.446
6	5410	5.30	-0.12	5.18	0.933	0.908	4.459
7	5360	5.41	-0.13	5.28	0.908	0.891	4.472
8	5280	5.56	-0.15	5.41	0.879	0.859	4.484
9	5190	5.73	-0.17	5.56	0.851	0.830	4.497
K0	5070	5.91	-0.19	5.72	0.828	0.809	4.510
1	4980	6.12	-0.25	5.87	0.800	0.778	4.523
2	4860	6.35	-0.30	6.05	0.773	0.746	4.535
3	4700	6.66	-0.41	6.25	0.753	0.731	4.548
4	4670	6.90	-0.56	6.34	0.733	0.713	4.561
5	4510	7.25	-0.68	6.57	0.708	0.685	4.574
6	4420	7.55	-0.83	6.72	0.689	0.667	4.586
7	4260	7.90	-0.96	6.94	0.670	0.650	4.599
8	4120	8.15	-1.00	7.15	0.652	0.634	4.612
9	3880	8.54	-1.17	7.37	0.627	0.604	4.625
M0	3870	8.85	-1.27	7.58	0.603	0.574	4.637
1	3640	9.37	-1.45	7.92	0.582	0.552	4.650
2	3560	9.90	-1.70	8.20	0.537	0.484	4.663
3	3370	10.56	-1.93	8.63	0.490	0.415	4.674
4	3270	11.36	-2.27	9.09	0.422	0.316	4.688
5	3100	12.25	-2.55	9.70	0.355	0.231	4.701
6	2910	13.12	-2.90	10.22	0.316	0.193	4.714
7	2740	14.18	-3.44	10.74	0.282	0.155	4.727
8	2620	15.15	-3.98	11.17	0.251	0.126	4.739
9	2520	16.10	-4.50	11.60	0.224	0.103	4.752
L0	2420	17.15	-5.05	12.10	0.192	0.078	4.765
1	2380	18.00	-5.55	12.45	0.170	0.063	4.778
2	2260	19.05	-6.10	12.95	0.149	0.050	4.790
3	2160	20.10	-6.65	13.45	0.130	0.039	4.803
4	2035	20.95	-7.00	13.95	0.116	0.032	4.815
5	1945	21.80	-7.35	14.45	0.101	0.025	4.827

ТАБЛИЦА 6

Величины, связанные с вращением звезд

СК	$\lg g_r$	$\lg g_{mr}$	$v \sin i$	$\lg g_\omega$	$\lg g_{m\omega}$	v_{max}	P	$\lg L$
00	3.800	3.056	166	2.261	2.980	505	5.36	5.809
1	3.780	3.217	166	2.306	3.160	577	4.83	5.687
2	3.760	3.333	166	2.361	3.284	619	4.26	5.535
3	3.740	3.420	166	2.401	3.376	653	3.88	5.427
4	3.710	3.511	165	2.446	3.472	685	3.48	5.287
5	3.670	3.597	163	2.496	3.561	706	3.07	5.115
6	3.630	3.665	161	2.535	3.632	720	2.77	4.973
7	3.580	3.727	160	2.579	3.695	730	2.48	4.832
8	3.540	3.775	160	2.634	3.742	724	2.19	4.680
9	3.440	3.842	159	2.684	3.811	735	1.94	4.525
B0	3.336	3.894	158	2.732	3.863	733	1.72	4.374
1	3.228	3.934	158	2.790	3.902	718	1.51	4.212
2	3.123	3.967	159	2.839	3.933	710	1.36	4.098
3	3.001	3.996	161	2.900	3.960	693	1.20	3.967
4	2.869	4.021	166	2.981	3.979	669	1.02	3.828
5	2.780	4.040	172	3.067	3.991	641	0.87	3.690
6	2.685	4.058	180	3.148	4.001	625	0.76	3.600
7	2.580	4.075	190	3.253	4.004	596	0.63	3.463
8	2.440	4.092	196	3.336	4.008	570	0.53	3.321
9	2.360	4.106	176	3.277	4.036	557	0.55	3.181
A0	2.280	4.121	142	3.116	4.076	550	0.64	3.026
1	2.180	4.135	130	3.067	4.096	541	0.66	2.917
2	2.060	4.149	144	3.178	4.100	536	0.56	2.908
3	1.970	4.162	142	3.183	4.114	534	0.55	2.863
4	1.850	4.176	144	3.218	4.125	528	0.51	2.813
5	1.725	4.190	142	3.222	4.141	527	0.50	2.772
6	1.620	4.203	139	3.217	4.156	527	0.50	2.734
7	1.500	4.215	135	3.207	4.170	525	0.49	2.688
8	1.420	4.228	135	3.224	4.183	522	0.48	2.650
9	1.310	4.241	135	3.235	4.196	524	0.46	2.630
F0	1.200	4.255	107	3.047	4.227	524	0.57	2.50
1	1.090	4.267	92	2.927	4.247	524	0.64	2.414
2	1.000	4.280	73	2.743	4.267	522	0.78	2.275
3		4.293	61	2.602	4.284	521	0.90	2.165
4		4.306	47	2.388	4.301	521	1.13	2.026
5		4.318	38	2.217	4.315	520	1.36	1.904
6		4.331	29	1.996	4.329	519	1.73	1.760
7		4.344	22	1.769	4.343	519	2.21	1.614
8		4.357	16	1.504	4.356	520	2.95	1.453
9			13		4.370	520	3.53	1.337
G0			11		4.382	518	4.03	1.231
1			8.9		4.395	519	4.85	1.119
2			7.2		4.408	521	5.85	1.007
3			5.6		4.421	522	7.33	0.878
4			5.0		4.433	516	7.82	0.778
5			4.4		4.446	518	8.69	0.705
6			3.9		4.459	518	9.51	0.624
7			3.4		4.472	519	10.6	0.544
8			3.1		4.484	518	11.3	0.474
9			2.7		4.497	517	12.5	0.429
K0			2.3		4.510	518	14.3	0.385
1			2.1		4.523	516	15.1	0.221
2			1.8		4.535	515	17.1	0.121
3			1.6		4.548	516	18.1	0.050
4			1.4		4.561	516	20.8	-0.031
5			1.2		4.574	515	23.4	-0.130
6			1.1		4.586	515	24.9	-0.192
7			1.0		4.599	516	26.6	-0.256
8			0.9		4.612	516	28.8	-0.325
9			0.8		4.625	514	31.1	-0.414
M0			0.7		4.637	511	34.2	-0.511
1			0.6		4.650	510	38.6	-0.629
2			0.5		4.663	497	42.7	-0.781
3			0.5		4.676	482	38.9	-0.888
4			0.4		4.688	452	41.9	-1.168
5			0.4		4.701	422	35.3	-1.380

СК	$\lg g_r$	$\lg g_{mr}$	$v \sin i$	$\lg g_w$	$\lg g_{m\omega}$	v_{\max}	P	$\lg L$
6			0.4		4.714	405	31.4	-1.508
7			0.3		4.727	388	37.3	-1.779
8			0.3		4.739	371	33.3	-1.917
9			0.3		4.752	356	29.7	-2.058
L0			0.2		4.765	349	38.2	-2.419
1			0.2		4.778	319	33.8	-2.564
2			0.1		4.790	303	59.2	-3.023
3			0.1		4.803	287	51.7	-3.190
4			0.1		4.815	275	46.0	-3.326
5			0.1		4.827	260	40.1	-3.493

полировано до гипотетических звезд 00 в горячей области и до звезд L5 в холодной. Через L обозначен класс звезд, менее массивных, чем M-звезды. Это так называемые черные карлики [129, 130].

Ускорение силы тяжести в (3) динамическое, т. е. обусловленное только массой звезды и законом тяготения. Кроме него в атмосферах звезд действуют радиационные и ротационные ускорения. Радиационное ускорение $\lg g_r$ найдено нами по моделям Джинджерича [131], а ротационное $\lg g_w$ — по значениям радиуса и средней скорости вращения $v \sin i$ для звезд различных СК [132—134]. Значения $\lg g_r$, $\lg g_w$, $\lg (g_m - g_r)$ и $\lg (g_m - g_r - g_w)$ приведены в табл. 6. В ней также даны средние значения $v \sin i$, предельные значения скорости вращения v_{\max} , средние периоды вращения P в днях и значение углового квазимомента L . Вычисления эти проводились по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \lg g_w &= -0.8289 + 2 \lg (\sqrt{v \sin i}) - \lg R; \\ \lg v_{\max} &= (1 + \lg R + \lg g_{mr})/2; \\ \bar{P} &= 39.74 R / v \sin i; \\ L &= m R v_e. \end{aligned}$$

Соотношения между физическими параметрами звезд, в частности, используют при пересчете функций распределения звезд по одним параметрам к функциям распределения по другим параметрам. За исходную возьмем функцию светимости звезд $\varphi(M_v)$, т. е. распределение звезд по абсолютным звездным величинам. Мы получили $\varphi(M_v)$ с использованием работ [135—154]. Тогда распределения звезд по массам и угловым моментам будут выражаться следующим образом:

$$\begin{aligned} \xi(\lg m) &= \varphi(M_v) \left| \frac{dM_v}{d \lg m} \right|, \quad \text{зв./пк}^3 / 1 \lg m; \\ \psi(\lg L) &= \varphi(M_v) \left| \frac{dM_v}{d \lg L} \right|, \quad \text{зв./пк}^3 / 1 \lg L. \end{aligned}$$

Все три функции распределения приведены в табл. 7. Слабый конец функции светимости определен ненадежно. Его уточнение также ожидается в ходе выполнения космических программ. Функция масс получилась практически солпитеровской в диапазоне масс от 0.8 до 70 масс Солнца, а на функции распределения звезд по угловому моменту наблюдается статистически значимый излом для звезд около $2m_{\odot}$.

Современные оценки значений предела Оорта на плотность материи в окрестностях Солнца составляют $0.130 - 0.210 m_{\odot}/\text{пк}^3$ с наиболее вероятным значением $0.185 \pm 0.020 m_{\odot}/\text{пк}^3$ [155]. По данным табл. 5 и 7 можно найти вклад звезд ГП в плотность материи в окрестностях Солнца. Он составляет $0.055 m_{\odot}/\text{пк}^3$. Белые карлики дают $0.020 m_{\odot}/\text{пк}^3$, межзвездная среда — 0.045 , гиганты и субгиганты — 0.002 , звезды гало ~ 0.00017 [156—158]. Таким образом, на гипотетическую «темную материю» остается $0.063 m_{\odot}/\text{пк}^3$. Наиболее вероятная форма существования этой материи — холодные маломассивные

ТАБЛИЦА 7

Функции распределения звезд по светимости, массам и моментам вращения

СК	lg φ	lg ξ	lg ψ	СК	lg φ	lg ξ	lg ψ
00	-8.28	-7.87	-8.07	8	-2.64	-1.45	-2.51
1	-8.16	-7.70	-7.90	9	-2.60	-1.49	-2.34
2	-7.98	-7.50	-7.70	G0	-2.57	-1.46	-2.36
3	-7.85	-7.34	-7.55	1	-2.55	-1.37	-2.47
4	-7.70	-7.27	-7.48	2	-2.52	-1.37	-2.50
5	-7.55	-7.18	-7.38	3	-2.50	-1.66	-2.43
6	-7.40	-6.93	-7.14	4	-2.48	-1.52	-2.19
7	-7.24	-6.70	-6.90	5	-2.46	-1.32	-2.14
8	-7.03	-6.39	-6.59	6	-2.45	-1.45	-2.28
9	-6.72	-6.00	-6.21	7	-2.44	-1.41	-2.20
B0	-6.43	-5.77	-6.01	8	-2.44	-1.43	-2.00
1	-6.15	-5.52	-5.72	9	-2.43	-1.30	-2.21
2	-5.95	-5.15	-5.44	K0	-2.42	-1.28	-2.15
3	-5.67	-4.86	-5.03	1	-2.42	-1.32	-2.20
4	-5.25	-4.43	-4.51	2	-2.41	-1.11	-1.91
5	-4.75	-3.94	-4.08	3	-2.39	-0.95	-1.83
6	-4.57	-3.79	-4.09	4	-2.38	-1.06	-1.86
7	-4.33	-3.59	-3.73	5	-2.37	-1.02	-1.76
8	-3.90	-3.08	-3.33	6	-2.36	-0.91	-1.65
9	-3.70	-3.00	-3.49	7	-2.35	-0.91	-1.70
A0	-3.62	-2.97	-3.49	8	-2.33	-1.03	-1.72
1	-3.56	-2.77	-2.97	9	-2.30	-1.09	-1.72
2	-3.43	-2.52	-2.54	M0	-2.27	-0.94	-1.68
3	-3.36	-2.48	-2.71	1	-2.25	-1.10	-1.66
4	-3.25	-2.36	-2.61	2	-2.17	-1.19	-1.51
5	-3.20	-2.23	-2.59	3	-2.07	-1.17	-1.49
6	-3.13	-2.17	-2.58	4	-1.98	-1.16	-1.44
7	-3.10	-2.12	-2.46	5	-1.86	-0.94	-1.15
8	-3.02	-1.88	-2.17	6	-1.82	-0.77	-1.14
9	-2.97	-1.86	-2.65	7	-1.81	-0.77	-1.11
F0	-2.95	-1.99	-2.92	8	-1.85	-0.82	-1.01
1	-2.92	-2.05	-2.91	9	-1.97	-1.00	-1.37
2	-2.90	-2.00	-2.82	L0	-2.23	-1.28	-1.60
3	-2.85	-1.88	-2.80	1	-2.45	-1.46	-1.95
4	-2.80	-1.85	-2.84	2	-3.08	-2.08	-2.55
5	-2.75	-1.67	-2.63	3	-3.82	-2.82	-3.02
6	-2.70	-1.49	-2.51	4	-4.45	-3.50	-3.70
7	-2.66	-1.43	-2.53	5	-5.00	-4.10	-4.29

звезды и черные карлики — объекты с массой ниже предела загорания водорода, который составляет $\sim 0.080 m_{\odot}$ [159—161].

В предположении, что функция масс является солнитеровской на всем диапазоне масс, можно найти минимальное значение массы звезды, такое, что вклад звезд ГП в плотность материи составлял бы $0.120 m_{\odot}/\text{пк}^3$. Это минимальное значение равняется $0.084 m_{\odot}$, что близко к пределу загорания водорода. Отклонение функции масс от солнитеровской приведет к уменьшению значения этой минимальной массы. Обнаружение в окрестностях Солнца большого числа маломассивных холодных звезд является одним из ожидаемых результатов использования космических телескопов.

В настоящей работе по большому количеству данных найдены основные физические параметры звезд главной последовательности и их функция светимости. По этим значениям оценены распределения звезд по массам и угловым моментам вращения, а также вклад звезд ГП в плотность материи в окрестностях Солнца. Полученные соотношения можно использовать при решении задач звездообразования в Галактике, при изучении ее структуры и динамики.

Литература

1. L e s k r o n e D. S. The space telescope scientific instruments // Publ. Astron. Soc. Pacif. 1980. 92, nr 545. P. 5—21.
2. B e r n a c c a P. L. Project HIPPARCOS // Astrophis. and Space Sci. 1985. 110, nr 1. P. 21—45.

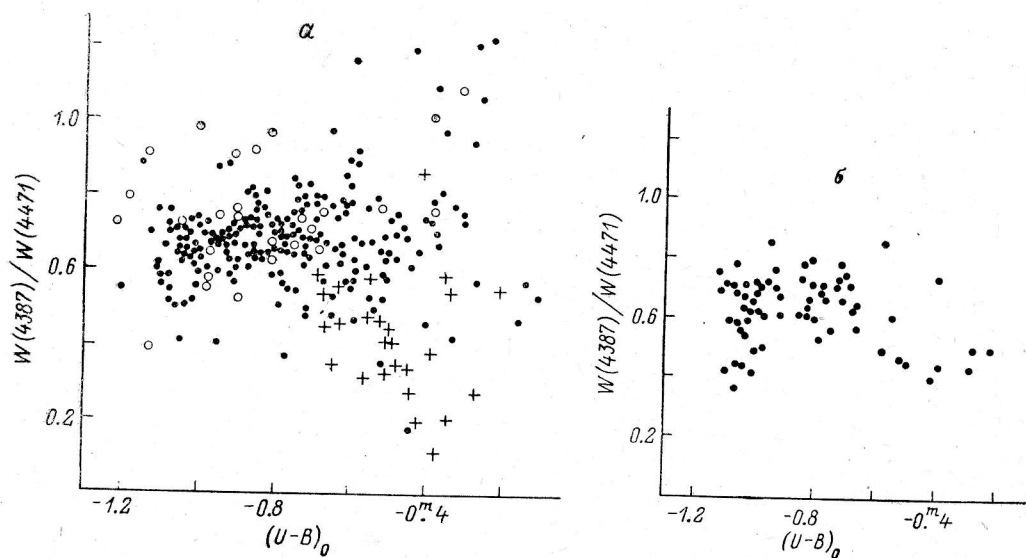


Рис. 7. Отношение W синглета λ 4387 к W триплета λ 4471 в зависимости от $(U-B)_0$ по данным каталога [1].

а — звезды ГП, обозначения те же, что и на рис. 1, б; б — звезды высокой светимости.

Литература

1. Ключкова В. Г., Панчук В. Е. Линии нейтрального гелия в спектрах В-звезд. 1: Каталог // Сообщ. САО. 1987. № 54.
2. Photometric catalogue. Magnitudes and colours of stars in the U , B , V and U_c , B , V systems / Blanco V. M., Demers S., Douglass G. G., Fitzgerald M. P. Washington, 1968. (Publ. of the U. S. Naval Observ., Second Ser.; Vol. 21, 13).
3. Mermilliod J. C. Catalogue of UBV photometry and MK spectral types in open clusters // Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 1977. Vol. 24. P. 159—297.
4. Warren W. H., Hesser J. E. A photometric study of the Orion OB1 association. I: Observational data // Astrophys. J. Suppl. Ser. 1977. Vol. 34. P. 115—206.
5. Страйжис В. Многоцветная фотометрия звезд. Вильнюс: Мокслас, 1977.
6. Jaschek C., Conde H., de Sierra A. C. Catalogue of stellar spectra classified in the Morgan—Keenan system. La Plata, 1964.
7. MK spectral classifications published since Jaschek's La Plata Catalogue / Compiled by P. M. Kennedy, W. Buscombe. Evanston, 1974.
8. Buscombe W. MK Spectral Classifications: 3rd General Catalogue. Evanston, 1977.
9. Ключкова В. Г. Спектроскопическое исследование химически peculiar звезд разного возраста: Канд. дис. Н. Архыз, 1985.
10. Kurucz R. L. Model atmospheres for G, F, A, B and O-stars // Astrophys. J. Suppl. Ser. 1979. Vol. 40. P. 1—340.
11. Buser R., Kurucz R. L. A systematic investigation of multicolor photometric system. III: Theoretical UBV colors and the temperature scale for early-type stars // Astron. Astrophys. 1978. Vol. 70. P. 555—563.
12. Ключкова В. Г., Копылов И. М., Панчук В. Е. К вопросу о применении моделей атмосфер для определения параметров горячих звезд // Астрон. журн. 1983. 60, вып. 6. С. 1114—1119.
13. Глаголевский Ю. В., Чунакова Н. М. Наблюдательные проблемы исследования звезд с аномальными линиями гелия // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1985. 20. С. 37—59.
14. Auer L. H., Mihalas D. Analyses of light-ion spectra in stellar atmospheres. IV: He I in the B stars // Astrophys. J. Suppl. Ser. 1973. Vol. 25, nr 223. P. 433—462.
15. Wolff S. C., Heasley J. N. The determination of the helium abundance in main-sequence B stars // Astrophys. J. 1985. Vol. 292. P. 589—600.
16. Ключкова В. Г., Панчук В. Е. Содержание гелия в атмосферах звезд в скоплениях NGC 869, 884 и 2264 // Письма в Астрон. журн. 1987. 13, 1. С. 56—62.
17. Walker G. A. H., Hodge S. M. Equivalent widths and half-widths of the λ 4388 and 4471 He I lines, rotational velocities and 4430 central depths for 450 O to B5 stars // Publ. Dominion Astrophys. Observ. 1966. Vol. 12, nr. 14. P. 401—424.

Поступила в редакцию 2 февраля 1987 г.

3. Bahcall J. N., Soneira R. M. The universe at faint magnitudes. I: Models for the Galaxy and the predicted star counts // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1980. 44, nr 1. P. 73—110.
4. Keenan P. C. Classification of stellar spectra // *Basic astronomical data* / Ed. by K. A. Strand. Chicago Univ. Press, 1963. P. 78—122.
5. Harris D. L. The stellar temperature scale and bolometric correction // *Ibid.* P. 263—272.
6. Копылов И. М. Эволюционная интерпретация диаграммы спектр—светимость для горячих звезд. 1: Параметры исходной главной последовательности // *Изв. КрАО.* 1964. 32. С. 88—99.
7. Johnson H. L. Astronomical measurements in the infrared // *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.* 1966. 4. P. 193—206.
8. McNamara D. H. Narrow-band photometric classification of eclipsing binaries // *IAU Symp. N 24* / Eds. by K. Loden et al. 1966. P. 190—209.
9. Mihalas D. Balmer-line-blanketed model atmospheres for A-type stars // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1966. 13, nr 114. P. 1—30.
10. Oke J. B., Conti P. S. Absolute photoelectric spectrophotometry of stars in the Hyades // *Astrophys. J.* 1966. 143, nr 1. P. 134—145.
11. The stellar interferometer at Narrabri observatory. II: The angular diameters of 15 stars / Brown R. H., Davis J., Allen L. R., Rome J. M. // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1967. 137, nr 4. P. 393—417.
12. Hjellming R. M. The effects of stellar evolution on the properties of HII regions // *Astrophys. J.* 1968. 154, nr 2. P. 533—541.
13. Morton D. C., Adams T. F. Effective temperatures and bolometric corrections of early-type stars // *Astrophys. J.* 1968. 151, nr 2. P. 611—621.
14. Strom S. E., Peterson D. M. Surface gravity determinations for main-sequence B-stars // *Astrophys. J.* 1968. 152, nr 3. P. 859—869.
15. Wolff S. C., Kuhl L. V., Hayes D. The effective temperatures of A and B stars // *Astrophys. J.* 1968. 152, nr 3. P. 871—884.
16. Heintze J. R. W. The temperature scale of B-type stars // *Theory and observational of normal stellar atmospheres* / Ed. by O. Gingerich. MIT Press, 1969. P. 265—270.
17. Hyland A. R. The effective-temperature scale and bolometric corrections for B stars // *Ibid.* P. 271—277.
18. Matsushima S. On the uvby photometric system // *Astrophys. J.* 1969. 158, nr 3. P. 1137—1149.
19. Morton D. C. The effective temperatures of the O stars // *Astrophys. J.* 1969. 158, nr 2. P. 629—640.
20. Schlesinger B. M. Theoretically predicted color-magnitude diagrams for clusters and the observations // *Astrophys. J.* 1969. 157, nr 2. P. 533—544.
21. Vardya M. S. Atmospheres of very late-type stars // *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.* 1970. 8. P. 87—114.
22. Bell R. A. The temperatures, abundances, and gravities of F dwarf stars // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1971. 155, nr 1. P. 65—83.
23. Kubiak M. Scala temperatur efektywnych i poprawek bolometrycznych // *Post. astron.* 1971. 19, № 4. S. 285—298.
24. Schild R., Peterson D. M., Oke J. B. Effective temperatures of B- and A-type stars // *Astrophys. J.* 1971. 166, nr 1. P. 95—108.
25. Волянская М. Ю. Средние параллаксы и абсолютные величины затменных звезд // *Перемен. звезды*, 1972. 18, № 5. С. 511—517.
26. Schmidt E. G. The temperature scale of F- and G-stars. II: Continuum photometry // *Astrophys. J.* 1972. 174, nr 3. P. 605—615.
27. Conti P. S. Spectroscopic studies of O-type stars. III: The effective-temperature scale // *Astrophys. J.* 1973. 179, nr 1. P. 181—188.
28. Osborn W. Results from three dimensional spectral classification of population II stars using the DDO photometric system // *IAU Symp. N 50.* 1973. P. 176—182.
29. Panagia N. Some physical parameters of early-type stars // *Astron. J.* 1973. 78, nr 9. P. 929—934.
30. A catalogue of galactic O-stars and the ionization of the low density interstellar medium by runaway stars // Cruz-Gonzales C., Reillas-Cruz E., Costero R. et al. // *Rev. mex. astron. y astrofis.* 1974. 1, nr 2. P. 241—259.
31. Peitremann E., Davis R. J. Ultraviolet television data from Orbiting Astronomical Observatory. II: Stellar ultraviolet color and interstellar extinction // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1974. 28, nr 260. P. 241—246.
32. Code A. D. Empirical effective temperature, bolometric corrections, and fundamental stellar properties // *Dudley Obs. Reports.* 1975. Nr 9. P. 224—238.
33. Conti P. S. Observed parameters of O-type stars // *Lect. notes Physik.* 1975. 42. P. 207—224.
34. Philip A. G. D. The calibration of uvby photometric indices for population I and II in the range $0.5 < \theta_0 < 0.7$, $2.0 < \log g < 4.4$ // *Dudley Obs. Reports.* 1975. Nr 9. P. 45—61.
35. Empirical effective temperatures and bolometric corrections for early-type stars / Code A. D., Davis J., Bless R. C., Brown H. R. // *Astrophys. J.* 1976. 203, nr 2. P. 417—434.
36. Beckman S. F. Comparison of S2/68 and OAO-2 stellar UV flux measurements // *Astron. and Astrophys.* 1977. 60, nr 1. P. 1—7.
37. Flower P. J. Transformations from theoretical HR diagrams to C—M diagrams: effective temperatures, colours, and bolometric corrections // *Astron. and Astrophys.* 1977. 54, nr 1. P. 31—39.

38. Palmer L. *uvby* photometric system and stellar temperatures // *Astron. J.* 1977. 82, nr 2. P. 158—162.
39. Adelman S. J. Spectrophotometry of B, A, and F stars // *Astrophys. J.* 1978. 222, nr 2. P. 547—555.
40. Buser R., Kurucz R. L. A systematic investigation of multicolor photometric system. III: Theoretical *UBV* colors and temperature scale for early-type stars // *Astron. and Astrophys.* 1978. 70, nr 3. P. 555—563.
41. Hayes D. S. The absolute calibration of the HR diagrams: fundamental effective temperatures and bolometric corrections // *IAU Symp. N 80.* 1978. P. 65—76.
42. Straizys V. From multicolor photometric indices to the HR diagram // *Ibid.* P. 293—300.
43. Hauck B. Classification stellare par voie photometrique // *Classification stellaire / Ed. by D. Ballerean. Comptes Rendus de l'ecole de Goutelas (France).* 1979. 38 p.
44. Pottasch S. R., Wesseliuss P. R., Duinen R. J. van. The effective temperatures of the O-stars // *Astron. and Astrophys.* 1979. 77, nr 1—2. P. 189—197.
45. Effective temperatures, angular diameters, distances and linear radii for 160 O- and B-type stars / Underhill A. B., Divan L., Prevot-Burnichon M. L., Doazan V. // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1979. 189, nr 2. P. 601—605.
46. Temperatures and radii of O-stars / Underhill A. B., Divan L., Doazan V., Prevot-Burnichon M. L. // *IAU Symp. N 83.* 1979. P. 103—108.
47. Adelman S. J., Pyper D. M., White R. E. Spectrophotometry of B, A, and F stars. II // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1980. 43, nr 4. P. 491—499.
48. Blackwell D. E., Petford A. D., Shallois M. J. Use of the infrared flux method for determining stellar effective temperatures and angular diameters; the stellar temperature scale // *Astron. and Astrophys.* 1980. 82, nr 1—2. P. 249—252.
49. Lamers H. J. G. L. M., Paerels F. B. C., Loore C. de. Masses and mass loss from O and F stars // *Astron. and Astrophys.* 1980. 87, nr 1. P. 68—76.
50. Loore C. de. The evolution of massive stars // *Space Sci. Rev.* 1980. 26, nr 2. P. 113—155.
51. Morossi C., Crivellari L. On automatic procedure for a determination of the effective temperature and gravity. Application to 100 O-type stars // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1980. 41, nr 3. P. 299—304.
52. Popper D. M. Stellar masses // *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.* 1980. 18. P. 115—164.
53. Sinnerstad U. The fundamental physical parameters of mainsequence and near main sequence B-type stars as derived from *uvby* photometry // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1980. 40, nr 3. P. 395—408.
54. Underhill A. B. An observational HR diagram for early-type stars // *Astrophys. J.* 1980. 239, nr 1. P. 220—236.
55. Barbier R. Ultraviolet colours of early-type stars // *Astron. and Astrophys.* 1981. 102, nr 3. P. 307—312.
56. Böhm-Vitense E. The effective temperature scale // *Ann. Rev. Astron. and Astrophys.* 1981. 19. P. 295—318.
57. Habets G. M. H. J., Heintze J. R. W. Empirical bolometric correction for the main-sequence // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1981. 46, nr 2. P. 193—237.
58. Ivanova Z., Luid L. On the effective temperatures of O-stars // *Dokl. B'lg. AN.* 1981. 34, № 10. P. 1331—1334.
59. Straizys V., Kuriliene G. Fundamental stellar parameters derived from the evolutionary tracks // *Astrophys. and Space Sci.* 1981. 80, nr 4. P. 353—368.
60. Böhm-Vitense E. Effective temperatures of A and F stars // *Astrophys. J.* 1982. 255, nr 1. P. 191—199.
61. Divan L., Zorec J. Absolute magnitudes and other basic parameters of O and B stars // *Proc. Collq. «The scientific aspects of the Hipparcos mission»,* 1982. P. 101—104.
62. Kontizas E., Theodossion E. Empirical effective temperatures of B- and early A-stars // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1982. 192, nr 3. P. 745—753.
63. Observed and computed UV spectral distribution of A and F stars. Determination of T_e and $\log g$ / Malagnini M. L., Faraggiana R., Morossi C., Crivellari L. // *Astron. and Astrophys.* 1982. 114, nr 2. P. 170—176.
64. Remie H., Lamers H. J. G. L. M. Effective temperatures and radii of luminous O- and B-stars: a test for the accuracy of the model atmospheres // *Astron. and Astrophys.* 1982. 105, nr 1. P. 85—97.
65. Underhill A. B. Angular diameters, effective temperatures, radii, and luminosities of O3, O4, and O5 stars // *Astrophys. J.* 1982. 263, nr 2. P. 741—758.
66. Malagnini M. L., Faraggiana R., Morossi C. Observed and computed spectral distribution of early-type stars. II: Determination of T_{eff} for B5-A0 stars // *Astron. and Astrophys.* 1983. 128, nr 2. P. 375—383.
67. Cramer N. Relation between *U*, *B*, *V* intrinsic colours and Geneva photometry for B-type stars. The effective temperature scale // *Astron. and Astrophys.* 1984. 132, nr 2. P. 283—290.
68. Глушневa И. Н. Спектрофотометрический звездный каталог ГАИШ: наблюдения и астрофизические приложения // *Бюл. Абастуман. астрофиз. обсерв.* 1985. № 59. С. 61—69.
69. Глушневa И. Н. Спектрофотометрия стандартных звезд: физические параметры атмосфер и шкала эффективных температур // *Астрон. журн.* 1985. 62, № 6. С. 1132—1138.
70. Morossi C., Malagnini M. L. Observed and computed spectral flux distribu-

- tion of non-supergiant O9—G8 stars. III: Determination of T_{eff} for the stars in the Breger catalogue // *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.* 1985. 60, nr 2. P. 365—372.
71. Theodosion E. Empirical effective temperatures of late O, B, A, and early F stars // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1985. 214, nr 2. P. 327—335.
 72. Saxner M., Hammarback G. An empirical temperature calibration for F dwarfs // *Astron. and Astrophys.* 1985. 151, nr 2. P. 372—390.
 73. Moon T. T., Dworetzky M. M. Grids for the determination of effective temperature and surface gravity of B, A, and F stars using *uvby β* photometry // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1985. 217, nr 2. P. 305—315.
 74. Blauw A. The calibration of luminosity criteria // *Basic Astronomical Data* / Ed. by K. A. Strand. Univ. Chicago Press, 1963. P. 383—420.
 75. Uggren A. R. Variation of the stellar luminosity function with distance from the galactic plane // *Astron. J.* 1963. 68, nr 7. P. 475—482.
 76. Eggen O. J. Masses, luminosities, colors, and space motions of 228 visual binaries // *Astron. J.* 1965. 70, nr 1. P. 19—93.
 77. Lesh J. R. The kinematics of the Gould belt an expanding group? // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1968. 17, nr 151. P. 371—444.
 78. Gliese W. Spectroscopic, spectral, and photometric parallaxes of Mdwarfs // *Low-luminosity stars* / Ed. by S. S. Kumar. NY; London; Paris: Gordon and Breach Sci. Publ., 1969. P. 41—51.
 79. Jung J. The derivation of absolute magnitudes from proper motion and radial velocities and the calibration of the HR diagram. II // *Astron. and Astrophys.* 1970. 4, nr 1. P. 53—69.
 80. Popovic G. M., Angelov T. D. The empirical mass-luminosity relation and Hertzsprung—Russel diagram // *Bull. Observ. Astron. Belgrade.* 1970. 28, nr 124. P. 147—157.
 81. Conti P. S., Alschuler W. R. Spectroscopic studies of O-type stars. I: Classification and absolute magnitudes // *Astrophys. J.* 1971. 170, nr 2. P. 325—344.
 82. Jung J. Sur la calibration du diagramme Hertzsprung—Russell a l'aide des parallaxes trigonometriques // *Astron. and Astrophys.* 1971. 11, nr 3. P. 351—358.
 83. The statistics of the nearby stars / Woolley R., Pocock S. B., Epps E. A., Flinn R. // *Roy. Greenwich Observ. Bull.* 1971. Nr 166. P. 275—299.
 84. Walborn N. R. Spectral classification of OB stars in both hemispheres and the absolute-magnitude calibration // *Astron. J.* 1972. 77, nr 4. P. 312—318.
 85. Lesh J. R., Aizenman M. L. The spectral classification of the β Cephei stars and their location in the theoretical Hertzsprung—Russell diagram // *Astron. and Astrophys.* 1973. 22, nr 2. P. 229—237.
 86. Walborn N. R. The space distribution of the O-stars in the Solar neighborhood // *Astron. J.* 1973. 78, nr 10. P. 1067—1073.
 87. Balona L., Crampton D. The H_{α} absolute magnitude calibration // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1974. 166, nr 1. P. 203—217.
 88. Dworak T. Z. A catalogue of parametric parallaxes of eclipsing binaries // *Acta astron. (PRL).* 1975. 25, nr 4. P. 383—416.
 89. Uggren A. R. The application of parallaxes and photometry to the lower main sequence // *Dudley. Observ. Rep.* 1975. Nr 9. P. 437—450.
 90. Deutschman W. A., Davis R. J., Schild R. E. The galactic distribution of interstellar absorption as determined from the Telescope catalog of ultraviolet stellar observations and a new catalog of *UBV*, *H*-beta photoelectric observations // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1976. 30, nr 1. P. 97—225.
 91. Egret D. A test of absolute magnitude calibrations for earlytype stars // *Astron. and Astrophys.* 1978. 66, nr 1—2. P. 275—281.
 92. Gliese W. Hertzsprung—Russell diagrams and color-luminosity for the stars nearer than twenty-two parsecs // *IAU Symp. N 80.* 1978. P. 79—88.
 93. Keenan P. C. A more accurate HR diagram for the cooler stars // *Ibid.* P. 474—478.
 94. Mikami T. Absolute magnitudes of M-type stars in the Solar neighborhood // *Publ. Astron. Soc. Jap.* 1978. 30, nr 3. P. 191—206.
 95. Mikami T. Absolute magnitudes of F, G, and K-type stars in the Solar neighborhood // *Publ. Astron. Soc. Jap.* 1978. 30, nr 1. P. 207—217.
 96. Lacy C. H. Distances to eclipsing binaries. III: Masses, radii, and absolute magnitudes of 96 stars // *Astrophys. J.* 1979. 228, nr 3. P. 817—827.
 97. Lesh J. R. A comparison of luminosity calibrations for MK classifications of OB stars // *IAU Coll. N 47, Ricer Astron. (Vatican).* 1979. 9. P. 81—86.
 98. Бархатова К. А., Локтин А. В. О калибровке светимостей О и В звезд // *Астрон. циркуляр.* 1981. № 1164. С. 2—5.
 99. Shallis M. J. Absolute magnitudes of nearby bright stars // *Astron. and Astrophys.* 1981. 97, nr 1. P. 203—205.
 100. Goy G. Problemes lies aux etoiles de type. O. II: Calibration en magnitudes absolues // *Cr. seances Soc. phys. et hist. natur. Geneve.* 1980. 15, nr 1. P. 102—107.
 101. Walborn N. R. The O3 stars // *Astrophys. J.* 1982. 254, nr 1. P. L15—L17.
 102. Smethells W. G. A reanalysis of a southern hemisphere early M dwarf survey // *IAU Coll. N 76: The nearby stars and the stellar luminosity function* / Ed. by A. G. D. Philip. A. R. Uggren, 1983. P. 421—424.
 103. Mikami T., Heck A. Absolute magnitudes of F-, G-, K-, and M-type stars from maximum likelihood statistical parallaxes // *Publ. Astron. Soc. Jap.* 1982. 34, nr 4. P. 529—539.

104. Balona L. A., Shobbrook R. R. A re-calibration of the luminosities of early-type stars: its effect on the Cepheid luminosity scale // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1984. 211, nr 2. P. 375—390.
105. The P. S., Steenman H. C., Alcaïno G. Relations between spectral types, absolute magnitudes, and colour indices of red dwarfs in the Cousins photometric system // *Astron. and Astrophys.* 1984. 132, nr 2. P. 385—388.
106. Weis E. W. Photometric parallaxes for selected stars of color class M from NLTT catalog // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1984. 55, nr 2. P. 289—299.
107. Absolute-magnitude calibration of normal stars (V) / Grenier S., Gomez A. E., Jaschek C. et al. // *Astron. and Astrophys.* 1985, 145, nr 2. P. 331—338.
108. Millward Ch. G., Walker G. A. H. An empirical H_r luminosity calibration for class V—III stars // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1985. 57, nr. 1. P. 63—76.
109. Shull J. M., Steenbery M. E. van Galactic interstellar abundance surveys with IUE. I: Neutral hydrogen // *Astrophys. J.* 1985. 294, nr 2. P. 599—614.
110. Moon T. Stellar luminosities and radii from *uvby β* photometry // *Astrophys. and Space Sci.* 1985. 117, nr 2. P. 261—270.
111. Cester B. La relazione empirica massa-luminosità per le stelle doppie visibili // *Observ. Astron. Trieste.* 1965. Nr 329. 54 p.
112. Комаров Н. С., Носова Л. Ф. О шкале болометрических поправок // *Астрон. циркуляр.* 1971. № 659. С. 3—6.
113. Lanz T. Bolometric correction for peculiar B-type stars // *Astron. and Astrophys.* 1984. 139, nr 1. P. 161—170.
114. Cester B. The empirical mass-luminosity relation for spectrophotometric binary system // *Zs. Astrophys.* 1965. 62. P. 191—202.
115. Cester B. Masse ed inclinazioni empiriche di un gruppo di stelle doppie spettroscopiche // *Observ. Astron. Trieste.* 1967. N 348. 21 p.
116. Плавес М. Rotation in close binaries // *Stellar rotation* / Ed. by A. Slettebak. 1970. P. 133—146.
117. Дзервигтс У. К. Масса звезд главной последовательности и соотношение масса—спектральный класс // *Фотометрические исследования красных звезд* / Под ред. А. Э. Балкласа. Рига: Зинатне, 1973. С. 131—147.
118. Heintze J. R. W. Stellar temperature scale and bolometric correction // *IAU Symp.* N 54. 1973. P. 231—271.
119. Bouigue R. A survey of spectroscopic binaries // *Vistas Astron.* 1974. 16. P. 117—129.
120. Collins G. W. Calculation of theoretical rotational line profiles for the determination of $V \sin i$ in the spectral range O9—F8 // *Astrophys. J.* 1974. 191, nr 1. P. 157—164.
121. Trimble V. On the distribution of binary system mass ratios // *Astron. J.* 1974. 79, nr. 9. P. 967—973.
122. Hutchings J. B. The masses and dimensions of early-types binaries // *Publ. Astron. Soc. Pacif.* 1975. 87, nr 518. P. 529—535.
123. A catalogue of masses, radii, and luminosities of 71 doublelined spectrum eclipsing binaries / Cester B., Giuricin G., Mardirossian F., Predolin F. // *Memor. Soc. Astron. Italiana.* 1980. 51, № 3. P. 539—589.
124. Dworak T. Z. Iterative methods for determination of parameters of spectroscopic binaries // *Acta Astron. (PRL).* 1983. 33, nr 3—4. P. 431—439.
125. Dworak T. Z. Przewidywane promienie, masy i średnie gestosci gwiazd skladow układow zamienionych // *Post. astron.* 1983. 31, № 1. S. 53—57.
126. Свечников М. А., Тайдакова Т. А. О зависимости масса—спектр для звезд главной последовательности // *Астрон. циркуляр.* 1983. № 1249. С. 1—4; *Астрон. журн.* 1984. 61, № 1. С. 143—151.
127. Закс Л. Статистическое оценивание. М.: Мир. 1976. 600 с.
128. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 288 с.
129. Oort J. H. Stellar dynamics // *Galactic structure* // Eds. by A. Blaauw, M. Schmidt. Chicago Univ. Press, 1965. P. 465—512.
130. Kumar S. S. The nature of low-mass «dark» companions // *Low-luminosity stars* // Ed. by S. S. Kumar. Gordon and Breach Sci. Publ., 1969. P. 255—257.
131. Carbon D. F., Gingerich O. The grid of model stellar atmospheres from 50 000° to 4 000° // *Theory and observation of normal stellar atmospheres* / Ed. by O. Gingerich. MIT Press, 1969. P. 401—472.
132. Fukada I. A statistical study of rotational velocities of the stars // *Publ. Astron. Soc. Pacif.* 1982. 94, nr 558. P. 271—284.
133. Smith M. A. Rotational studies of lower main-sequence stars // *Publ. Astron. Soc. Pacif.* 1979—80. 92, nr 544. P. 737—745.
134. Gray D. F. The rotation of cool main-sequence stars // *Astrophys. J.* 1982. 261, nr 1. P. 259—264.
135. Бартая Р. А., Харадзе Е. К. О функции светимости звезд // *Астрофизика.* 1977. 13, № 1. С. 123—130.
136. Захой В. А. Функция светимости и пространственная плотность ближайших звезд // *Астрометрия и астрофиз.* 1980. Вып. 42. С. 64—69.
137. Ишханов Г. В. Функция светимости звезд умеренной и слабой светимости // *Вестн. ЛГУ. Сер. Математика, физика, астрономия.* 1976. № 7. С. 151—153.
138. Сафронов В. С. К статистике физических характеристик визуальнодвойных звезд // *Астрон. журн.* 1951. 28, № 3. С. 172—183.

139. Старикова Г. А. Функции светимости и цвета звезд // *Астрон. журн.* 1960. 37, № 3. С. 476—491.
140. Bahcall J. N., Soneira R. M. The universe at faint magnitudes. I: Models for the Galaxy and the predicted star counts // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 1980. 44, nr 1. P. 73—110.
141. Kalandadze N. B., Kolesnik L. N., Voroshilov V. I. Galactic structure at $l=66^\circ$, 77° , 119° , and 187° // *Proc. Third European Astron. meeting* // Ed. by E. K. Kharadze. Tbilisi, 1976. P. 418—422.
142. Limber D. N. The universality of the initial luminosity function // *Astrophys. J.* 1960. 131, nr 1. P. 168—201.
143. Luyten W. J. A new determination of the luminosity function // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1968. 139, nr 2. P. 221—224.
144. Malagnini M. L. The luminosity function and the colours of the Solar neighbourhood // *Ann. Phys. (France)*. 1981. 6. P. 63—72.
145. Philip A. G. D., Uppgren A. R. Tables and plots of luminosity functions // *IAU Coll. N 76.* 1983. P. 471—477.
146. Probst R. G., O'Connell R. W. The luminosity function of very low mass stars // *Astrophys. J.* 1982. 252, nr 2. P. L69—L72.
147. Reid N. New light on faint stars. I: The luminosity function in the Solar neighbourhood // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1982. 201, nr 1. P. 51—71.
148. Reid N., Gilmore G. New light on faint stars. II: A photometric study of the low luminosity main sequence // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1982. 201, nr 1. P. 73—94.
149. Gilmore G., Reid N. New light on faint stars. III: Galactic structure towards the South Pole and Galactic thick disc // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* 1983. 202, nr 3. P. 1025—1047.
150. Robertson T. H. The luminosity function and kinematics of late M dwarf stars // *IAU Coll. N 76.* 1983. P. 405—408.
151. Salpeter A. E. The luminosity function and stellar evolution // *Astrophys. J.* 1955. 121, nr 1. P. 161—167.
152. Wanner J. F. On the stellar luminosity function from the method of mean absolute magnitudes // *Mon. Notic. Roy. Soc.* 1972. 155, nr 4. P. 463—481.
153. Wielen R., Jahreiss H., Krüger R. The determination of the luminosity function of nearby stars // *IAU Coll. N 76.* 1983. P. 163—169.
154. The statistics of the nearby stars / Woolley R., Poccock S. B., Epps E. A., Flinn R. // *Roy. Greenwich obs. bull.* 1971. Nr 166. P. 275—299.
155. Bahcall J. N. Self-consistent determinations of the total amount of matter near the Sun // *Astrophys. J.* 1984. 276, nr 1. P. 169—181.
156. Green R. F. The luminosity function of hot white dwarfs // *Astrophys. J.* 1980. 238, nr 2. P. 685—698.
157. Bahcall J. N. The total amount of matter near the Sun // *IAU Coll. N 76.* 1983. P. 271—276.
158. Schmidt M. The mass of the Galactic halo derived from the luminosity function of high-velocity stars // *Astrophys. J.* 1975. 202, nr 1. P. 22—29.
159. Straka W. C. A determination of the lower mass limit for the main sequence // *Astrophys. J.* 1971. 165, nr 1. P. 109—119.
160. Grossman A. S., Hays D., Graboske H. C. The theoretical low mass main sequence // *Astron. and Astrophys.* 1974. 30, nr 1. P. 95—103.
161. Hoxie D. T. The structure and evolution of stars of very low mass // *Astrophys. J.* 1970. 161, nr 3. P. 1083—1099.

Поступила в редакцию 19 января 1987 г.