

при интерпретации явлений вспышек звезд поздних спектральных классов.

Выражаем искреннюю благодарность Р. Е. Гершбергу, В. Г. Горбачкову и С. А. Каплану, высказавшим ряд существенных замечаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гершберг Р. Е. — Изв. Кр. АО, 32, 133, 1964.
2. Гершберг Р. Е. — Изв. Кр. АО, 33, 206, 1965.
3. Гершберг Р. Е. — Астрофизика, 3, 1, 127, 1967.
4. Чугайнов П. Ф. — Изв. Кр. АО, 29, 150, 1962.
5. Колесник И. Г. Автореф. канд. дисс. ГАИШ, 1966.
6. Джой А. — В кн.: Звездные атмосферы, ИЛ, 1962.
7. Zwicky F. — Kleine Veroff. Remeis—Sternwarte, Bamberg, 4, № 40, 169, 1965.
8. Raczyński B. — Post. Astron., 13, № 4, Warszawa, 1965.
9. Каплан С. А., Пикельнер С. Б. Межзвездная среда, Физматгиз, М., 1963.
10. Зельдович Я. Б., Райзэр Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений, Физматгиз, М., 1963.
11. Герцберг Т. Спектры и строение двухатомных молекул, ИЛ, М., 1949.
12. Winans J. G., Stueckelberg E. C. G. — Proc. Nat. Acad. Sci., 14, 867, 1928.
13. Chalong D. — Ann. Phys., 1, 169, 1934.
14. Афаньев А., Шишловский А. — ДАН, 17, 183, 1937.
15. Bates D. R. — M. N. 112, 40, 1952; 111, 303, 1951.

ON A POSSIBLE SOURCE OF THE ENERGY OF THE FLARES OF THE LATE-TYPE STARS

I. A. KLIMISHIN

Summary

It is noted that if the flares of the late-type stars can be connected with the ejection of comparatively cold hydrogen clouds into overphotospheric layers, then an essential part of the flare energy can release as a result of transition of hydrogen into a molecular state. When the time of the flare fading is 10^3 sec and its energy is about 10^{33} erg, then the density of the cloud is 10^{16} cm^{-3} , and its sizes are $5 \cdot 10^9 \text{ cm}$, i. e. 1–2 orders less than for the model «the cold star + hot gas». The colour characteristics of such cloud are $(U-B)_0 = -1^m.0$, $(B-V) = -0^m.50$.

МОДЕЛИ АТМОСФЕР И ОБОЛОЧЕК ЗВЕЗД В СПЕКТРАЛЬНОМ ИНТЕРВАЛЕ АО — G5

В. И. Голинько, Н. С. Комаров, Г. С. Краснова

(Астрономическая обсерватория Одесского гос. ун-та)

Введение

Для интерпретации наблюдательных данных (распределения энергии в спектрах звезд, контуров линий поглощения, эмиссионных линий и т. д.) необходима сетка однородных моделей атмосфер и оболочек звезд. Структура «нормальных» звезд определяется заданием химического состава $\{A_i\}$, геометрическим g или эффективным g_e ускорением силы тяжести, поверхностной T_0 или эффективной температурой T_e . Химический состав звезд определяет непрозрачность их атмосфер. Для большого интервала спектральных классов и светимостей имеется сетка моделей атмосфер де Ягера и Невена [1], рассчитанных в сером приближении и при простейшем усреднении интенсивности излучения по направлениям. Для звезд спектрального класса А Осава

[2] рассчитал несерые модели атмосфер. Температурные распределения исправляли методом Суайхарта [3], разработанным в предположении постоянства потока лучистой энергии на различных оптических глубинах. Этот метод применим в случае малых отклонений от серого приближения. Для рассмотрения вопроса о влиянии металлов, как источников непрозрачности, на структуру атмосфер были рассчитаны модели атмосфер звезд с $T_e = 11\,000$ и $8100^\circ K$ [4] в сером приближении, но при чандрасекхаровском усреднении интенсивности по направлению. Все модели вычислены при одинаковом обилии водорода по отношению к металлам A и гелию по отношению к водороду B . Это дало возможность провести сравнение моделей атмосфер, соответствующих звезде одного и того же спектрального класса A7 главной последовательности, но рассчитанных при различных предположениях. На малых оптических глубинах до $\tau = 0,5$ температурные распределения

в различных моделях различные, причем наибольший градиент $\left| \frac{dt}{dh} \right|_{луч}$ у несерой модели Осава [2].

Это обстоятельство существенно для излучения, выходящего на поверхность звезды, в тех длинах волн, для которых монохроматическое непрерывное поглощение велико, например, для излучения за бальмеровским скачком. В этом случае наибольший вклад в монохроматическую интенсивность, выходящую на поверхность звезды,

$$I_\lambda(0) = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} B_\lambda(T) E_{l_\lambda}(\tau_\lambda) d\tau_\lambda, \quad (1)$$

вносит излучение верхних слоев атмосферы звезды. Исправление температурного распределения методом Суайхарта привело к лучшему согласию теоретического распределения энергии в спектре с наблюдаемым в интервале длин волн от 1900 до 3646 Å. В моделях де Ягера и Невена температура верхних слоев атмосферы звезды значительно завышена. Однако в последнее время ими рассчитаны модели атмосфер для несерого случая [5], температурные распределения которых лучше согласуются с данными работы [4]. Газовые давления, полученные в различных моделях, хорошо согласуются между собой даже на малых оптических глубинах. Газовые давления определяются в результате численного интегрирования уравнения гидростатического равновесия. Поэтому отношение g/k должно слабо зависеть от изменения температуры. Это дает возможность достаточно точно рассчитать структуру атмосферы звезды при принятии температурного распределения, полученного в сером приближении. Однако для вычисления монохроматических потоков необходимо брать точное распределение температуры с оптической глубиной.

Для детального изучения изменения структуры звезды с изменением химического состава в настоящей работе была рассчитана сетка моделей атмосфер и оболочек с $T_e = 9000, 8000, 7000, 6000^\circ K$ и с $\log g = 4,0$ и $3,0$. Для исследования движения волн сжатия от зоны двукратной критической ионизации гелия наружу в пульсирующих звездах были рассчитаны модели атмосфер и оболочек звезд с T_e и ускорением силы тяжести, взятых из работ [6—10]. Модели звезд с такими характеристиками, как показано в приведенных работах, пульсационно неустойчивы. Вычисления моделей атмосфер и оболочек были произведены для двух химических составов, которые близко соответствуют химическому составу звезд 1- и 2-го типов населения.

Модели атмосфер

При расчетах моделей атмосфер было использовано температурное распределение, полученное в сером приближении при чандрасекхаровском усреднении интенсивности излучения по направлению, которое задается выражением:

$$T^4 = \frac{3}{4} T_e^4 [\tau + q(\tau)], \quad (2)$$

где $q(\tau)$ — функция Хопфа. Распределение газового давления с глубиной получается при численном интегрировании уравнения гидростатического уравнения:

$$dP_g = \frac{g_e}{k} d\tau, \quad (3)$$

где P_g — газовое давление, k — средний коэффициент поглощения, g_e — эффективное ускорение силы тяжести, τ — оптическая глубина. Для численного интегрирования уравнения гидростатического равновесия условие $P=0$ при $\tau=0$ не годится, так как при этом правая часть уравнения обращается в бесконечность. При решении уравнения гидростатического равновесия мы пользовались таблицами из работы [11], в которых даны зависимости: $P_g(P_e, T)$, $\mu(P_e, T)$ и $k(P_e, T)$ для различных химических составов. По таблицам $P_g(P_e, T)$ для данной модели выбираем минимальное значение газового давления P_g^* . Это минимальное значение достигается на оптической глубине τ^* , которая нам не известна. Считая, что при $\tau \leq \tau^*$ величина g_e/k постоянная, получим:

$$P_g^* = \frac{g_e}{k^*} \tau^*. \quad (4)$$

Решая это уравнение совместно с уравнением (2) методом итераций, определим величины T^* , τ^* и k^* . Эти значения принимались за начальные условия при интегрировании уравнения гидростатического равновесия для атмосферы. Плотность находилась из уравнения состояния для идеального газа:

$$P_g = \frac{R_g}{\mu} \rho T. \quad (5)$$

Линейная глубина h получена при помощи численного интегрирования из уравнения:

$$d\tau = R \rho dh. \quad (6)$$

При расчетах моделей атмосфер принималось $g_e=g$. Влиянием давления излучения и турбулентности мы пренебрегали, так как они не являются важными для рассматриваемых моделей. При этом условии газовое давление определяется только кинетической температурой, в качестве которой нами принималась локальная температура. Расчет моделей атмосфер был произведен на ЭВМ «Урал-2». Общая схема вычислений показана на рис. 1. На рис. 1, *a* изображена схема расчета начальных условий T^* и τ^* , которые были использованы для расчетов моделей атмосфер. Пунктирные прямые показывают те операции, которые производились один раз. На рис. 1, *b* показано, как был произведен расчет моделей атмосфер до $\tau=10$. При этом значения плотности, давления и температуры для $\tau=2/3$ заносились в таблицы. В дальнейшем они были использованы в качестве начальных значений для интегрирования уравнений, описывающих модель оболочки. Внизу на рис. 1

Таблица 1

 $1/A = 0.002012; \quad 1/B = 0.125000$

τ	T	P	P_e	ρ
--------	-----	-----	-------	--------

 $T_e = 9000^\circ; \log g = 4$

0.001	0.7301 +04	0.381 +02	0.100 -01	0.259 -13
0.005	0.7319 +04	0.196 +03	0.857 +01	0.331 -09
0.010	0.7340 +04	0.356 +03	0.130 +02	0.681 -09
0.030	0.7388 +04	0.869 +03	0.198 +02	0.134 -08
0.050	0.7472 +04	0.123 +04	0.293 +02	0.217 -08
0.070	0.7551 +04	0.151 +04	0.376 +02	0.278 -08
0.100	0.7662 +04	0.184 +04	0.500 +02	0.345 -08
0.200	0.7699 +04	0.279 +04	0.542 +02	0.262 -08
0.400	0.8283 +04	0.368 +04	0.167 +03	0.613 -08
0.600	0.8722 +04	0.418 +04	0.277 +03	0.659 -08
0.800	0.9089 +04	0.449 +04	0.398 +03	0.653 -08
1.000	0.9410 +04	0.470 +04	0.549 +03	0.642 -08
2.000	0.9557 +04	0.552 +04	0.640 +03	0.637 -08
3.000	0.1074 +05	0.596 +04	0.139 +04	0.509 -08
4.000	0.1162 +05	0.636 +04	0.188 +04	0.546 -08
5.000	0.1234 +05	0.667 +04	0.253 +04	0.495 -08

 $T_e = 9000^\circ; \log g = 3$

0.001	0.7301 +04	0.381 +01	0.100 -01	0.253 -13
0.005	0.7319 +04	0.217 +02	0.238 +01	0.323 -10
0.010	0.7340 +04	0.436 +02	0.398 +01	0.768 -10
0.030	0.7388 +04	0.120 +03	0.644 +01	0.166 -09
0.050	0.7472 +04	0.179 +03	0.991 +01	0.294 -09
0.070	0.7551 +04	0.226 +03	0.129 +02	0.389 -09
0.100	0.7663 +04	0.282 +03	0.172 +02	0.491 -09
0.200	0.7699 +04	0.438 +03	0.187 +02	0.579 -09
0.400	0.8283 +04	0.574 +03	0.589 +02	0.882 -09
0.600	0.8722 +04	0.652 +03	0.919 +02	0.950 -09
0.800	0.9089 +04	0.709 +03	0.122 +03	0.938 -09
1.000	0.9410 +04	0.750 +03	0.158 +03	0.913 -09
2.000	0.9557 +04	0.916 +03	0.179 +03	0.898 -09
3.000	0.1074 +05	0.102 +04	0.349 +03	0.863 -09
4.000	0.1162 +05	0.114 +04	0.420 +03	0.839 -09
5.000	0.1234 +05	0.127 +04	0.511 +03	0.837 -09

 $T_e = 8000^\circ; \log g = 4$

0.001	0.6461 +04	0.443 +02	0.323 -02	0.109 -13
0.005	0.6505 +04	0.633 +03	0.390 +01	0.128 -08
0.010	0.6525 +04	0.111 +04	0.574 +01	0.252 -08
0.030	0.6567 +04	0.259 +04	0.871 +01	0.479 -08
0.050	0.6642 +04	0.361 +04	0.130 +02	0.766 -08
0.070	0.6712 +04	0.441 +04	0.169 +02	0.975 -08
0.100	0.6811 +04	0.538 +04	0.230 +02	0.121 -07
0.200	0.6843 +04	0.818 +04	0.251 +02	0.128 -07
0.400	0.7361 +04	0.109 +05	0.805 +02	0.215 -07
0.600	0.7753 +04	0.121 +05	0.158 +03	0.237 -07
0.800	0.8079 +04	0.129 +05	0.260 +03	0.245 -07
1.000	0.8364 +04	0.134 +05	0.388 +03	0.250 -07
2.000	0.8495 +04	0.154 +05	0.445 +03	0.246 -07
3.000	0.9547 +04	0.161 +05	0.133 +04	0.226 -07
4.000	0.1033 +05	0.164 +05	0.249 +04	0.211 -07
5.000	0.1097 +05	0.167 +05	0.321 +04	0.186 -07

 $T_e = 8000^\circ; \log g = 3$

0.001	0.6461 +04	0.443 +01	0.324 -02	0.109 -13
0.005	0.6505 +04	0.856 +02	0.133 +01	0.160 -09
0.010	0.6525 +04	0.165 +03	0.211 +01	0.363 -09
0.030	0.6567 +04	0.422 +03	0.338 +01	0.746 -09

τ	T	P	P_e	ρ
0.050	0.6642 +04	0.599 +03	0.507 +01	0.124 -08
0.070	0.6712 +04	0.740 +03	0.660 +01	0.160 -08
0.100	0.6811 +04	0.911 +03	0.913 +01	0.202 -08
0.200	0.6843 +04	0.141 +04	0.100 +02	0.214 -08
0.400	0.7361 +04	0.189 +04	0.323 +02	0.365 -08
0.600	0.7753 +04	0.209 +04	0.614 +02	0.392 -08
0.800	0.8079 +04	0.220 +04	0.102 +03	0.404 -08
1.000	0.8364 +04	0.228 +04	0.152 +03	0.407 -08
2.000	0.8495 +04	0.260 +04	0.170 +03	0.400 -08
3.000	0.9547 +04	0.270 +04	0.429 +03	0.338 -08
4.000	0.1033 +05	0.276 +04	0.760 +03	0.305 -08
5.000	0.1097 +05	0.282 +04	0.881 +03	0.275 -08
$T_e = 7000^\circ; \log g = 4$				
0.001	0.5678 +04	0.246 +03	0.350 -02	0.787 -13
0.005	0.5689 +04	0.234 +04	0.128 +01	0.571 -08
0.010	0.5709 +04	0.382 +04	0.188 +01	0.102 -07
0.030	0.5746 +04	0.823 +04	0.280 +01	0.182 -07
0.050	0.5811 +04	0.111 +05	0.425 +01	0.276 -07
0.070	0.5873 +04	0.133 +05	0.563 +01	0.342 -07
0.100	0.5959 +04	0.159 +05	0.769 +01	0.416 -07
0.200	0.5988 +04	0.234 +05	0.839 +01	0.435 -07
0.400	0.6441 +04	0.309 +05	0.270 +02	0.712 -07
0.600	0.6764 +04	0.344 +05	0.581 +02	0.795 -07
0.800	0.7069 +04	0.367 +05	0.986 +02	0.827 -07
1.000	0.7319 +04	0.383 +05	0.150 +03	0.836 -07
2.000	0.7433 +04	0.441 +05	0.182 +03	0.834 -07
3.000	0.8354 +04	0.460 +05	0.714 +03	0.852 -07
4.000	0.9039 +04	0.467 +05	0.149 +04	0.763 -07
5.000	0.9596 +04	0.472 +05	0.266 +04	0.720 -07
$T_e = 7000^\circ; \log g = 3$				
0.001	0.5678 +04	0.246 +02	0.350 -02	0.787 -13
0.005	0.5689 +04	0.418 +03	0.508 00	0.994 -09
0.010	0.5709 +04	0.716 +03	0.746 00	0.190 -08
0.030	0.5746 +04	0.163 +04	0.115 +01	0.354 -08
0.050	0.5811 +04	0.222 +04	0.174 +01	0.550 -08
0.070	0.5873 +04	0.268 +04	0.229 +01	0.688 -08
0.100	0.5959 +04	0.323 +04	0.326 +01	0.844 -08
0.200	0.5988 +04	0.482 +04	0.348 +01	0.887 -08
0.400	0.6441 +04	0.630 +04	0.118 +02	0.145 -07
0.600	0.6764 +04	0.697 +04	0.252 +02	0.160 -07
0.800	0.7069 +04	0.737 +04	0.433 +02	0.166 -07
1.000	0.7319 +04	0.765 +04	0.656 +02	0.165 -07
2.000	0.7433 +04	0.865 +04	0.787 +02	0.164 -07
3.000	0.8354 +04	0.892 +04	0.308 +03	0.164 -07
4.000	0.9039 +04	0.905 +04	0.583 +03	0.140 -07
5.000	0.9596 +04	0.911 +04	0.102 +04	0.127 -07
$T_e = 6000^\circ; \log g = 4$				
0.001	0.4867 +04	0.956 +04	0.287 -02	0.554 -11
0.005	0.4879 +04	0.114 +05	0.751 00	0.371 -07
0.010	0.4894 +04	0.135 +05	0.872 00	0.441 -07
0.030	0.4925 +04	0.205 +05	0.111 +01	0.580 -07
0.050	0.4981 +04	0.257 +05	0.148 +01	0.769 -07
0.070	0.5034 +04	0.301 +05	0.181 +01	0.916 -07
0.100	0.5108 +04	0.354 +05	0.246 +01	0.109 -06
0.200	0.5132 +04	0.507 +05	0.267 +01	0.114 -06
0.400	0.5521 +04	0.683 +05	0.679 +01	0.180 -06
0.600	0.5815 +04	0.786 +05	0.145 +02	0.210 -06
0.800	0.6059 +04	0.850 +05	0.247 +02	0.223 -06

τ	T	P	P_e	P
1.000	0.6273 +04	0.900 +05	0.353 +02	0.230 —06
2.000	0.6371 +04	0.110 +06	0.437 +02	0.232 —06
3.000	0.7170 +04	0.116 +06	0.202 +03	0.252 —06
4.000	0.7748 +04	0.118 +06	0.519 +03	0.243 —06
5.000	0.8224 +04	0.120 +06	0.101 +04	0.235 —06
$T_e = 6000^\circ; \log g = 3$				
0.001	0.4867 +04	0.956 +03	0.287 —02	0.554 —11
0.005	0.4879 +04	0.175 +04	0.180 00	0.532 —08
0.010	0.4894 +04	0.247 +04	0.241 00	0.785 —08
0.030	0.4925 +04	0.469 +04	0.424 00	0.125 —07
0.050	0.4981 +04	0.620 +04	0.491 00	0.181 —07
0.070	0.5034 +04	0.743 +04	0.610 00	0.224 —07
0.100	0.5108 +04	0.888 +04	0.872 00	0.272 —07
0.200	0.5132 +04	0.129 +05	0.961 00	0.285 —07
0.400	0.5521 +04	0.170 +05	0.282 +01	0.453 —07
0.600	0.5815 +04	0.193 +05	0.620 +01	0.518 —07
0.800	0.6059 +04	0.206 +05	0.110 +02	0.542 —07
1.000	0.6273 +04	0.215 +05	0.166 +02	0.553 —07
2.000	0.6371 +04	0.253 +05	0.204 +02	0.555 —07
3.000	0.7170 +04	0.264 +05	0.955 +02	0.580 —07
4.000	0.7748 +04	0.268 +05	0.241 +03	0.546 —07
5.000	0.8224 +04	0.271 +05	0.469 +03	0.523 —07
$T_e = 6989^\circ; \log g = 2.9543$				
0.001	0.5673 +04	0.225 +02	0.117 00	0.644 —10
0.005	0.5687 +04	0.395 +03	0.537 00	0.114 —08
0.010	0.5704 +04	0.677 +03	0.744 00	0.195 —08
0.030	0.5770 +04	0.154 +04	0.137 +01	0.437 —08
0.050	0.5834 +04	0.210 +04	0.191 +01	0.589 —08
0.070	0.5893 +04	0.253 +04	0.244 +01	0.704 —08
0.100	0.5978 +04	0.305 +04	0.326 +01	0.837 —08
0.200	0.6224 +04	0.454 +04	0.679 +01	0.120 —07
0.400	0.6611 +04	0.593 +04	0.170 +02	0.146 —07
0.600	0.6921 +04	0.655 +04	0.320 +02	0.154 —07
0.800	0.7186 +04	0.693 +04	0.514 +02	0.157 —07
1.000	0.7422 +04	0.719 +04	0.749 +02	0.154 —07
2.000	0.8341 +04	0.813 +04	0.293 +03	0.154 —07
3.000	0.9025 +04	0.838 +04	0.555 +03	0.131 —07
4.000	0.9580 +04	0.850 +04	0.967 +03	0.119 —07
5.000	0.1005 +05	0.855 +04	0.151 +04	0.113 —07
$T_e = 6500^\circ; \log g = 2.6345$				
0.001	0.5276 +04	0.442 +02	0.580 —01	0.134 —09
0.005	0.5289 +04	0.421 +03	0.210 00	0.131 —08
0.010	0.5305 +04	0.715 +03	0.297 00	0.222 —08
0.030	0.5366 +04	0.160 +04	0.562 00	0.489 —08
0.050	0.5426 +04	0.216 +04	0.763 00	0.656 —08
0.070	0.5481 +04	0.262 +04	0.943 00	0.787 —08
0.100	0.5560 +04	0.319 +04	0.121 +01	0.945 —08
0.200	0.5789 +04	0.487 +04	0.270 +01	0.138 —07
0.400	0.6149 +04	0.623 +04	0.696 +01	0.166 —07
0.600	0.6437 +04	0.694 +04	0.129 +02	0.176 —07
0.800	0.6684 +04	0.733 +04	0.218 +02	0.179 —07
1.000	0.6902 +04	0.759 +04	0.334 +02	0.179 —07
2.000	0.7757 +04	0.858 +04	0.135 +03	0.174 —07
3.000	0.8393 +04	0.882 +04	0.327 +03	0.166 —07
4.000	0.8910 +04	0.893 +04	0.518 +03	0.144 —07
5.000	0.9349 +04	0.900 +04	0.792 +03	0.132 —07

τ	T	P	P_e	ρ
$T_e = 6457^\circ; \log g = 1.7900$				
0.001	0.5241 +04	0.703 +01	0.197 -01	0.219 -10
0.005	0.5254 +04	0.906 +02	0.798 -01	0.283 -09
0.010	0.5269 +04	0.172 +03	0.119 00	0.535 -09
0.030	0.5331 +04	0.416 +03	0.234 00	0.128 -08
0.050	0.5390 +04	0.579 +03	0.328 00	0.176 -08
0.070	0.5445 +04	0.710 +03	0.421 00	0.214 -08
0.100	0.5523 +04	0.868 +03	0.556 00	0.258 -08
0.200	0.5750 +04	0.132 +04	0.120 +01	0.378 -08
0.400	0.6108 +04	0.170 +04	0.320 +01	0.456 -08
0.600	0.6394 +04	0.188 +04	0.604 +01	0.480 -08
0.800	0.6639 +04	0.198 +04	0.102 +02	0.484 -08
1.000	0.6856 +04	0.204 +04	0.156 +02	0.482 -08
2.000	0.7707 +04	0.228 +04	0.615 +02	0.450 -08
3.000	0.8338 +04	0.233 +04	0.149 +03	0.424 -08
4.000	0.8851 +04	0.236 +04	0.225 +03	0.369 -08
5.000	0.9287 +04	0.237 +04	0.325 +03	0.327 -08
$T_e = 5500^\circ; \log g = 1.0569$				
0.001	0.4454 +04	0.393 +02	0.532 -02	0.145 -09
0.005	0.4476 +04	0.131 +03	0.127 -01	0.481 -09
0.010	0.4489 +04	0.205 +03	0.183 -01	0.751 -09
0.030	0.4541 +04	0.424 +03	0.335 -01	0.154 -08
0.050	0.4591 +04	0.571 +03	0.459 -01	0.205 -08
0.070	0.4638 +04	0.684 +03	0.610 -01	0.243 -08
0.100	0.4705 +04	0.812 +03	0.820 -01	0.284 -08
0.200	0.4898 +04	0.118 +04	0.151 00	0.396 -08
0.400	0.5203 +04	0.158 +04	0.364 00	0.500 -08
0.600	0.5447 +04	0.178 +04	0.710 00	0.537 -08
0.800	0.5655 +04	0.190 +04	0.113 +01	0.552 -08
1.000	0.5840 +04	0.198 +04	0.188 +01	0.557 -08
2.000	0.6564 +04	0.227 +04	0.939 +01	0.562 -08
3.000	0.7102 +04	0.234 +04	0.257 +02	0.535 -08
4.000	0.7539 +04	0.237 +04	0.495 +02	0.486 -08
5.000	0.7911 +04	0.239 +04	0.848 +02	0.458 -08
$T_e = 5390^\circ; \log g = 1.6860$				
0.001	0.4375 +04	0.202 +03	0.160 -01	0.758 -09
0.005	0.4386 +04	0.394 +03	0.278 -01	0.148 -08
0.010	0.4398 +04	0.561 +03	0.377 -01	0.210 -08
0.030	0.4450 +04	0.106 +04	0.668 -01	0.390 -08
0.050	0.4499 +04	0.138 +04	0.875 -01	0.505 -08
0.070	0.4545 +04	0.165 +04	0.106 00	0.596 -08
0.100	0.4611 +04	0.198 +04	0.136 00	0.707 -08
0.200	0.4800 +04	0.294 +04	0.253 00	0.101 -07
0.400	0.5099 +04	0.400 +04	0.499 00	0.129 -07
0.600	0.5338 +04	0.461 +04	0.997 00	0.142 -07
0.800	0.5542 +04	0.498 +04	0.152 +01	0.148 -07
1.000	0.5724 +04	0.526 +04	0.236 +01	0.151 -07
2.000	0.6432 +04	0.630 +04	0.121 +02	0.160 -07
3.000	0.6960 +04	0.657 +04	0.343 +02	0.154 -07
4.000	0.7388 +04	0.668 +04	0.684 +02	0.144 -07
5.000	0.7753 +04	0.673 +04	0.113 +03	0.136 -07

$1/A = 0.000201; \quad 1/B = 0.125000$

τ	T	P	P_e	ρ
--------	-----	-----	-------	--------

 $T_e = 9000^\circ; \quad \log g = 4$

0.001	0.7301 +04	0.374 +02	0.100 -01	0.254 -13
0.005	0.7319 +04	0.193 +03	0.827 +01	0.319 -09
0.010	0.7340 +04	0.351 +03	0.128 +02	0.658 -09
0.030	0.7388 +04	0.857 +03	0.196 +02	0.129 -08
0.050	0.7472 +04	0.121 +04	0.289 +02	0.210 -08
0.070	0.7551 +04	0.149 +04	0.371 +02	0.269 -08
0.100	0.7662 +04	0.182 +04	0.493 +02	0.334 -08
0.200	0.7699 +04	0.275 +04	0.535 +02	0.352 -08
0.400	0.8281 +04	0.363 +04	0.166 +03	0.594 -08
0.600	0.8722 +04	0.412 +04	0.274 +03	0.638 -08
0.800	0.9089 +04	0.443 +04	0.394 +03	0.632 -08
1.000	0.9410 +04	0.464 +04	0.544 +03	0.621 -08
2.000	0.9557 +04	0.544 +04	0.633 +03	0.616 -08
3.000	0.1074 +05	0.588 +04	0.137 +04	0.589 -08
4.000	0.1162 +05	0.627 +04	0.186 +04	0.528 -08
5.000	0.1234 +05	0.658 +04	0.250 +04	0.480 -08

 $T_e = 9000^\circ; \quad \log g = 3$

0.001	0.7301 +04	0.374 +01	0.100 -01	0.254 -13
0.005	0.7319 +04	0.213 +02	0.235 +01	0.311 -10
0.010	0.7340 +04	0.428 +02	0.393 +01	0.740 -10
0.030	0.7388 +04	0.118 +03	0.636 +01	0.161 -09
0.050	0.7472 +04	0.176 +03	0.979 +01	0.284 -09
0.070	0.7551 +04	0.223 +03	0.127 +02	0.375 -09
0.100	0.7662 +04	0.278 +03	0.170 +02	0.475 -09
0.200	0.7699 +04	0.432 +03	0.184 +02	0.501 -09
0.400	0.8281 +04	0.565 +03	0.583 +02	0.854 -09
0.600	0.8722 +04	0.643 +03	0.909 +02	0.918 -09
0.800	0.9089 +04	0.698 +03	0.120 +03	0.907 -09
1.000	0.9410 +04	0.740 +03	0.156 +03	0.882 -09
2.000	0.9557 +04	0.903 +03	0.177 +03	0.868 -09
3.000	0.1074 +05	0.101 +04	0.345 +03	0.834 -09
4.000	0.1162 +05	0.113 +04	0.416 +03	0.812 -09
5.000	0.1234 +05	0.125 +04	0.505 +03	0.810 -09

 $T_e = 8000^\circ; \quad \log g = 4$

0.001	0.6490 +04	0.434 +02	0.323 -02	0.107 -13
0.005	0.6503 +04	0.627 +03	0.381 +01	0.125 -08
0.010	0.6525 +04	0.110 +04	0.559 +01	0.245 -08
0.030	0.6567 +04	0.257 +04	0.847 +01	0.467 -08
0.050	0.6642 +04	0.359 +04	0.126 +02	0.749 -08
0.070	0.6712 +04	0.440 +04	0.163 +02	0.954 -08
0.100	0.6811 +04	0.537 +04	0.222 +02	0.119 -07
0.200	0.6843 +04	0.817 +04	0.243 +02	0.125 -07
0.400	0.7361 +04	0.109 +05	0.794 +02	0.211 -07
0.600	0.7753 +04	0.121 +05	0.155 +03	0.231 -07
0.800	0.8079 +04	0.128 +05	0.257 +03	0.239 -07
1.000	0.8364 +04	0.133 +05	0.385 +03	0.244 -07
2.000	0.8495 +04	0.154 +05	0.442 +03	0.240 -07
3.000	0.9547 +04	0.160 +05	0.132 +04	0.221 -07
4.000	0.1033 +05	0.163 +05	0.248 +04	0.205 -07
5.000	0.1097 +05	0.166 +05	0.319 +04	0.181 -07

 $T_e = 8000^\circ; \quad \log g = 3$

0.001	0.6490 +04	0.434 +01	0.323 -02	0.109 -13
0.005	0.6503 +04	0.842 +02	0.130 +01	0.155 -09
0.010	0.6525 +04	0.163 +03	0.207 +01	0.351 -09
0.030	0.6567 +04	0.418 +03	0.329 +01	0.723 -09

τ	T	P	P_e	p
0.050	0.6642 +04	0.593 +03	0.496 +01	0.120 -08
0.070	0.6712 +04	0.732 +03	0.651 +01	0.155 -08
0.100	0.6811 +04	0.902 +03	0.894 +01	0.196 -08
0.200	0.6843 +04	0.140 +04	0.981 +01	0.208 -08
0.400	0.7361 +04	0.187 +04	0.319 +02	0.354 -08
0.600	0.7753 +04	0.207 +04	0.606 +02	0.380 -08
0.800	0.8079 +04	0.218 +04	0.101 +03	0.392 -08
1.000	0.8364 +04	0.226 +04	0.150 +03	0.395 -08
2.000	0.8495 +04	0.257 +04	0.169 +03	0.388 -08
3.000	0.9547 +04	0.267 +04	0.425 +03	0.328 -08
4.000	0.1033 +05	0.273 +04	0.753 +03	0.296 -08
5.000	0.1097 +05	0.278 +04	0.872 +03	0.266 -08
$T_e = 7000^\circ; \log g = 4$				
0.001	0.5678 +04	0.242 +03	0.344 -02	0.775 -13
0.005	0.5692 +04	0.240 +04	0.117 +01	0.573 -08
0.010	0.5709 +04	0.397 +04	0.166 +01	0.104 -07
0.030	0.5746 +04	0.868 +04	0.247 +01	0.188 -07
0.050	0.5811 +04	0.142 +05	0.483 +01	0.360 -07
0.070	0.5873 +04	0.155 +05	0.567 +01	0.388 -07
0.100	0.5960 +04	0.171 +05	0.667 +01	0.440 -07
0.200	0.5988 +04	0.253 +05	0.732 +01	0.461 -07
0.400	0.6441 +04	0.329 +05	0.262 +02	0.749 -07
0.600	0.6784 +04	0.365 +05	0.561 +02	0.829 -07
0.800	0.7069 +04	0.387 +05	0.978 +02	0.858 -07
1.000	0.7319 +04	0.403 +05	0.151 +03	0.864 -07
2.000	0.7433 +04	0.460 +05	0.183 +03	0.864 -07
3.000	0.8354 +04	0.477 +05	0.724 +03	0.869 -07
4.000	0.9039 +04	0.485 +05	0.151 +04	0.779 -07
5.000	0.9595 +04	0.489 +05	0.270 +04	0.735 -07
$T_e = 7000^\circ; \log g = 3$				
0.001	0.5678 +04	0.242 +02	0.350 -02	0.775 -13
0.005	0.5692 +04	0.421 +03	0.482 00	0.982 -09
0.010	0.5704 +04	0.725 +03	0.701 00	0.189 -08
0.030	0.5746 +04	0.166 +04	0.106 +01	0.353 -08
0.050	0.5811 +04	0.228 +04	0.159 +01	0.553 -08
0.070	0.5873 +04	0.276 +04	0.209 +01	0.695 -08
0.100	0.5960 +04	0.334 +04	0.290 +01	0.854 -08
0.200	0.5988 +04	0.500 +04	0.319 +01	0.898 -08
0.400	0.6441 +04	0.648 +04	0.116 +02	0.147 -07
0.600	0.6784 +04	0.714 +04	0.246 +02	0.161 -07
0.800	0.7069 +04	0.754 +04	0.429 +02	0.167 -07
1.000	0.7319 +04	0.782 +04	0.656 +02	0.166 -07
2.000	0.7433 +04	0.880 +04	0.787 +02	0.164 -07
3.000	0.8354 +04	0.907 +04	0.310 +03	0.163 -07
4.000	0.9039 +04	0.918 +04	0.587 +03	0.140 -07
5.000	0.9595 +04	0.925 +04	0.103 +04	0.127 -07
$T_e = 6000^\circ; \log g = 4$				
0.001	0.4867 +04	0.102 +05	0.295 -02	0.688 -11
0.005	0.4879 +04	0.143 +05	0.334 00	0.442 -07
0.010	0.4894 +04	0.184 +05	0.410 00	0.584 -07
0.030	0.4925 +04	0.319 +05	0.554 00	0.853 -07
0.050	0.4981 +04	0.415 +05	0.759 00	0.120 -06
0.070	0.5034 +04	0.494 +05	0.936 00	0.146 -06
0.100	0.5108 +04	0.586 +05	0.135 +01	0.177 -06
0.200	0.5132 +04	0.840 +05	0.151 +01	0.185 -06
0.400	0.5521 +04	0.106 +06	0.564 +01	0.286 -06
0.600	0.5815 +04	0.118 +06	0.127 +02	0.314 -06
0.800	0.6059 +04	0.124 +06	0.237 +02	0.324 -06
1.000	0.6273 +04	0.129 +06	0.381 +02	0.326 -06

τ	T	P	P_e	ρ
2.000	0.6371 +04	0.147 +06	0.473 +02	0.327 -06
3.000	0.7160 +04	0.152 +06	0.226 +03	0.331 -06
4.000	0.7748 +04	0.155 +06	0.580 +03	0.314 --06
5.000	0.8224 +04	0.156 +06	0.114 +04	0.300 -06
$T_e = 6000^\circ; \log g = 3$				
0.001	0.4867 +04	0.102 +04	0.295 -02	0.688 -11
0.005	0.4879 +04	0.221 +04	0.111 00	0.648 -08
0.010	0.4894 +04	0.328 +04	0.150 00	0.102 -07
0.030	0.4925 +04	0.656 +04	0.218 00	0.169 -07
0.050	0.4981 +04	0.879 +04	0.311 00	0.251 -07
0.070	0.5034 +04	0.106 +05	0.396 00	0.312 -07
0.100	0.5108 +04	0.126 +05	0.570 00	0.381 -07
0.200	0.5132 +04	0.183 +05	0.634 00	0.398 -07
0.400	0.5521 +04	0.231 +05	0.252 +01	0.621 -07
0.600	0.5815 +04	0.254 +05	0.575 +01	0.680 -07
0.800	0.6059 +04	0.268 +05	0.108 +02	0.697 -07
1.000	0.6273 +04	0.277 +05	0.175 +02	0.702 -07
2.000	0.6371 +04	0.312 +05	0.218 +02	0.701 -07
3.000	0.7160 +04	0.322 +05	0.104 +03	0.701 -07
4.000	0.7748 +04	0.326 +05	0.262 +03	0.654 -07
5.000	0.8224 +04	0.328 +05	0.153 +03	0.624 -07
$T_e = 6989^\circ; \log g = 2.9543$				
0.001	0.5673 +04	0.222 +02	0.113 00	0.623 -10
0.005	0.5687 +04	0.398 +03	0.508 00	0.113 -08
0.010	0.5704 +04	0.685 +03	0.699 00	0.193 -08
0.030	0.5770 +04	0.157 +04	0.126 +01	0.438 -08
0.050	0.5834 +04	0.215 +04	0.175 +01	0.594 -08
0.070	0.5893 +04	0.260 +04	0.223 +01	0.711 -08
0.100	0.5978 +04	0.314 +04	0.302 +01	0.847 -08
0.200	0.6224 +04	0.470 +04	0.650 +01	0.122 -07
0.400	0.6611 +04	0.609 +04	0.166 +02	0.147 -07
0.600	0.6921 +04	0.671 +04	0.314 +02	0.155 -07
0.800	0.7186 +04	0.708 +04	0.514 +02	0.158 -07
1.000	0.7422 +04	0.734 +04	0.748 +02	0.155 -07
2.000	0.8341 +04	0.826 +04	0.294 +03	0.153 -07
3.000	0.9025 +04	0.851 +04	0.558 +03	0.131 -07
4.000	0.9580 +04	0.862 +04	0.974 +03	0.119 -07
5.000	0.1005 +05	0.867 +04	0.152 +04	0.113 -07
$T_e = 6500^\circ; \log g = 2.6345$				
0.001	0.5276 +04	0.441 +02	0.527 -01	0.135 -09
0.005	0.5289 +04	0.446 +03	0.178 00	0.136 -08
0.010	0.5305 +04	0.771 +03	0.241 00	0.235 -08
0.030	0.5366 +04	0.177 +04	0.450 00	0.533 -08
0.050	0.5426 +04	0.243 +04	0.636 00	0.723 -08
0.070	0.5481 +04	0.294 +04	0.815 00	0.867 -08
0.100	0.5560 +04	0.356 +04	0.110 +01	0.103 -07
0.200	0.5789 +04	0.533 +04	0.246 +01	0.149 -07
0.400	0.6149 +04	0.676 +04	0.662 +01	0.177 -07
0.600	0.6437 +04	0.747 +04	0.129 +02	0.186 -07
0.800	0.6684 +04	0.785 +04	0.217 +02	0.188 -07
1.000	0.6902 +04	0.810 +04	0.334 +02	0.188 -07
2.000	0.7757 +04	0.907 +04	0.138 +03	0.180 -07
3.000	0.8393 +04	0.930 +04	0.335 +03	0.172 -07
4.000	0.8910 +04	0.941 +04	0.532 +03	0.150 -07
5.000	0.9349 +04	0.947 +04	0.810 +03	0.137 -07

τ	T	P	P_e	ρ
$T_e = 6457^\circ; \log g = 1.7900$				
0.001	0.5241 +04	0.703 +01	0.186 -01	0.215 -10
0.005	0.5254 +04	0.922 +02	0.715 -01	0.283 -09
0.010	0.5269 +04	0.176 +03	0.104 00	0.539 -09
0.030	0.5331 +04	0.441 +03	0.200 00	0.133 -08
0.050	0.5390 +04	0.618 +03	0.283 00	0.185 -08
0.070	0.5445 +04	0.761 +03	0.368 00	0.226 -08
0.100	0.5523 +04	0.931 +03	0.508 00	0.272 -08
0.200	0.5750 +04	0.141 +04	0.113 +01	0.395 -08
0.400	0.6108 +04	0.179 +04	0.308 +01	0.472 -08
0.600	0.6394 +04	0.198 +04	0.603 +01	0.495 -08
0.800	0.6639 +04	0.207 +04	0.102 +02	0.497 -08
1.000	0.6856 +04	0.214 +04	0.156 +02	0.494 -08
2.000	0.7707 +04	0.236 +04	0.622 +02	0.459 -08
3.000	0.8338 +04	0.242 +04	0.152 +03	0.432 -08
4.000	0.8851 +04	0.244 +04	0.229 +03	0.376 -08
5.000	0.9287 +04	0.245 +04	0.331 +03	0.333 -08
$T_e = 5500^\circ; \log g = 1.0569$				
0.001	0.4464 +04	0.494 +02	0.345 -02	0.179 -09
0.005	0.4476 +04	0.179 +03	0.742 -02	0.647 -09
0.010	0.4489 +04	0.296 +03	0.102 -01	0.107 -08
0.030	0.4541 +04	0.655 +03	0.185 -01	0.233 -08
0.050	0.4591 +04	0.893 +03	0.250 -01	0.314 -08
0.070	0.4638 +04	0.108 +04	0.335 -01	0.376 -08
0.100	0.4705 +04	0.129 +04	0.488 -01	0.442 -08
0.200	0.4898 +04	0.185 +04	0.114 00	0.609 -08
0.400	0.5203 +04	0.232 +04	0.318 00	0.720 -08
0.600	0.5447 +04	0.253 +04	0.688 00	0.750 -08
0.800	0.5655 +04	0.265 +04	0.122 +01	0.756 -08
1.000	0.5840 +04	0.272 +04	0.200 +01	0.752 -08
2.000	0.6564 +04	0.299 +04	0.105 +02	0.728 -08
3.000	0.7102 +04	0.306 +04	0.291 +02	0.687 -08
4.000	0.7539 +04	0.308 +04	0.564 +02	0.624 -08
5.000	0.7911 +04	0.310 +04	0.976 +02	0.589 -08
$T_e = 5390^\circ; \log g = 1.6860$				
0.001	0.4375 +04	0.258 +03	0.665 -02	0.952 -09
0.005	0.4386 +04	0.652 +03	0.123 -01	0.240 -08
0.010	0.4398 +04	0.987 +03	0.168 -01	0.363 -08
0.030	0.4450 +04	0.199 +04	0.290 -01	0.722 -08
0.050	0.4499 +04	0.266 +04	0.396 -01	0.955 -08
0.070	0.4545 +04	0.319 +04	0.484 -01	0.113 -07
0.100	0.4611 +04	0.384 +04	0.653 -01	0.135 -07
0.200	0.4800 +04	0.566 +04	0.163 00	0.191 -07
0.400	0.5099 +04	0.708 +04	0.413 00	0.224 -07
0.600	0.5338 +04	0.777 +04	0.911 00	0.235 -07
0.800	0.5542 +04	0.814 +04	0.161 +01	0.237 -07
1.000	0.5724 +04	0.840 +04	0.262 +01	0.237 -07
2.000	0.6432 +04	0.933 +04	0.143 +02	0.233 -07
3.000	0.6960 +04	0.956 +04	0.404 +02	0.220 -07
4.000	0.7388 +04	0.966 +04	0.820 +02	0.206 -07
5.000	0.7753 +04	0.970 +04	0.142 +03	0.193 -07

показана нумерация таблиц, использованных для расчетов моделей атмосфер и оболочек.

Результаты расчетов параметров моделей атмосфер приведены в табл. 1 для химического состава, соответствующего химическому составу звезд 1-го типа населения, и в табл. 2 для химического состава, соответствующего химическому составу звезд 2-го типа населения.

Анализ показал, что при увеличении содержания металлов для звезд спектрального класса А уменьшается средний коэффициент непрерывного поглощения. Параметры звезд спектрального класса F мало чувствительны к изменению в содержании тяжелых элементов.

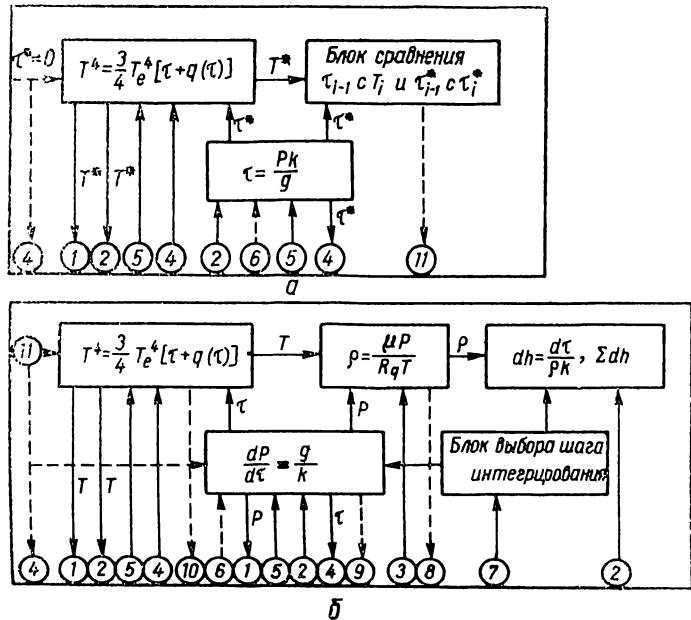


Рис. 1. Общая схема вычислений.

1 — $P(P_e, T)$; 2 — $k(P_e, T)$; 3 — $\mu(P_e, T)$; 4 — $q(\tau)$; 5 — q, T_e, M, L, R ; 6 — P^* ; 7 — $\Delta\tau$; 8 — $\rho_{\tau=\tau_i}$; 9 — $P_{\tau=\tau_i}$; 10 — $T_{\tau=\tau_i}$; 11 — τ^* .

Модели оболочек

Под оболочкой звезды обычно подразумевают ту часть звезды, где можно пренебречь выделением энергии в результате термоядерных реакций. Поэтому при расчете модели оболочки используются следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \frac{dM_r}{dr} &= 4\pi r^2 \rho, \\ \frac{dP}{dr} &= \frac{GM_r}{r^2} \rho, \\ \frac{dT}{dr} &= -\frac{3k\rho}{ac} \frac{L}{4\pi r^2}, \end{aligned} \quad (7)$$

где M_r — масса внутри сферы радиуса r , L — светимость звезды. Для удобства интегрирования на ЭВМ «Урал-2» перепишем эти уравнения в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{dT}{dP} &= \frac{3L}{16\pi acG} \cdot \frac{k}{M_r T^3}, \\ \frac{dr}{dP} &= -\frac{r^2}{G\rho M_r}, \\ \frac{dM_r}{dP} &= -\frac{4\pi r^4}{GM_r}, \end{aligned} \quad (8)$$

где давление является независимой переменной. Полагая, что на глубине $\tau = 2/3$ выполняются условия $r = R$ и $M_r = M$, мы выбираем их в качестве начальных значений для интегрирования системы уравнений (8), причем начальное значение R определяется из уравнения

$$g = \frac{GM}{R^2}, \quad (9)$$

где M задается из физических соображений. Необходимо также задать значения T и P на глубине $\tau = 2/3$. Значение L , которое входит как по-

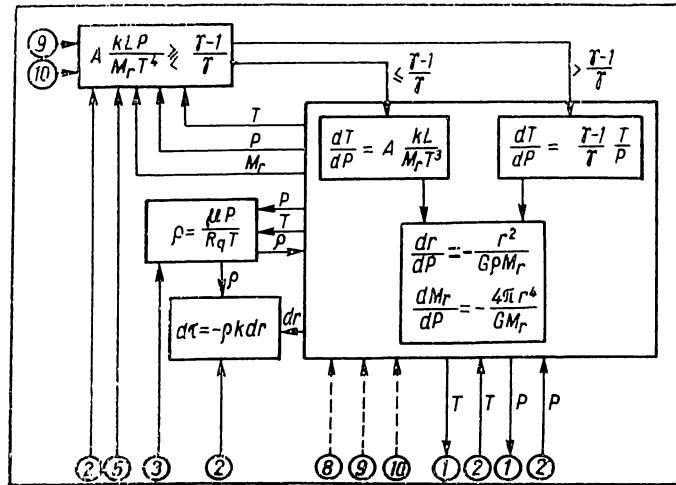


Рис. 2. Общая схема решения уравнения для оболочки.
Условные обозначения см. на рис. 1.

стоянный параметр в первое уравнение системы (8), вычисляется из уравнения

$$L = 4\pi R^2 \sigma T_e^4. \quad (10)$$

Таким путем мы сшиваем модель оболочки с моделью атмосферы. Плотность в оболочке можно определять из уравнения состояния:

$$\rho = \frac{\mu}{R_g} \frac{P}{T}. \quad (11)$$

Для тех слоев оболочки звезды, где нарушается условие лучевого равновесия, вместо первого уравнения в системе (8) использовалось уравнение для конвективного переноса энергии, которое имеет вид:

$$\frac{dT}{dP} = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{T}{P}. \quad (12)$$

В качестве критерия для использования уравнения (12) вместо первого уравнения системы (8) служит неравенство:

$$\left| \frac{d \ln T}{d \ln P} \right|_{луч} > \frac{\gamma - 1}{\gamma}. \quad (13)$$

Общая схема решения уравнений для оболочки приведена на рис. 2, где

$$A = \frac{3}{16\pi acG}. \quad (14)$$

Таблица 3

 $1/A = 0.002012; \quad 1/B = 0.125\ 000$

T	P	ρ	r/R
$T_e = 6989^\circ; \quad \log g = 2.9543; \quad M = 1.25 \times M_\odot$			
6989	0.669 +04	0.156 -07	0.1000 +01
8000	0.935 +04	0.179 -07	0.9996 00
11000	0.207 +05	0.234 -07	0.9981 00
14000	0.377 +05	0.268 -07	0.9963 00
17000	0.613 +05	0.317 -07	0.9941 00
20000	0.920 +05	0.392 -07	0.9918 00
23000	0.130 +06	0.473 -07	0.9895 00
26000	0.177 +06	0.557 -07	0.9871 00
29000	0.233 +06	0.651 -07	0.9847 00
32000	0.298 +06	0.747 -07	0.9824 00
35000	0.372 +06	0.850 -07	0.9800 00
38000	0.457 +06	0.956 -07	0.9777 00
41000	0.553 +06	0.107 -06	0.9753 00
44000	0.660 +06	0.118 -06	0.9730 00
47000	0.778 +06	0.130 -06	0.9706 00
50000	0.908 +06	0.142 -06	0.9683 00
$T_e = 6500^\circ; \quad \log g = 2.6345; \quad M = 0.378 \times M_\odot$			
6500	0.710 +04	0.178 -07	0.1000 +01
8000	0.119 +05	0.232 -07	0.9983 00
11000	0.307 +05	0.302 -07	0.9935 00
14000	0.481 +05	0.347 -07	0.9897 00
17000	0.778 +05	0.404 -07	0.9844 00
20000	0.117 +06	0.502 -07	0.9785 00
23000	0.166 +06	0.603 -07	0.9726 00
26000	0.225 +06	0.710 -07	0.9668 00
29000	0.296 +06	0.828 -07	0.9608 00
32000	0.378 +06	0.953 -07	0.9550 00
35000	0.473 +06	0.108 -06	0.9492 00
38000	0.581 +06	0.122 -06	0.9435 00
41000	0.701 +06	0.136 -06	0.9378 00
44000	0.838 +06	0.151 -06	0.9320 00
47000	0.989 +06	0.166 -06	0.9265 00
50000	0.115 +07	0.182 -06	0.9210 00
$T_e = 6457^\circ; \quad \log g = 1.7900; \quad M = 7.0 \times M_\odot$			
6457	0.192 +04	0.482 -08	0.1000 +01
8000	0.328 +04	0.615 -08	0.9988 00
11000	0.724 +04	0.761 -08	0.9963 00
14000	0.133 +05	0.869 -08	0.9931 00
17000	0.215 +05	0.108 -07	0.9894 00
20000	0.336 +05	0.138 -07	0.9851 00
23000	0.457 +05	0.163 -07	0.9816 00
26000	0.619 +05	0.192 -07	0.9778 00
29000	0.818 +05	0.223 -07	0.9738 00
32000	0.104 +06	0.256 -07	0.9700 00
35000	0.130 +06	0.290 -07	0.9661 00
38000	0.160 +06	0.324 -07	0.9623 00
41000	0.193 +06	0.360 -07	0.9584 00
44000	0.231 +06	0.398 -07	0.9544 00
47000	0.272 +06	0.437 -07	0.9508 00
50000	0.317 +06	0.475 -07	0.9470 00
$T_e = 5500^\circ; \quad \log g = 1.0569; \quad M = 0.88 \times M_\odot$			
5500	0.182 +04	0.543 -08	0.1000 +01
8000	0.462 +04	0.890 -08	0.9886 00
11000	0.103 +05	0.110 -07	0.9730 00
14000	0.188 +05	0.126 -07	0.9538 00

<i>T</i>	<i>P</i>	<i>ρ</i>	<i>r/R</i>	
17000	0.304 +05	0.154 -07	0.9321	00
20000	0.468 +05	0.194 -07	0.9089	00
23000	0.648 +05	0.232 -07	0.8890	00
26000	0.878 +05	0.273 -07	0.8690	00
29000	0.115 +06	0.318 -07	0.8498	00
32000	0.147 +06	0.365 -07	0.8310	00
35000	0.185 +06	0.415 -07	0.8128	00
38000	0.225 +06	0.465 -07	0.7956	00
41000	0.274 +06	0.518 -07	0.7791	00
44000	0.327 +06	0.572 -07	0.7630	00
47000	0.385 +06	0.628 -07	0.7475	00
50000	0.450 +06	0.686 -07	0.7327	00

$$T_e = 5390^\circ; \log g = 1.6860; M = 11.5 \times M_\odot$$

5390	0.474 +04	0.144 -07	0.1000 +01	
8000	0.127 +05	0.251 -07	0.9984	00
11000	0.280 +05	0.320 -07	0.9964	00
14000	0.517 +05	0.374 -07	0.9937	00
17000	0.831 +05	0.433 -07	0.9908	00
20000	0.125 +06	0.535 -07	0.9876	00
23000	0.177 +06	0.644 -07	0.9844	00
26000	0.240 +06	0.758 -07	0.9812	00
29000	0.317 +06	0.887 -07	0.9778	00
32000	0.404 +06	0.102 -06	0.9745	00
35000	0.505 +06	0.116 -06	0.9713	00
38000	0.621 +06	0.130 -06	0.9680	00
41000	0.750 +06	0.146 -06	0.9648	00
44000	0.897 +06	0.162 -06	0.9615	00
47000	0.106 +07	0.178 -06	0.9583	00
50000	0.123 +07	0.195 -06	0.9551	00

Таблица 4

$$1/A = 0.000201; 1/B = 0.125000$$

<i>T</i>	<i>P</i>	<i>ρ</i>	<i>r/R</i>	
----------	----------	----------	------------	--

$$T_e = 6989^\circ; \log g = 2.9543; M = 1.25 \times M_\odot$$

6989	0.685 +04	0.156 -07	0.1000 +01	
8000	0.965 +04	0.181 -07	0.9995	00
11000	0.216 +05	0.236 -07	0.9980	00
14000	0.385 +05	0.270 -07	0.9962	00
17000	0.628 +05	0.318 -07	0.9940	00
20000	0.939 +05	0.395 -07	0.9917	00
23000	0.133 +06	0.475 -07	0.9893	00
26000	0.181 +06	0.560 -07	0.9869	00
29000	0.238 +06	0.653 -07	0.9846	00
32000	0.305 +06	0.752 -07	0.9821	00
35000	0.381 +06	0.854 -07	0.9797	00
38000	0.468 +06	0.961 -07	0.9773	00
41000	0.565 +06	0.107 -06	0.9750	00
44000	0.675 +06	0.119 -06	0.9725	00
47000	0.795 +06	0.131 -06	0.9702	00
50000	0.929 +06	0.143 -06	0.9677	00

<i>T</i>	<i>P</i>	<i>ρ</i>	<i>r/R</i>
$T_e = 6500^\circ; \log g = 2.6345; M = 0.378 \times M_\odot$			
6500	0.762 +04	0.187 -07	0.1000 +01
8000	0.128 +05	0.249 -07	0.9982 00
11000	0.309 +05	0.319 -07	0.9938 00
14000	0.516 +05	0.369 -07	0.9896 00
17000	0.836 +05	0.425 -07	0.9842 00
20000	0.126 +06	0.529 -07	0.9783 00
23000	0.178 +06	0.635 -07	0.9723 00
26000	0.242 +06	0.748 -07	0.9663 00
29000	0.318 +06	0.874 -07	0.9603 00
32000	0.406 +06	0.100 -06	0.9542 00
35000	0.508 +06	0.114 -06	0.9485 00
38000	0.623 +06	0.129 -06	0.9426 00
41000	0.755 +06	0.143 -06	0.9369 00
44000	0.900 +06	0.159 -06	0.9311 00
47000	0.106 +07	0.176 -06	0.9254 00
50000	0.124 +07	0.192 -06	0.9197 00
$T_e = 6457^\circ; \log g = 1.7900; M = 7.0 \times M_\odot$			
6457	0.202 +04	0.496 -08	0.1000 +01
8000	0.344 +04	0.638 -08	0.9989 00
11000	0.732 +04	0.785 -08	0.9964 00
14000	0.141 +05	0.902 -08	0.9930 00
17000	0.206 +05	0.107 -07	0.9901 00
20000	0.345 +05	0.130 -07	0.9853 00
23000	0.480 +05	0.168 -07	0.9814 00
26000	0.650 +05	0.198 -07	0.9775 00
29000	0.854 +05	0.230 -07	0.9735 00
32000	0.109 +06	0.264 -07	0.9696 00
35000	0.137 +06	0.299 -07	0.9656 00
38000	0.168 +06	0.335 -07	0.9618 00
41000	0.203 +06	0.372 -07	0.9573 00
44000	0.242 +06	0.411 -07	0.9540 00
47000	0.285 +06	0.450 -07	0.9502 00
50000	0.333 +06	0.491 -07	0.9463 00
$T_e = 5500^\circ; \log g = 1.0569; M = 0.88 \times M_\odot$			
5500	0.257 +04	0.754 -08	0.1000 +01
8000	0.658 +04	0.125 -07	0.9882 00
11000	0.146 +05	0.157 -07	0.9727 00
14000	0.266 +05	0.179 -07	0.9835 00
17000	0.410 +05	0.215 -07	0.9322 00
20000	0.646 +05	0.269 -07	0.9101 00
23000	0.916 +05	0.324 -07	0.8892 00
26000	0.125 +06	0.388 -07	0.8688 00
29000	0.163 +06	0.443 -07	0.8496 00
32000	0.209 +06	0.510 -07	0.8307 00
35000	0.261 +06	0.581 -07	0.8127 00
38000	0.320 +06	0.649 -07	0.7955 00
41000	0.387 +06	0.727 -07	0.7786 00
44000	0.462 +06	0.804 -07	0.7625 00
47000	0.545 +06	0.884 -07	0.7471 00
50000	0.636 +06	0.966 -07	0.7321 00
$T_e = 5390^\circ; \log g = 1.6860; M = 11.5 \times M_\odot$			
5390	0.791 +04	0.236 -07	0.1000 +01
8000	0.212 +05	0.415 -07	0.9983 00
11000	0.469 +05	0.542 -07	0.9963 00
14000	0.849 +05	0.637 -07	0.9939 00

T	P	p	r/R	
17000	0.139 +06	0.717 -07	0.9910	00
20000	0.208 +06	0.885 -07	0.9878	00
23000	0.295 +06	0.106 -06	0.9846	00
26000	0.400 +06	0.125 -06	0.9813	00
29000	0.517 +06	0.145 -06	0.9780	00
32000	0.674 +06	0.168 -06	0.9746	00
35000	0.843 +06	0.191 -06	0.9713	00
38000	0.103 +07	0.216 -06	0.9680	00
41000	0.125 +07	0.241 -06	0.9647	00
44000	0.149 +07	0.267 -06	0.9615	00
47000	0.176 +07	0.295 -06	0.9583	00
50000	0.205 +07	0.323 -06	0.9552	00

Результаты расчетов параметров моделей оболочек для отдельных звезд приведены в табл. 3 для звезд, относящихся к 1-му типу населения, и в табл. 4 для звезд, относящихся ко 2-му типу населения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Jager C. de and Neven L. — Res. Astr. Utrecht, 13 part 4, 1957.
2. Osava K. — Ap. J., 123, 513, 1956.
3. Swihart T. — Ap. J., 123, 139, 1956.
4. Комаров Н. С., Мискин Н. А. — В кн.: Физика звезд и межзвездной среды, «Наукова думка», К., 1966.
5. Jager C. de and Neven L. — Ann. Obs. Belgique, IX, 2.
6. Baker N. and Kippenhahn R. — Z. Astrophys., 54, 114, 1962.
7. Cox J. P. — Ap. J., 188, 487, 1963.
8. Baker N. and Kippenhahn R. — Ap. J., 142, 868, 1965.
9. Christy R. F. — Ap. J., 144, 108, 1966.
10. Christy R. F. — Ap. J., 145, 337, 1966.
11. Vardya M. S. — Ap. J., Suppl., VIII, 8, 277, 1964.

MODEL ATMOSPHERES AND ENVELOPES OF AO-G5 STARS

V. I. GOLINKO, N. S. KOMAROV, G. S. KRASNOVA

Summary

The models of stellar atmospheres and envelopes were calculated for different chemical compositions.

ДВУХЦВЕТНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ VX Cas

А. Ф. Пугач

(Главная астрономическая обсерватория АН УССР)

Блеск переменной определялся по 235 пластинкам, снятым на двухкамерном астрографе ГАО АН УССР с августа 1952 г. по ноябрь 1964 г. Снимки производились одновременно в двух участках спектра. Применение эмульсии Agfa Panchrom с оранжевым фильтром и учет коэффициента цветового уравнения, равного $C=0^m.24$, позволили привязать наши оценки к системе V. Стандартом служили фотоэлектрические величины звезд в NGC 129.