

Т. КИППЕР

ПРИБЛИЖЕНИЕ МОДЕЛИ АТМОСФЕР F-ЗВЕЗД

При детальном анализе звездных атмосфер сравнивается наблюдаемый линейчатый спектр звезды с теоретическим спектром, рассчитанным на основе моделей атмосфер. Модель атмосферы звезды — это последовательность величин T , P_g , P_e и коэффициентов поглощения для разных длин волн в зависимости от геометрической или оптической глубины. При расчете модели звездной атмосферы считаются заданными химический состав, эффективная температура T_{eff} и ускорение силы тяжести g в атмосфере звезды.

Полное давление в модели атмосферы связано с глубиной посредством уравнения гидростатического равновесия. Распределение температуры может быть найдено с помощью уравнения переноса излучения, если потребовать, чтобы модель атмосферы находилась в лучевом равновесии, т. е. в состоянии, при котором полный поток излучения не зависит от глубины.

Все методы вычисления распределения температуры, исходя из указанных соображений, очень трудоемкие, особенно, если учитывать покровный эффект, обусловленный линиями.

Для того чтобы дать общую интерпретацию основных особенностей разных звездных спектров, нужно иметь достаточно полный набор приближенных моделей атмосфер, соответствующих различным значениям T_{eff} и g .

Поэтому мы выбрали сильно упрощенный путь построения моделей, при котором решается только уравнение гидростатического равновесия, а распределение температуры в зависимости от оптической глубины (τ_{5050}) задается в готовом виде

$$f(\tau) = \Theta(\tau) / \Theta_{eff}, \quad (1)$$

которое взято нами по модели, рассчитанной Д. Михаласом [1] для $\Theta_{eff} = 0.70$ и $\lg g = 4.0$. При расчете этой модели Михалас учел покровный эффект, обусловленный водородными линиями. Принятое распределение температуры приведено в табл. 1.

Можно ожидать, что это распределение в пределах нескольких подклассов спектрального класса F мало зависит от эффективной температуры Θ_{eff} . Несколько более чувствительно оно к изменению ускорения силы тяжести [2].

Таблица 1

| τ_{5050} | $f(\tau)$ | τ_{5050} | $f(\tau)$ |
|---------------------|-----------|---------------|-----------|
| 0.000 | 1.257 | 0.150 | 1.156 |
| $1.0 \cdot 10^{-4}$ | 1.257 | 0.175 | 1.145 |
| 2.0 | 1.253 | 0.200 | 1.135 |
| 5.0 | 1.247 | 0.250 | 1.117 |
| $1.0 \cdot 10^{-3}$ | 1.247 | 0.300 | 1.100 |
| $2.0 \cdot 10^{-3}$ | 1.246 | 0.350 | 1.084 |
| 3.0 | 1.246 | 0.400 | 1.069 |
| 4.0 | 1.246 | 0.500 | 1.042 |
| 6.0 | 1.245 | 0.600 | 1.018 |
| 8.0 | 1.244 | 0.700 | 0.9954 |
| $1.0 \cdot 10^{-2}$ | 1.244 | 0.800 | 0.9751 |
| 1.50 | 1.239 | 1.00 | 0.9389 |
| 2.0 | 1.235 | 1.25 | 0.9000 |
| 3.0 | 1.227 | 1.50 | 0.8661 |
| 4.0 | 1.219 | 2.00 | 0.8114 |
| $5.0 \cdot 10^{-2}$ | 1.212 | 3.00 | 0.7371 |
| 6.0 | 1.205 | 4.00 | 0.6897 |
| 8.00 | 1.193 | 6.00 | 0.6327 |
| 0.100 | 1.181 | 8.00 | 0.5986 |
| 0.125 | 1.168 | 10.00 | 0.5751 |

Уравнение гидростатического равновесия, если не учитывать световое давление, которое мало при условиях атмосфер F-звезд, запишется в виде

$$\frac{dP_g}{d\tau} = \frac{g}{\kappa}. \quad (2)$$

Умножив обе части (2) на P_g и проинтегрировав, получим

$$P_g = \left\{ 2g \int_0^{\tau} \frac{P_g}{\kappa} d\tau' \right\}^{1/2}. \quad (3)$$

На основе выражения (3) удобно найти P_g путем последовательных итераций. Для начального приближения примем, что непрерывное поглощение обусловлено только отрицательными ионами водорода. В этом случае

$$P_g = \left\{ \frac{2g}{N} \int_0^{\tau} \frac{P_g}{P_e \alpha(\text{H}^-)} d\tau' \right\}^{1/2}. \quad (4)$$

Здесь N — число Авогадро и $\alpha(\text{H}^-)$ — коэффициент поглощения отрицательными ионами водорода ($\lambda = 5050 \text{ \AA}$) на один атом водорода при электронном давлении 1 бар.

Для начального приближения примем еще, что металлы полностью ионизованы и только они дают свободные электроны. В этом случае

$$\frac{P_g}{P_e} \approx A, \quad (5)$$

где A — отношение числа водородных атомов к числу атомов металлов ($A \approx 1.35 \cdot 10^4$). После таких упрощений найдем сразу начальное приближение для P_g . Далее, используя таблицы Г. Боде [3], найдем P_e и κ (эти таблицы вычислены для химического состава, соответствующего солнечному [4], средний молекулярный вес $\mu_0 = 1.444$). Теперь уже по формуле (3) вычислим следующее приближение для P_g . Для достижения нужной точности ($\Delta \lg P_g = 0.001$) требуется 3—5 последовательных приближений для каждого значения τ .

Градиент температуры $d \lg T / d \lg P_g$, который нужен при оценке конвективной устойчивости атмосферы, удобно вычислять по формуле

$$f'(x) \approx f(x_0, x_1) + (2x - x_0 - x_1) \cdot f(x_0, x_1, x_2), \quad (6)$$

где

$$f(x_i, x_{i+1}, \dots, x_k) = \frac{f(x_{i+1}, x_{i+2}, \dots, x_k) - f(x_i, x_{i+1}, \dots, x_{k-1})}{x_k - x_i}. \quad (7)$$

Для выполнения приведенной схемы решения уравнения гидростатиче-

ского равновесия написана программа для ЭЦВМ «Минск-2» на алгоритмическом языке МАЛГОЛ [6].

Начальными данными для программы являются Θ_{eff} , g , $f(\tau)$, а также таблицы $P_g(P_e, \Theta)$ и $\kappa_\nu(P_e, \Theta)$, составленные на основе таблиц Г. Боде [3]. Требуемые значения P_e и κ находятся линейным интерполированием. В результате получаем следующие функции оптической глубины τ (эта глубина соответствует $\lambda 5050$): $\lg P_g$, $\lg P_e$, $\lg \kappa_{5050}$, $\lg \kappa_{3933}$, $\lg \kappa_{4340}$, τ_{3933} , τ_{4340} , $d \lg T / d \lg P_g$. В табл. 2—10 приведены полученные результаты.

Таблица 2

М 1. $\Theta_{eff} = 0.700$, $\lg g = 4.35$

| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2.388 | -0.340 | -2.038 | -2.100 | 0.434 -4 | -2.081 | 0.453 -4 |
| 2.653 | -0.183 | -1.915 | -1.988 | 0.129 -3 | -1.963 | 0.135 -3 |
| 2.955 | 0.028 | -1.776 | -1.862 | 0.379 -3 | -1.831 | 0.402 -3 |
| 3.170 | 0.118 | -1.669 | -1.759 | 0.787 -3 | -1.725 | 0.842 -3 |
| 3.377 | 0.233 | -1.562 | -1.656 | 0.160 -2 | -1.619 | 0.172 -2 |
| 3.497 | 0.297 | -1.502 | -1.599 | 0.240 -2 | -1.560 | 0.260 -2 |
| 3.582 | 0.343 | -1.460 | -1.559 | 0.319 -2 | -1.518 | 0.347 -2 |
| 3.700 | 0.410 | -1.398 | -1.499 | 0.478 -2 | -1.457 | 0.522 -2 |
| 3.783 | 0.459 | -1.353 | -1.456 | 0.636 -2 | -1.413 | 0.696 -2 |
| 3.848 | 0.494 | -1.321 | -1.425 | 0.794 -2 | -1.381 | 0.870 -2 |
| 3.962 | 0.582 | -1.241 | -1.345 | 0.119 -1 | -1.302 | 0.131 -1 |
| 4.041 | 0.645 | -1.185 | -1.288 | 0.158 -1 | -1.246 | 0.174 -1 |
| 4.149 | 0.739 | -1.102 | -1.205 | 0.237 -1 | -1.163 | 0.261 -1 |
| 4.223 | 0.812 | -1.040 | -1.143 | 0.316 -1 | -1.101 | 0.348 -1 |
| 4.279 | 0.872 | -0.989 | -1.092 | 0.395 -1 | -1.051 | 0.435 -1 |
| 4.324 | 0.931 | -0.940 | -1.044 | 0.474 -1 | -1.004 | 0.521 -1 |
| 4.392 | 1.027 | -0.860 | -0.965 | 0.631 -1 | -0.927 | 0.693 -1 |
| 4.441 | 1.115 | -0.788 | -0.893 | 0.788 -1 | -0.856 | 0.864 -1 |
| 4.488 | 1.204 | -0.717 | -0.823 | 0.984 -1 | -0.786 | 0.108 |
| 4.525 | 1.278 | -0.658 | -0.765 | 0.118 | -0.727 | 0.129 |
| 4.555 | 1.342 | -0.609 | -0.715 | 0.138 | -0.677 | 0.151 |
| 4.581 | 1.405 | -0.559 | -0.666 | 0.157 | -0.625 | 0.172 |
| 4.621 | 1.517 | -0.470 | -0.579 | 0.196 | -0.535 | 0.215 |
| 4.651 | 1.620 | -0.389 | -0.498 | 0.235 | -0.455 | 0.258 |
| 4.675 | 1.711 | -0.319 | -0.429 | 0.274 | -0.385 | 0.301 |
| 4.694 | 1.794 | -0.256 | -0.366 | 0.313 | -0.323 | 0.344 |
| 4.724 | 1.949 | -0.132 | -0.246 | 0.390 | -0.201 | 0.429 |
| 4.746 | 2.084 | -0.029 | -0.145 | 0.467 | -0.099 | 0.515 |
| 4.762 | 2.208 | 0.069 | -0.050 | 0.543 | 0.005 | 0.600 |
| 4.775 | 2.321 | 0.168 | 0.043 | 0.619 | 0.118 | 0.688 |
| 4.793 | 2.520 | 0.316 | 0.188 | 0.768 | 0.239 | 0.861 |
| 4.808 | 2.731 | 0.516 | 0.373 | 0.951 | 0.430 | 1.068 |
| 4.818 | 2.916 | 0.664 | 0.514 | 1.130 | 0.572 | 1.272 |
| 4.830 | 3.207 | 0.966 | 0.788 | 1.473 | 0.857 | 1.669 |
| 4.841 | 3.596 | 1.384 | 1.170 | 2.112 | 1.253 | 2.429 |
| 4.845 | 3.823 | 1.652 | 1.419 | 2.710 | 1.510 | 3.159 |
| 4.850 | 4.092 | 1.990 | 1.728 | 3.841 | 1.834 | 4.577 |
| 4.852 | 4.208 | 2.151 | 1.881 | 4.925 | 1.990 | 5.965 |
| 4.854 | 4.308 | 2.286 | 2.008 | 5.990 | 2.117 | 7.335 |

Таблица 3

| M 2. $\Theta_{eff}=0.720$, $\lg g=4.35$ | | | | | | |
|--|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2.505 | -0.460 | -2.155 | -2.207 | 0.443 -4 | -2.193 | 0.458 -4 |
| 2.766 | -0.303 | -2.018 | -2.081 | 0.132 -3 | -2.061 | 0.137 -3 |
| 3.058 | -0.121 | -1.859 | -1.936 | 0.387 -3 | -1.909 | 0.406 -3 |
| 3.268 | -0.011 | -1.763 | -1.847 | 0.803 -3 | -1.817 | 0.850 -3 |
| 3.473 | 0.108 | -1.650 | -1.741 | 0.162 -2 | -1.706 | 0.173 -2 |
| 3.590 | 0.173 | -1.587 | -1.682 | 0.243 -2 | -1.644 | 0.261 -2 |
| 3.673 | 0.220 | -1.543 | -1.640 | 0.323 -2 | -1.600 | 0.349 -2 |
| 3.789 | 0.289 | -1.477 | -1.577 | 0.483 -2 | -1.535 | 0.524 -2 |
| 3.871 | 0.340 | -1.430 | -1.532 | 0.641 -2 | -1.488 | 0.699 -2 |
| 3.934 | 0.375 | -1.396 | -1.501 | 0.799 -2 | -1.455 | 0.874 -2 |
| 4.046 | 0.461 | -1.319 | -1.427 | 0.119 -1 | -1.379 | 0.131 -1 |
| 4.123 | 0.526 | -1.261 | -1.370 | 0.158 -1 | -1.322 | 0.174 -1 |
| 4.229 | 0.630 | -1.169 | -1.276 | 0.236 -1 | -1.230 | 0.261 -1 |
| 4.301 | 0.710 | -1.100 | -1.206 | 0.314 -1 | -1.162 | 0.348 -1 |
| 4.355 | 0.774 | -1.047 | -1.152 | 0.393 -1 | -1.109 | 0.435 -1 |
| 4.398 | 0.827 | -1.001 | -1.107 | 0.471 -1 | -1.064 | 0.522 -1 |
| 4.464 | 0.913 | -0.933 | -1.037 | 0.628 -1 | -0.995 | 0.695 -1 |
| 4.515 | 0.986 | -0.877 | -0.980 | 0.786 -1 | -0.939 | 0.868 -1 |
| 4.563 | 1.082 | -0.797 | -0.902 | 0.982 -1 | -0.862 | 0.109 |
| 4.600 | 1.165 | -0.730 | -0.836 | 0.118 | -0.797 | 0.130 |
| 4.630 | 1.236 | -0.674 | -0.780 | 0.138 | -0.742 | 0.151 |
| 4.655 | 1.297 | -0.627 | -0.733 | 0.157 | -0.695 | 0.173 |
| 4.695 | 1.399 | -0.550 | -0.656 | 0.196 | -0.616 | 0.216 |
| 4.725 | 1.498 | -0.473 | -0.580 | 0.235 | -0.537 | 0.259 |
| 4.750 | 1.597 | -0.395 | -0.503 | 0.274 | -0.459 | 0.302 |
| 4.769 | 1.685 | -0.327 | -0.436 | 0.313 | -0.392 | 0.345 |
| 4.799 | 1.834 | -0.216 | -0.325 | 0.391 | -0.282 | 0.431 |
| 4.821 | 1.975 | -0.106 | -0.219 | 0.469 | -0.174 | 0.517 |
| 4.837 | 2.102 | -0.007 | -0.122 | 0.546 | -0.076 | 0.602 |
| 4.850 | 2.214 | 0.078 | -0.038 | 0.622 | -0.008 | 0.687 |
| 4.869 | 2.418 | 0.248 | 0.124 | 0.774 | 0.189 | 0.860 |
| 4.884 | 2.635 | 0.414 | 0.286 | 0.961 | 0.337 | 1.073 |
| 4.894 | 2.823 | 0.592 | 0.450 | 1.144 | 0.506 | 1.280 |
| 4.906 | 3.125 | 0.867 | 0.706 | 1.496 | 0.769 | 1.684 |
| 4.918 | 3.529 | 1.277 | 1.081 | 2.158 | 1.157 | 2.462 |
| 4.922 | 3.781 | 1.554 | 1.333 | 2.776 | 1.419 | 3.206 |
| 4.927 | 4.067 | 1.920 | 1.668 | 3.936 | 1.769 | 4.644 |
| 4.929 | 4.196 | 2.090 | 1.828 | 5.043 | 1.935 | 6.051 |
| 4.931 | 4.291 | 2.219 | 1.949 | 6.128 | 2.058 | 7.442 |

Таблица 4

| M 3. $\Theta_{eff}=0.740$, $\lg g=4.35$ | | | | | | |
|--|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2.582 | -0.591 | -2.231 | -2.271 | 0.456 -4 | -2.263 | 0.465 -4 |
| 2.845 | -0.427 | -2.103 | -2.161 | 0.135 -3 | -2.143 | 0.139 -3 |
| 3.136 | -0.236 | -1.932 | -2.003 | 0.394 -3 | -1.979 | 0.410 -3 |
| 3.342 | -0.122 | -1.827 | -1.907 | 0.814 -3 | -1.878 | 0.856 -3 |

| | | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|----------|--------|----------|
| 3.545 | -0.005 | -1.722 | -1.810 | 0.164 -2 | -1.777 | 0.174 -2 |
| 3.662 | 0.065 | -1.654 | -1.745 | 0.245 -2 | -1.710 | 0.262 -2 |
| 3.744 | 0.115 | -1.606 | -1.699 | 0.326 -2 | -1.663 | 0.350 -2 |
| 3.857 | 0.189 | -1.536 | -1.632 | 0.487 -2 | -1.594 | 0.525 -2 |
| 3.937 | 0.241 | -1.486 | -1.585 | 0.647 -2 | -1.545 | 0.700 -2 |
| 3.998 | 0.278 | -1.450 | -1.550 | 0.806 -2 | -1.509 | 0.875 -2 |
| 4.108 | 0.364 | -1.374 | -1.478 | 0.120 -1 | -1.434 | 0.131 -1 |
| 4.185 | 0.423 | -1.321 | -1.427 | 0.159 -1 | -1.381 | 0.175 -1 |
| 4.292 | 0.513 | -1.243 | -1.354 | 0.237 -1 | -1.305 | 0.261 -1 |
| 4.365 | 0.588 | -1.180 | -1.291 | 0.315 -1 | -1.241 | 0.348 -1 |
| 4.421 | 0.654 | -1.123 | -1.233 | 0.392 -1 | -1.185 | 0.435 -1 |
| 4.465 | 0.717 | -1.070 | -1.179 | 0.470 -1 | -1.133 | 0.522 -1 |
| 4.531 | 0.814 | -0.990 | -1.097 | 0.626 -1 | -1.053 | 0.695 -1 |
| 4.580 | 0.895 | -0.926 | -1.031 | 0.783 -1 | -0.988 | 0.868 -1 |
| 4.627 | 0.975 | -0.864 | -0.969 | 0.979 -1 | -0.926 | 0.109 |
| 4.665 | 1.045 | -0.810 | -0.914 | 0.118 | -0.872 | 0.130 |
| 4.696 | 1.112 | -0.757 | -0.862 | 0.137 | -0.821 | 0.152 |
| 4.721 | 1.181 | -0.703 | -0.808 | 0.157 | -0.768 | 0.173 |
| 4.762 | 1.294 | -0.614 | -0.720 | 0.196 | -0.680 | 0.216 |
| 4.792 | 1.391 | -0.540 | -0.648 | 0.235 | -0.606 | 0.259 |
| 4.817 | 1.476 | -0.479 | -0.585 | 0.274 | -0.543 | 0.302 |
| 4.837 | 1.566 | -0.408 | -0.515 | 0.313 | -0.472 | 0.346 |
| 4.868 | 1.727 | -0.284 | -0.393 | 0.391 | -0.349 | 0.432 |
| 4.890 | 1.860 | -0.186 | -0.295 | 0.469 | -0.252 | 0.518 |
| 4.907 | 1.990 | -0.086 | -0.197 | 0.547 | -0.153 | 0.604 |
| 4.920 | 2.108 | 0.007 | -0.107 | 0.624 | -0.062 | 0.689 |
| 4.939 | 2.313 | 0.165 | 0.048 | 0.777 | 0.102 | 0.861 |
| 4.954 | 2.536 | 0.340 | 0.217 | 0.967 | 0.266 | 1.075 |
| 4.965 | 2.729 | 0.504 | 0.372 | 1.153 | 0.425 | 1.284 |
| 4.977 | 3.042 | 0.754 | 0.610 | 1.517 | 0.666 | 1.696 |
| 4.990 | 3.461 | 1.166 | 0.986 | 2.207 | 1.056 | 2.493 |
| 4.995 | 3.720 | 1.471 | 1.262 | 2.845 | 1.343 | 3.254 |
| 4.999 | 4.018 | 1.827 | 1.589 | 4.041 | 1.682 | 4.715 |
| 5.002 | 4.183 | 2.029 | 1.775 | 5.175 | 1.880 | 6.141 |
| 5.003 | 4.273 | 2.153 | 1.892 | 6.280 | 2.000 | 7.552 |

Таблица 5

M 4. $\Theta_{eff} = 0.720$, $\lg g = 3.4$

| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \chi_{5050}$ | $\lg \chi_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \chi_{4340}$ | τ_{4340} |
|-----------|-----------|-------------------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.780 | -0.834 | -2.380 | -2.388 | 0.491 -4 | -2.395 | 0.482 -4 |
| 2.053 | -0.674 | -2.289 | -2.317 | 0.145 -3 | -2.315 | 0.144 -3 |
| 2.374 | -0.479 | -2.173 | -2.224 | 0.419 -3 | -2.211 | 0.422 -3 |
| 2.600 | -0.360 | -2.069 | -2.128 | 0.860 -3 | -2.111 | 0.879 -3 |
| 2.816 | -0.243 | -1.966 | -2.033 | 0.172 -2 | -2.012 | 0.178 -2 |
| 2.940 | -0.178 | -1.909 | -1.981 | 0.258 -2 | -1.957 | 0.268 -2 |
| 3.027 | -0.132 | -1.869 | -1.945 | 0.342 -2 | -1.919 | 0.357 -2 |
| 3.149 | -0.063 | -1.810 | -1.890 | 0.509 -2 | -1.862 | 0.535 -2 |
| 3.234 | -0.013 | -1.767 | -1.851 | 0.674 -2 | -1.821 | 0.713 -2 |
| 3.301 | 0.023 | -1.734 | -1.820 | 0.839 -2 | -1.788 | 0.889 -2 |
| 3.417 | 0.114 | -1.650 | -1.741 | 0.125 -1 | -1.706 | 0.133 -1 |
| 3.496 | 0.178 | -1.592 | -1.686 | 0.165 -1 | -1.649 | 0.177 -1 |
| 3.604 | 0.278 | -1.505 | -1.603 | 0.245 -1 | -1.563 | 0.265 -1 |
| 3.677 | 0.357 | -1.438 | -1.539 | 0.325 -1 | -1.497 | 0.352 -1 |

| | | | | | | |
|-------|-------|--------|--------|----------|--------|----------|
| 3.733 | 0.421 | -1.386 | -1.488 | 0.404 -1 | -1.446 | 0.439 -1 |
| 3.777 | 0.477 | -1.342 | -1.445 | 0.483 -1 | -1.402 | 0.526 -1 |
| 3.845 | 0.571 | -1.265 | -1.367 | 0.641 -1 | -1.326 | 0.701 -1 |
| 3.895 | 0.652 | -1.200 | -1.301 | 0.800 -1 | -1.261 | 0.875 -1 |
| 3.942 | 0.746 | -1.121 | -1.224 | 0.997 -1 | -1.184 | 0.109 |
| 3.979 | 0.827 | -1.055 | -1.159 | 0.120 | -1.121 | 0.134 |
| 4.008 | 0.898 | -0.999 | -1.104 | 0.139 | -1.069 | 0.152 |
| 4.033 | 0.961 | -0.952 | -1.057 | 0.159 | -1.025 | 0.173 |
| 4.072 | 1.070 | -0.868 | -0.974 | 0.198 | -0.944 | 0.216 |
| 4.102 | 1.174 | -0.782 | -0.891 | 0.237 | -0.856 | 0.258 |
| 4.125 | 1.270 | -0.703 | -0.814 | 0.276 | -0.774 | 0.300 |
| 4.144 | 1.358 | -0.634 | -0.747 | 0.314 | -0.704 | 0.342 |
| 4.173 | 1.511 | -0.524 | -0.637 | 0.392 | -0.592 | 0.428 |
| 4.194 | 1.651 | -0.398 | -0.519 | 0.468 | -0.472 | 0.513 |
| 4.209 | 1.780 | -0.294 | -0.419 | 0.543 | -0.370 | 0.597 |
| 4.221 | 1.893 | -0.212 | -0.337 | 0.618 | -0.288 | 0.681 |
| 4.238 | 2.096 | -0.024 | -0.164 | 0.766 | -0.032 | 0.863 |
| 4.252 | 2.312 | 0.157 | 0.008 | 0.945 | 0.139 | 1.106 |
| 4.260 | 2.498 | 0.345 | 0.180 | 1.120 | 0.244 | 1.325 |
| 4.270 | 2.791 | 0.657 | 0.467 | 1.452 | 0.541 | 1.715 |
| 4.279 | 3.175 | 1.105 | 0.874 | 2.068 | 0.963 | 2.457 |
| 4.282 | 3.417 | 1.397 | 1.140 | 2.638 | 1.239 | 3.165 |
| 4.285 | 3.651 | 1.729 | 1.455 | 3.724 | 1.563 | 4.541 |
| 4.287 | 3.748 | 1.847 | 1.566 | 4.780 | 1.676 | 5.898 |
| 4.289 | 3.812 | 1.929 | 1.644 | 5.823 | 1.756 | 7.245 |

Таблица 6

М 5. $\Theta_{eff}=0.735$, $\lg g=3.4$

| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.861 | -0.925 | -2.461 | -2.453 | 0.510 -4 | -2.470 | 0.490 -4 |
| 2.129 | -0.764 | -2.350 | -2.365 | 0.150 -3 | -2.370 | 0.146 -3 |
| 2.439 | -0.572 | -2.225 | -2.267 | 0.432 -3 | -2.258 | 0.428 -3 |
| 2.664 | -0.453 | -2.137 | -2.192 | 0.879 -3 | -2.176 | 0.888 -3 |
| 2.880 | -0.331 | -2.027 | -2.090 | 0.175 -2 | -2.070 | 0.180 -2 |
| 3.002 | -0.264 | -1.966 | -2.034 | 0.261 -2 | -2.012 | 0.270 -2 |
| 3.088 | -0.217 | -1.924 | -1.995 | 0.346 -2 | -1.971 | 0.360 -2 |
| 3.208 | -0.148 | -1.862 | -1.938 | 0.515 -2 | -1.911 | 0.539 -2 |
| 3.292 | -0.097 | -1.817 | -1.897 | 0.682 -2 | -1.869 | 0.717 -2 |
| 3.357 | -0.062 | -1.785 | -1.868 | 0.848 -2 | -1.838 | 0.894 -2 |
| 3.474 | 0.024 | -1.712 | -1.799 | 0.126 -1 | -1.767 | 0.134 -1 |
| 3.554 | 0.088 | -1.654 | -1.745 | 0.167 -1 | -1.710 | 0.178 -1 |
| 3.663 | 0.183 | -1.572 | -1.667 | 0.247 -1 | -1.628 | 0.266 -1 |
| 3.737 | 0.264 | -1.502 | -1.601 | 0.327 -1 | -1.560 | 0.353 -1 |
| 3.793 | 0.330 | -1.445 | -1.547 | 0.407 -1 | -1.504 | 0.441 -1 |
| 3.837 | 0.390 | -1.396 | -1.499 | 0.486 -1 | -1.455 | 0.528 -1 |
| 3.904 | 0.485 | -1.320 | -1.425 | 0.643 -1 | -1.380 | 0.702 -1 |
| 3.953 | 0.572 | -1.249 | -1.353 | 0.800 -1 | -1.310 | 0.876 -1 |
| 4.000 | 0.660 | -1.180 | -1.282 | 0.998 -1 | -1.241 | 0.109 |
| 4.037 | 0.733 | -1.128 | -1.224 | 0.120 | -1.184 | 0.131 |
| 4.067 | 0.808 | -1.061 | -1.164 | 0.139 | -1.125 | 0.153 |
| 4.092 | 0.873 | -1.009 | -1.113 | 0.159 | -1.075 | 0.174 |
| 4.131 | 0.985 | -0.923 | -1.028 | 0.198 | -0.995 | 0.217 |
| 4.160 | 1.088 | -0.844 | -0.950 | 0.238 | -0.918 | 0.259 |

| | | | | | | |
|-------|-------|--------|--------|-------|--------|-------|
| 4.184 | 1.181 | -0.771 | -0.878 | 0.277 | -0.844 | 0.302 |
| 4.203 | 1.272 | -0.695 | -0.805 | 0.316 | -0.766 | 0.344 |
| 4.232 | 1.431 | -0.574 | -0.686 | 0.398 | -0.642 | 0.429 |
| 4.252 | 1.567 | -0.471 | -0.584 | 0.470 | -0.539 | 0.515 |
| 4.268 | 1.699 | -0.355 | -0.475 | 0.547 | -0.428 | 0.600 |
| 4.280 | 1.816 | -0.263 | -0.386 | 0.622 | -0.338 | 0.684 |
| 4.297 | 2.021 | -0.099 | -0.229 | 0.772 | -0.139 | 0.859 |
| 4.311 | 2.242 | 0.098 | -0.045 | 0.954 | 0.091 | 1.096 |
| 4.320 | 2.431 | 0.273 | 0.119 | 1.132 | 0.200 | 1.324 |
| 4.330 | 2.737 | 0.566 | 0.389 | 1.473 | 0.457 | 1.730 |
| 4.339 | 3.137 | 1.019 | 0.800 | 2.107 | 0.884 | 2.486 |
| 4.343 | 3.382 | 1.330 | 1.083 | 2.692 | 1.178 | 3.204 |
| 4.346 | 3.630 | 1.666 | 1.400 | 3.799 | 1.504 | 4.597 |
| 4.348 | 3.762 | 1.835 | 1.557 | 4.869 | 1.666 | 5.964 |
| 4.349 | 3.826 | 1.915 | 1.634 | 5.919 | 1.744 | 7.316 |

Таблица 7

M 6. $\Theta_{eff}=0.750$, $\lg g=3.4$

| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.954 | -1.013 | -2.554 | -2.527 | 0.532 -4 | -2.556 | 0.498 -4 |
| 2.218 | -0.851 | -2.428 | -2.428 | 0.157 -3 | -2.442 | 0.148 -3 |
| 2.517 | -0.660 | -2.281 | -2.311 | 0.447 -3 | -2.309 | 0.434 -3 |
| 2.734 | -0.545 | -2.196 | -2.243 | 0.905 -3 | -2.231 | 0.899 -3 |
| 2.946 | -0.422 | -2.090 | -2.150 | 0.179 -2 | -2.131 | 0.182 -2 |
| 3.068 | -0.353 | -2.026 | -2.090 | 0.266 -2 | -2.070 | 0.272 -2 |
| 3.153 | -0.305 | -1.981 | -2.049 | 0.352 -2 | -2.026 | 0.363 -2 |
| 3.270 | -0.233 | -1.915 | -1.988 | 0.522 -2 | -1.963 | 0.542 -2 |
| 3.353 | -0.181 | -1.868 | -1.945 | 0.690 -2 | -1.918 | 0.721 -2 |
| 3.416 | -0.145 | -1.834 | -1.914 | 0.857 -2 | -1.885 | 0.899 -2 |
| 3.530 | -0.057 | -1.759 | -1.844 | 0.127 -1 | -1.812 | 0.134 -1 |
| 3.609 | 0.006 | -1.705 | -1.794 | 0.168 -1 | -1.761 | 0.178 -1 |
| 3.716 | 0.109 | -1.614 | -1.707 | 0.249 -1 | -1.671 | 0.266 -1 |
| 3.789 | 0.188 | -1.548 | -1.643 | 0.330 -1 | -1.605 | 0.354 -1 |
| 3.844 | 0.249 | -1.497 | -1.596 | 0.410 -1 | -1.555 | 0.441 -1 |
| 3.889 | 0.301 | -1.455 | -1.556 | 0.489 -1 | -1.513 | 0.529 -1 |
| 3.956 | 0.394 | -1.379 | -1.484 | 0.647 -1 | -1.439 | 0.704 -1 |
| 4.007 | 0.482 | -1.309 | -1.416 | 0.803 -1 | -1.369 | 0.878 -1 |
| 4.054 | 0.577 | -1.232 | -1.338 | 0.100 | -1.293 | 0.110 |
| 4.090 | 0.657 | -1.169 | -1.273 | 0.120 | -1.230 | 0.131 |
| 4.120 | 0.724 | -1.117 | -1.219 | 0.139 | -1.178 | 0.153 |
| 4.145 | 0.781 | -1.073 | -1.175 | 0.159 | -1.134 | 0.175 |
| 4.185 | 0.897 | -0.980 | -1.084 | 0.198 | -1.046 | 0.218 |
| 4.215 | 1.002 | -0.901 | -1.006 | 0.238 | -0.972 | 0.261 |
| 4.239 | 1.099 | -0.826 | -0.931 | 0.277 | -0.898 | 0.303 |
| 4.258 | 1.184 | -0.762 | -0.868 | 0.316 | -0.834 | 0.345 |
| 4.287 | 1.347 | -0.630 | -0.741 | 0.394 | -0.699 | 0.430 |
| 4.308 | 1.487 | -0.527 | -0.638 | 0.472 | -0.594 | 0.516 |
| 4.324 | 1.617 | -0.425 | -0.539 | 0.549 | -0.494 | 0.601 |
| 4.336 | 1.736 | -0.322 | -0.441 | 0.625 | -0.395 | 0.687 |
| 4.353 | 1.945 | -0.166 | -0.289 | 0.777 | -0.240 | 0.855 |
| 4.367 | 2.170 | 0.038 | -0.099 | 0.962 | 0.021 | 1.081 |
| 4.376 | 2.364 | 0.190 | 0.048 | 1.144 | 0.158 | 1.317 |
| 4.387 | 2.677 | 0.499 | 0.330 | 1.493 | 0.396 | 1.747 |

| | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 4.397 | 3.095 | 0.938 | 0.729 | 2.142 | 0.810 | 2.513 |
| 4.400 | 3.338 | 1.256 | 1.020 | 2.742 | 1.111 | 3.244 |
| 4.404 | 3.610 | 1.603 | 1.344 | 3.874 | 1.445 | 4.655 |
| 4.406 | 3.773 | 1.820 | 1.545 | 4.956 | 1.653 | 6.031 |
| 4.407 | 3.836 | 1.898 | 1.620 | 6.013 | 1.729 | 7.389 |

Таблица 8

M 7. $\Theta_{eff} = 0.750$, $\lg g = 2.49$

| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.168 | -1.419 | -2.677 | -2.603 | 0.593 -4 | -2.646 | 0.537 -4 |
| 1.449 | -1.252 | -2.610 | -2.558 | 0.175 -3 | -2.594 | 0.159 -3 |
| 1.794 | -1.042 | -2.543 | -2.516 | 0.504 -3 | -2.544 | 0.465 -3 |
| 2.045 | -0.910 | -2.468 | -2.459 | 0.103 -2 | -2.478 | 0.958 -3 |
| 2.280 | -0.781 | -2.370 | -2.381 | 0.202 -2 | -2.389 | 0.193 -2 |
| 2.412 | -0.710 | -2.318 | -2.340 | 0.299 -2 | -2.342 | 0.288 -2 |
| 2.505 | -0.661 | -2.282 | -2.311 | 0.393 -2 | -2.309 | 0.382 -2 |
| 2.634 | -0.588 | -2.228 | -2.268 | 0.578 -2 | -2.260 | 0.569 -2 |
| 2.725 | -0.535 | -2.189 | -2.238 | 0.758 -2 | -2.225 | 0.754 -2 |
| 2.795 | -0.497 | -2.162 | -2.215 | 0.936 -2 | -2.200 | 0.938 -2 |
| 2.917 | -0.402 | -2.077 | -2.137 | 0.138 -1 | -2.118 | 0.139 -1 |
| 2.999 | -0.335 | -2.019 | -2.083 | 0.181 -1 | -2.062 | 0.185 -1 |
| 3.110 | -0.234 | -1.933 | -2.004 | 0.266 -1 | -1.980 | 0.275 -1 |
| 3.186 | -0.154 | -1.869 | -1.945 | 0.351 -1 | -1.918 | 0.364 -1 |
| 3.243 | -0.092 | -1.820 | -1.899 | 0.434 -1 | -1.871 | 0.453 -1 |
| 3.289 | -0.037 | -1.778 | -1.861 | 0.517 -1 | -1.831 | 0.542 -1 |
| 3.359 | 0.062 | -1.697 | -1.785 | 0.682 -1 | -1.752 | 0.719 -1 |
| 3.409 | 0.156 | -1.618 | -1.711 | 0.844 -1 | -1.674 | 0.895 -1 |
| 3.456 | 0.250 | -1.542 | -1.637 | 0.105 | -1.599 | 0.111 |
| 3.493 | 0.330 | -1.479 | -1.576 | 0.125 | -1.537 | 0.133 |
| 3.522 | 0.400 | -1.426 | -1.524 | 0.145 | -1.485 | 0.155 |
| 3.547 | 0.461 | -1.382 | -1.480 | 0.164 | -1.442 | 0.177 |
| 3.587 | 0.580 | -1.283 | -1.385 | 0.204 | -1.345 | 0.220 |
| 3.616 | 0.688 | -1.195 | -1.299 | 0.244 | -1.261 | 0.263 |
| 3.639 | 0.785 | -1.119 | -1.226 | 0.283 | -1.190 | 0.306 |
| 3.657 | 0.873 | -1.055 | -1.162 | 0.322 | -1.131 | 0.348 |
| 3.685 | 1.035 | -0.921 | -1.035 | 0.400 | -0.998 | 0.432 |
| 3.705 | 1.178 | -0.804 | -0.922 | 0.476 | -0.878 | 0.516 |
| 3.720 | 1.308 | -0.699 | -0.820 | 0.552 | -0.772 | 0.601 |
| 3.731 | 1.427 | -0.592 | -0.720 | 0.627 | -0.670 | 0.685 |
| 3.747 | 1.637 | -0.423 | -0.560 | 0.774 | -0.507 | 0.851 |
| 3.760 | 1.858 | -0.198 | -0.353 | 0.953 | -0.221 | 1.072 |
| 3.768 | 2.054 | -0.040 | -0.201 | 1.126 | 0.035 | 1.339 |
| 3.777 | 2.357 | 0.312 | 0.112 | 1.454 | 0.198 | 1.829 |
| 3.784 | 2.756 | 0.790 | 0.551 | 2.058 | 0.643 | 2.571 |
| 3.786 | 2.978 | 1.101 | 0.834 | 2.616 | 0.935 | 3.269 |
| 3.789 | 3.194 | 1.393 | 1.111 | 3.680 | 1.220 | 4.623 |
| 3.791 | 3.322 | 1.570 | 1.282 | 4.719 | 1.395 | 5.964 |
| 3.792 | 3.357 | 1.590 | 1.302 | 5.750 | 1.415 | 7.302 |

Таблица 9

М 8. $\Theta_{eff}=0.780$, $\lg g=2.49$

| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.331 | -1.598 | -2.839 | -2.724 | 0.651 -4 | -2.785 | 0.565 -4 |
| 1.616 | -1.426 | -2.789 | -2.696 | 0.192 -3 | -2.749 | 0.168 -3 |
| 1.949 | -1.215 | -2.665 | -2.610 | 0.548 -3 | -2.648 | 0.488 -3 |
| 2.187 | -1.087 | -2.596 | -2.563 | 0.110 -2 | -2.592 | 0.100 -2 |
| 2.419 | -0.955 | -2.510 | -2.499 | 0.215 -2 | -2.519 | 0.199 -2 |
| 2.550 | -0.880 | -2.445 | -2.446 | 0.316 -2 | -2.459 | 0.297 -2 |
| 2.640 | -0.828 | -2.400 | -2.409 | 0.415 -2 | -2.418 | 0.393 -2 |
| 2.763 | -0.752 | -2.335 | -2.356 | 0.609 -2 | -2.359 | 0.584 -2 |
| 2.849 | -0.698 | -2.289 | -2.318 | 0.797 -2 | -2.317 | 0.772 -2 |
| 2.915 | -0.660 | -2.257 | -2.292 | 0.983 -2 | -2.287 | 0.960 -2 |
| 3.033 | -0.571 | -2.185 | -2.234 | 0.144 -1 | -2.221 | 0.142 -1 |
| 3.115 | -0.509 | -2.136 | -2.194 | 0.188 -1 | -2.176 | 0.188 -1 |
| 3.226 | -0.407 | -2.049 | -2.114 | 0.275 -1 | -2.093 | 0.279 -1 |
| 3.302 | -0.331 | -1.986 | -2.054 | 0.361 -1 | -2.031 | 0.369 -1 |
| 3.359 | -0.261 | -1.927 | -1.999 | 0.446 -1 | -1.974 | 0.459 -1 |
| 3.403 | -0.198 | -1.874 | -1.951 | 0.530 -1 | -1.924 | 0.549 -1 |
| 3.470 | -0.099 | -1.795 | -1.877 | 0.697 -1 | -1.848 | 0.727 -1 |
| 3.520 | -0.014 | -1.731 | -1.818 | 0.861 -1 | -1.786 | 0.903 -1 |
| 3.568 | 0.077 | -1.660 | -1.750 | 0.107 | -1.716 | 0.112 |
| 3.605 | 0.151 | -1.603 | -1.696 | 0.127 | -1.659 | 0.134 |
| 3.635 | 0.227 | -1.541 | -1.637 | 0.147 | -1.598 | 0.156 |
| 3.660 | 0.296 | -1.486 | -1.585 | 0.167 | -1.544 | 0.178 |
| 3.699 | 0.411 | -1.397 | -1.498 | 0.207 | -1.456 | 0.222 |
| 3.729 | 0.513 | -1.323 | -1.424 | 0.246 | -1.383 | 0.265 |
| 3.752 | 0.611 | -1.245 | -1.346 | 0.286 | -1.307 | 0.309 |
| 3.771 | 0.706 | -1.167 | -1.271 | 0.325 | -1.232 | 0.352 |
| 3.799 | 0.870 | -1.042 | -1.148 | 0.404 | -1.114 | 0.438 |
| 3.820 | 1.011 | -0.936 | -1.044 | 0.482 | -1.014 | 0.522 |
| 3.835 | 1.150 | -0.813 | -0.932 | 0.559 | -0.893 | 0.606 |
| 3.846 | 1.271 | -0.723 | -0.840 | 0.636 | -0.796 | 0.690 |
| 3.863 | 1.486 | -0.546 | -0.671 | 0.787 | -0.622 | 0.859 |
| 3.876 | 1.718 | -0.356 | -0.491 | 0.973 | -0.438 | 1.067 |
| 3.884 | 1.918 | -0.159 | -0.309 | 1.153 | -0.169 | 1.293 |
| 3.898 | 2.237 | 0.161 | -0.016 | 1.496 | 0.122 | 1.765 |
| 3.901 | 2.660 | 0.633 | 0.418 | 2.133 | 0.501 | 2.591 |
| 3.904 | 2.916 | 0.940 | 0.695 | 2.723 | 0.789 | 3.313 |
| 3.907 | 3.194 | 1.322 | 1.046 | 3.822 | 1.152 | 4.696 |
| 3.908 | 3.317 | 1.491 | 1.212 | 4.878 | 1.320 | 6.046 |
| 3.909 | 3.420 | 1.636 | 1.350 | 5.922 | 1.463 | 7.392 |

М 9. $\Theta_{eff}=0.810$, $\lg g=2.49$

Таблица 10

| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 1.468 | -1.777 | -2.976 | -2.815 | 0.726 -4 | -2.896 | 0.602 -4 |
| 1.750 | -1.604 | -2.916 | -2.785 | 0.213 -3 | -2.854 | 0.178 -3 |
| 2.082 | -1.388 | -2.802 | -2.712 | 0.600 -3 | -2.764 | 0.514 -3 |
| 2.315 | -1.253 | -2.702 | -2.643 | 0.119 -2 | -2.682 | 0.105 -2 |

Продолжение табл. 10

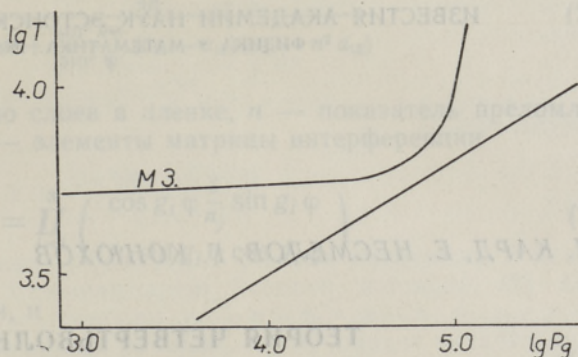
| $\lg P_g$ | $\lg P_e$ | $\lg \kappa_{5050}$ | $\lg \kappa_{3933}$ | τ_{3933} | $\lg \kappa_{4340}$ | τ_{4340} |
|-----------|-----------|---------------------|---------------------|---------------|---------------------|---------------|
| 2.535 | -1.121 | -2.606 | -2.577 | 0.230 -2 | -2.602 | 0.208 -2 |
| 2.663 | -1.047 | -2.552 | -2.539 | 0.335 -2 | -2.557 | 0.308 -2 |
| 2.752 | -0.995 | -2.513 | -2.511 | 0.436 -2 | -2.523 | 0.406 -2 |
| 2.874 | -0.911 | -2.437 | -2.447 | 0.634 -2 | -2.454 | 0.599 -2 |
| 2.958 | -0.852 | -2.384 | -2.403 | 0.827 -2 | -2.406 | 0.791 -2 |
| 3.021 | -0.810 | -2.346 | -2.371 | 0.102 -1 | -2.371 | 0.980 -2 |
| 3.135 | -0.721 | -2.271 | -2.307 | 0.148 -1 | -2.301 | 0.145 -1 |
| 3.214 | -0.660 | -2.220 | -2.264 | 0.194 -1 | -2.254 | 0.191 -1 |
| 3.325 | -0.553 | -2.133 | -2.190 | 0.283 -1 | -2.174 | 0.283 -1 |
| 3.395 | -0.467 | -2.063 | -2.129 | 0.370 -1 | -2.108 | 0.374 -1 |
| 3.450 | -0.396 | -2.003 | -2.073 | 0.455 -1 | -2.050 | 0.464 -1 |
| 3.493 | -0.336 | -1.954 | -2.027 | 0.540 -1 | -2.002 | 0.553 -1 |
| 3.559 | -0.245 | -1.882 | -1.959 | 0.708 -1 | -1.932 | 0.732 -1 |
| 3.609 | -0.171 | -1.826 | -1.907 | 0.875 -1 | -1.878 | 0.910 -1 |
| 3.658 | -0.090 | -1.765 | -1.850 | 0.108 | -1.818 | 0.113 |
| 3.696 | -0.006 | -1.701 | -1.791 | 0.129 | -1.757 | 0.135 |
| 3.721 | 0.071 | -1.640 | -1.731 | 0.149 | -1.696 | 0.157 |
| 3.752 | 0.137 | -1.589 | -1.683 | 0.169 | -1.646 | 0.179 |
| 3.793 | 0.241 | -1.511 | -1.609 | 0.209 | -1.569 | 0.223 |
| 3.824 | 0.346 | -1.430 | -1.532 | 0.249 | -1.489 | 0.267 |
| 3.848 | 0.447 | -1.354 | -1.458 | 0.288 | -1.414 | 0.310 |
| 3.867 | 0.538 | -1.286 | -1.389 | 0.328 | -1.347 | 0.354 |
| 3.897 | 0.699 | -1.162 | -1.264 | 0.407 | -1.224 | 0.441 |
| 3.918 | 0.850 | -1.044 | -1.149 | 0.486 | -1.113 | 0.527 |
| 3.934 | 0.984 | -0.948 | -1.054 | 0.564 | -1.024 | 0.611 |
| 3.946 | 1.109 | -0.846 | -0.955 | 0.642 | -0.921 | 0.695 |
| 3.964 | 1.332 | -0.669 | -0.785 | 0.796 | -0.740 | 0.864 |
| 3.977 | 1.570 | -0.473 | -0.598 | 0.986 | -0.549 | 1.075 |
| 3.986 | 1.778 | -0.308 | -0.439 | 1.172 | -0.388 | 1.284 |
| 3.997 | 2.113 | -0.001 | -0.156 | 1.532 | 0.037 | 1.765 |
| 4.006 | 2.564 | 0.454 | 0.261 | 2.202 | 0.335 | 2.691 |
| 4.009 | 2.838 | 0.796 | 0.573 | 2.822 | 0.659 | 3.436 |
| 4.012 | 3.144 | 1.203 | 0.943 | 3.969 | 1.042 | 4.856 |
| 4.013 | 3.300 | 1.403 | 1.132 | 5.053 | 1.236 | 6.226 |
| 4.014 | 3.401 | 1.544 | 1.267 | 6.117 | 1.375 | 7.585 |

Используя адиабатические градиенты из работы [7], можно оценить оптическую глубину, на которой начинается конвективная неустойчивость; она получается для всех наших моделей одинаковой: $\tau_{5050} \approx 0.500$, при условии, что везде сохраняется лучистый температурный градиент, т. е. конвекции нет. Этого логического противоречия можно, однако, избежать лишь при учете конвективного переноса энергии.

Возникает вопрос о возможности использования полученных моделей для анализа звездных спектров. А. Унзольд [5] оценил условия, при которых надо учитывать перенос энергии конвекцией. Его результаты нанесены на рисунок вместе с одной из наших моделей ($\Theta_{eff} = 0.74$, $\lg g = 4.35$), самой критичной в отношении конвективного переноса. Для моделей с меньшими g роль конвекции уменьшается, так как в них плотность газа гораздо меньше. В области, находящейся на рисунке справа от диагональной прямой, конвекция переносит значительную долю энергии, а в области, расположенной слева от нее, этой долей

можно пренебречь. Из рисунка следует, что поток, переносимый конвекцией, в наших моделях можно не учитывать; в более поздних подклассах класса F конвекцией пренебречь нельзя.

Из сказанного можно сделать вывод, что полученные модели пригодны для расчета теоретического линейчатого спектра.



ЛИТЕРАТУРА

1. Mihalas D., Ap. J. Suppl., 13, 1 (1966).
2. Searle L., Oke J. B., Ap. J., 135, 790 (1962).
3. Bode G., Die kontinuierliche Absorption von Sternatmosphären in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Elementhäufigkeiten, Kiel, 1965.
4. Goldberg L., Müller E. A., Aller L. H., Ap. J. Suppl., 5, No. 45 (1960).
5. Unsöld A., Physik der Sternatmosphären, Berlin, 1955.
6. Котли М., Ханко П., Программы для ЭЦВМ, вып. 4, Таллин, 1966.
7. Киппер Т., Изв. АН ЭССР, Физ. Матем., 17, № 2 (1968).

Институт физики и астрономии
Академии наук Эстонской ССР

Поступила в редакцию
24/I 1968

T. KIPPER

F-TÄHTEDE ATMOSFÄÄRIDE LIGIKAUDSED MUDELID

On arvatatud mudelite jada F-tähtede atmosfääride jaoks. Aluseks on võetud sõltuvus $T(\tau)$, mille on saanud D. Mihalas [1] F2V-tüüpi tähe atmosfääri jaoks «kasvuhoone» efekti arvestades. Hüdrostaatilise tasakaalu võrrand on lahendatud iteratsioonimeetodil. Gaasirõhu ja elektronrõhu suhe ning pideva neeldumise koefitsiendid on võetud G. Bode tabelitest [3].

T. KIPPER

APPROXIMATE MODEL ATMOSPHERES OF F-STARS

A set of model atmospheres has been computed for F-stars. We adopted a $T(\tau)$ relationship which was obtained by D. Mihalas [1] for Balmer-line-blanketed model atmosphere of a F2V star. The equation of hydrostatic equilibrium was solved using the iteration method.

The ratio of electron and gas pressure and continuous absorption coefficients were taken from the tables of G. Bode [3].