

Индивидуальные двухиндексные диаграммы для A_p -звезд в Вильнюсской системе

А. Николов, И. Илиев

Введение

Фотометрические наблюдения A_p -звезд и исследование поведения и места этих звезд на разных двухиндексных диаграммах позволяют судить о природе их переменности. В работе О с а в ы (1967) были показаны совместные изменения двух цветов $U-B$ и $B-V$ для 5 A_p -звезд. Показано также и место звезд главной последовательности. На этой основе автор делает свои предположения о механизме изменения блеска и цвета исследуемых A_p -звезд. В своей работе С т е п и е н (1968) делает выводы о возможном делении A_p -звезд на две группы. Это деление основывается на преобладающем изменении двух цветов на диаграмме $(U-B)$ $(B-V)$. Отмечается, что в первую группу попадают звезды, для которых блеск и цвет изменяются в одной фазе. Во второй группе изменения блеска и цвета происходят в противофазе. Кривая блеска всегда выглядит как двойная волна. В работе Р а д к о в а (1975) рассматриваются кривые, которые описывают A_p -звезды на двухиндексной диаграмме $(U-B)$ $(B-V)$. Проводится классификация в зависимости от формы этих крив. К а м е р о н (1967) показал, что среднеполосная и узкополосная фотометрии A_p -звезд дают большие возможности для отделения этих звезд от нормальных из-за реально существующих различий между ними. Как отмечено в работе С т р а й ж и с а, Ж и т к я в и ч ю с а (1977), в дальнейшем необходимо исследовать и проанализировать поведение A_p -звезд на двухиндексных диаграммах. Настоящая работа посвящена именно этому вопросу.

Наблюдательный материал и методика получения результатов

Наблюдательный материал представляет собой электрофотометрические наблюдения 21 A_p -звезд в десятицветной системе ZIAP, проведенные Н и к о л о в ы м (1974). Десятицветная система представляет комбинацию семи цветов Вильнюсской системы — U , P , X , Y , Z , V и S и трех цветов среднеполосной системы Джонсона, Митчела, которые получили обозначения HR, MR и DR. Десятицветная система предлагает большой выбор колор-индек-

сов. Количество двухиндексных диаграмм, которых можно получить от этих колор-индексов, тоже большое. Информацию, которую они несут, далеко не одинаковая по объему. Поэтому необходимо искать такую систему колор-индексов, которая была бы достаточно информативной. В работе Страйжиса, Барткявичюса (1970) делается анализ влияния химического состава звездных атмосфер на разные колор-индексы Вильнюсской системы. Основные выводы получены для центра диска Солнца. Сначала мы хотели аналогичным образом сделать такие оценки, но для нормальной звезды спектрального класса А0. Из-за трудностей технического характера в наших вычислениях имелись большие ошибки, и, в конце концов, мы решили использовать результаты, данные в работе Страйжиса, Барткявичюса. Вполне ясно, что для детального рассмотрения будут нужны подробные вычисления для звезды более раннего класса, чем G2. Мы предположили, что характер колор-индексов не изменяется существенно для различных спектральных классов. Если в классе G2 какой-нибудь из них сильно зависит от бланкетирования, то он не может не зависеть (конечно, не в такой степени) и в классе А0. Нами были использованы следующие колор-индексы: $U-X$, $U-Y$, $X-Z$, $P-Y$, на которые не влияет сильно бланкетирование, и $Y-V$, $V-S$ и $Z-V$, которые не зависят так сильно от бланкетирования и используются индикаторами эффективной температуры. В той же самой работе указывалось, что колор-индексы любой фотометрической системы, величины которой находятся за $\lambda=4400 \text{ \AA}$, слабо зависят от бланкетирования. Вот почему мы использовали и индексы $Z-MR$ и $HR-DR$.

Принципиальные возможности для построения двухцветных диаграмм с помощью выбранной системы колор-индексов следующие: комбинация двух индексов, зависящих от температуры; комбинация двух индексов, зависящих от бланкетирования; комбинация двух индексов смешанного типа.

Вот и комбинации, которые мы осуществили:

I тип: температура/температура — $(Y-V)$ ($V-S$) и $(Z-V)$ ($HR-DR$).

II тип: бланкетирование/бланкетирование — $P-Y/U-V$ и $(U-X)/(X-Z)$.

III тип: бланкетирование/температура — $(U-Y)/(Y-V)$, $(U-Y)/(Z-V)$, $(U-X)/(Z-MR)$, $(X-Z)/(Z-MR)$.

Мы решили увидеть, как изменяются разные колор-индексы одной звезды в течение всего периода изменения блеска. Для каждой звезды, в каждом из десяти цветов мы построили кривые блеска. По ним были получены интересующие нас колор-индексы для отдельных фаз с шагом 0,1 периода. Для какой-либо фазы два колор-индекса задают положение одной точки на соответствующей диаграмме. Эти точки мы соединяли непрерывной линией последовательно, по росту фазы. Получаются замкнутые кривые, которые позволяют в одной или другой степени проследить изменения колор-индексов. Форма этих кривых, конечно, зависит от числа точек, по которым они построены. Мы считаем, что для точности, с которой работаем (около 0^m , 015 для каждого колор-индекса), использование десяти точек вполне достаточно. Тем более, нам пока еще не ясно, как конкретные физические механизмы могут проявляться одним или другим образом в форме этих „узлов“. Несмотря на все эти неточности и неопределенности, мы решили отмечать, если это возможно, некоторые связи между морфологией „узлов“, с одной стороны, и типом пекулярности, типом диаграмм, положением по отношению к главной последовательности и положением некоторых специфических для кривой блеска точек — с другой. При определении фаз min и max использовались кривые блеска в цвете V , а где это было невозможно

из-за небольших амплитуд (меньше 0,015) — в цвете Z или HR . Повсюду римскими цифрами обозначены типы диаграмм, согласно сделанной классификации.

Результаты

HD 19 832 (56 Aгі) $A0_p$. Тип пекулярности — Si (Здесь и дальше типы пекулярности — из работы Осавы (1965). Кривая блеска — двойная волна (рис. 1). Фазы минимумов — 0,0 и 0,5, а максимумов — 0,3 и 0,7 На диа-

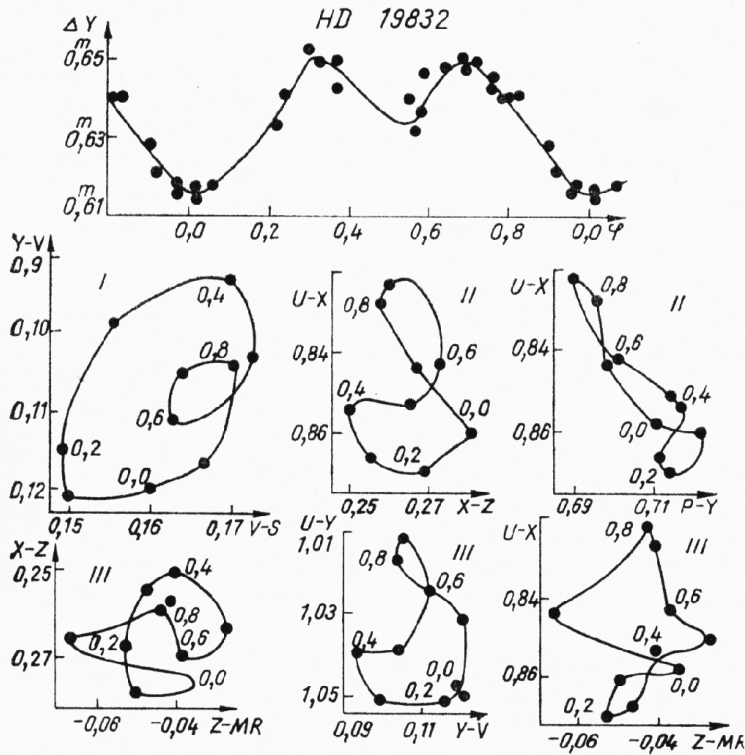


Рис. 1

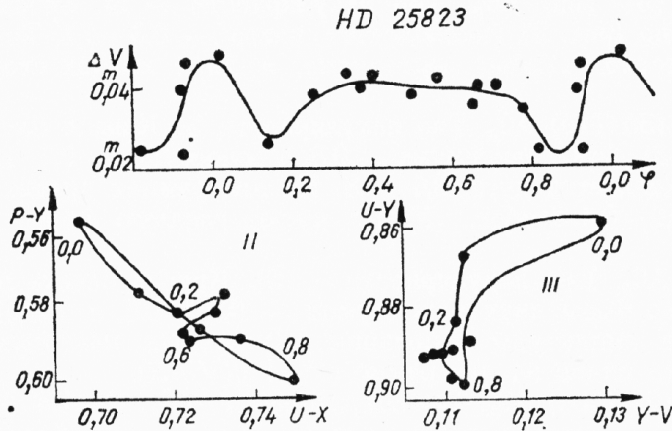


Рис. 2

граммах первого типа выделяется положение дуги 0,6—0,8. „Узлы“ на диаграммах второго типа вытянутые и похожие на восьмерку. В противоположных концах стоят дуги двух максимумов — 0,2—0,3 и 0,7—0,8. Приблизительно так выглядят и „узлы“ на диаграммах третьего типа. Разделение

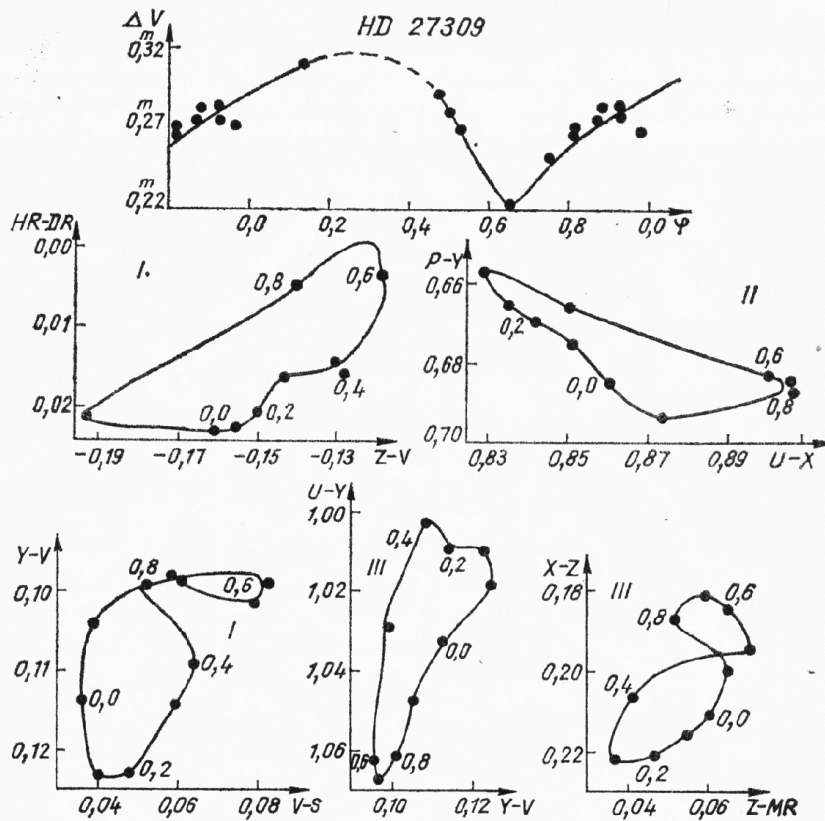


Рис. 3

точек одного максимума от другого лучше всего наблюдается на диаграмме $(U-X)/(Z-MR)$.

HD 25 823 (41 Tau) A0_p. Тип пекулярности — Si. Кривая блеска построена неуверенно (рис. 2). Наблюдается плато — 0,3—0,7. Точки этих фаз группируются тесно. „Узлы“ вытянутые, в двух концах стоят точки 0,0 и 0,8.

HD 27 309 (56 Tau) A0_p. Тип пекулярности Si, Кривая блеска — простая волна (рис. 3). Фаза максимума — 0,3, а минимума — 0,7. На диаграмме первого типа выделяется дуга 0,6—0,8. На диаграммах других типов и положение дуги 0,2—0,4 особое. „Узлы“ имеют гладкую форму — без пересечения.

HD 34 452 A0_p. Тип пекулярности — Si. Кривая блеска построена неуверенно (рис. 4). Фазы двух максимумов — 0,2 и 0,6, а минимумов — 0,0 и 0,4. Почти все амплитуды небольшие. Дуги двух максимумов противостоят. Лучше это видно на диаграмме $(Y-V)/(V-S)$.

HD 65 339 (53 Cam) A2_p. Тип пекулярности — Sr, Cr, Eu. Кривая блеска для X, Z и MR — простая волна, для U, P и Y — двойная волна. Из-за малых амплитуд колор-индексов „узлы“ не были построены.

HD 71 866 A0_p. Тип пекулярности — Sr, Cr, Eu. Кривая блеска — двойная волна (рис. 5). Слабо заметны второй максимум и минимум. Фаза другого максимума — 0,6, а другого минимума — 0,8. Точки 0,5—0,7—0,9 сос-

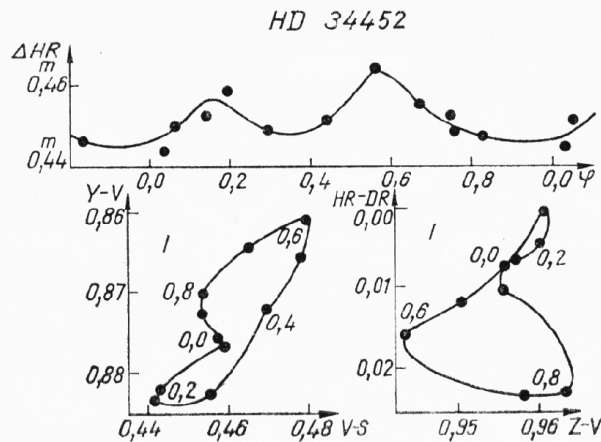


Рис. 4

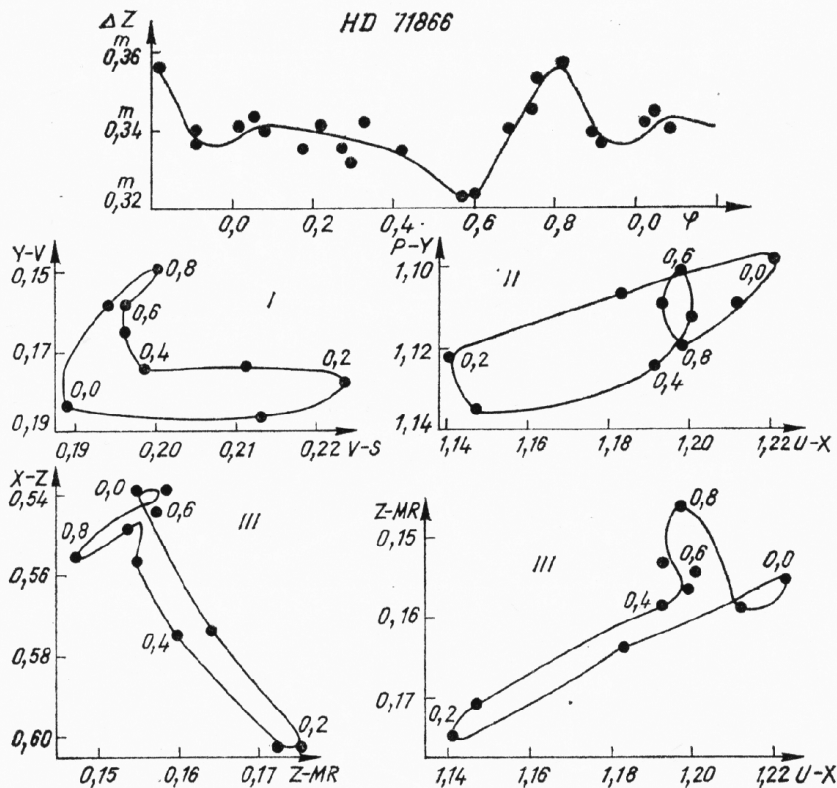


Рис. 5

тавляют компактную группу, которая отделяется от дуги 0,1—0,3. Это наблюдается на всех диаграммах.

HD 98 088 F0. Тип — Sr, Cr. Кривая блеска — двойная волна (рис. 6). Фазы максимумов — 0,1 и 0,6, а минимумов — 0,3 и 0,8. Интересно выгля-

дят „узлы“ на диаграммах $(P-Y)/(U-X)$, $(Y-V)/(V-S)$ и $(U-Y)/(Y-V)$. Они имеют „трехлепестковую“ форму. В центре „цветка“ стоит точка 0,6, в концах „лепестков“ — 0,8, 0,3 и 0,0. На диаграмме третьего типа точки 0,6 и 0,8 поменялись местами.

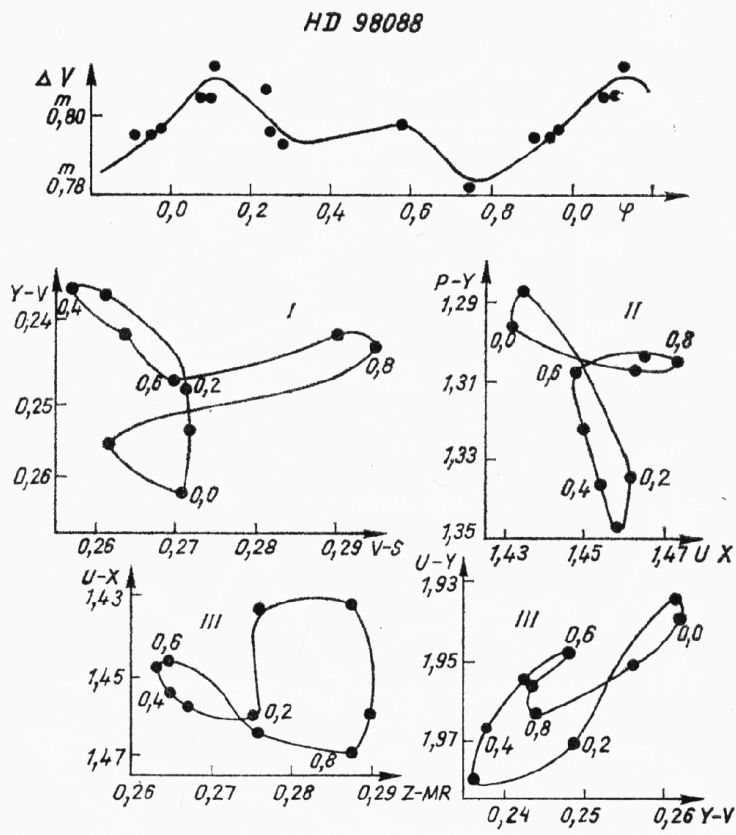


Рис. 6

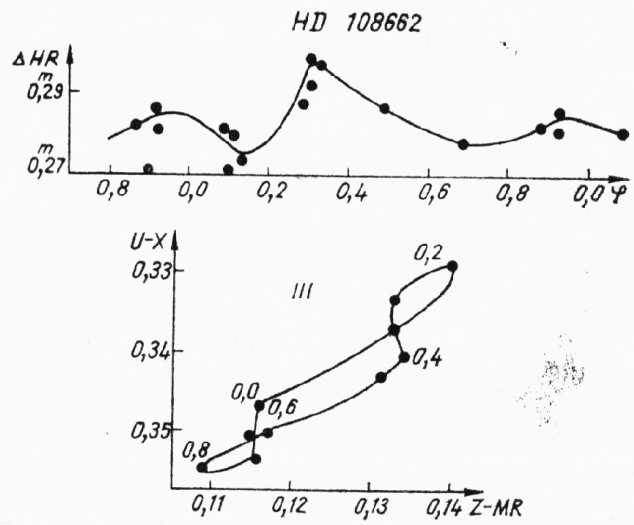


Рис. 7

HD 108 662 (21 Com A) A0_p. Тип — Sr, Cr, Eu. Кривая блеска — двойная волна (рис. 7). Все колор-индексы имеют небольшие амплитуды. Фазы максимумов — 0,3 и 0,9, а минимумов — 0,1 и 0,7 „Узел“ на диаграмме (X-Z)/(Z-MR) почти линейный. В двух концах стоят группы точек, описывающих первую и вторую часть двойной волны.

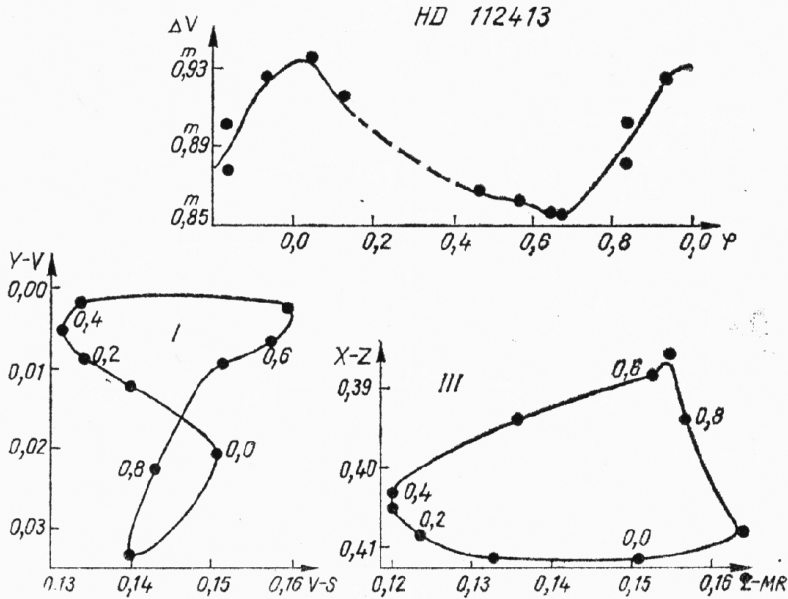


Рис. 8

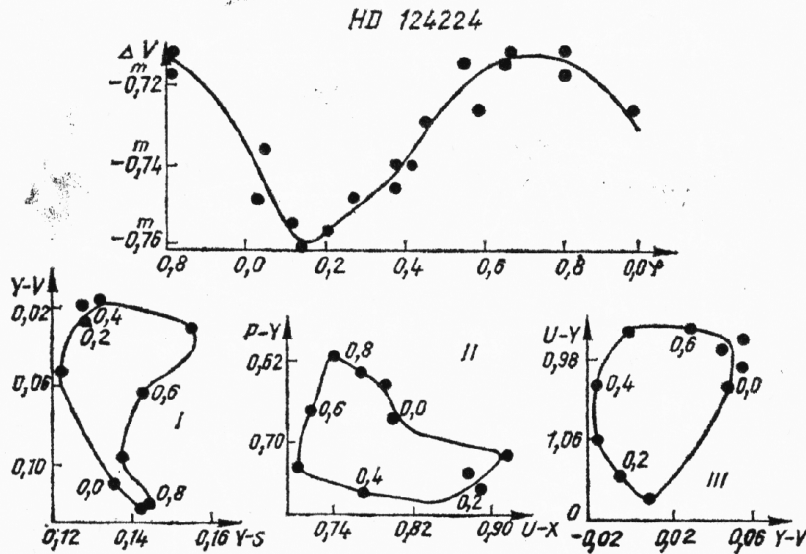


Рис. 9

HD 112 413 (α^2 CVn). Тип — Si, Hg, Cr, Eu. Кривая блеска — двойная волна (рис. 8) — второй максимум выявляется слабо. В некоторых цветах, как в V, он вообще не наблюдается. Фаза другого максимума — 0,0, а

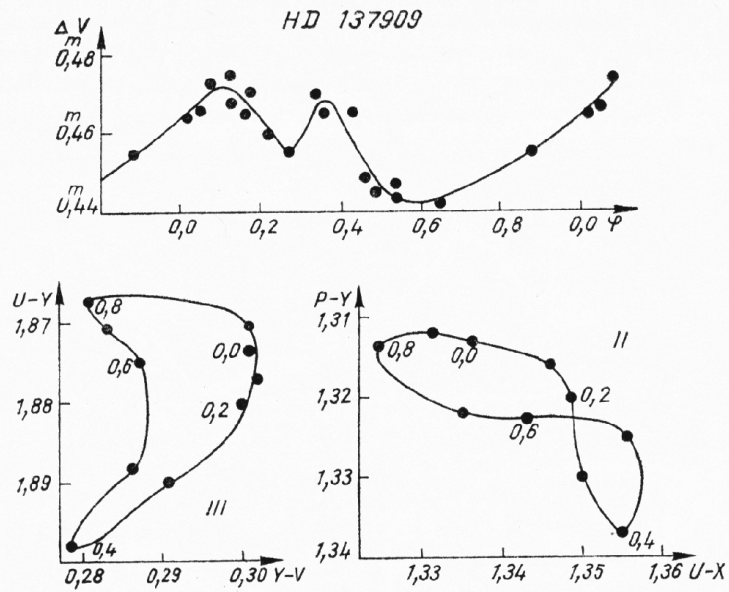


Рис. 10

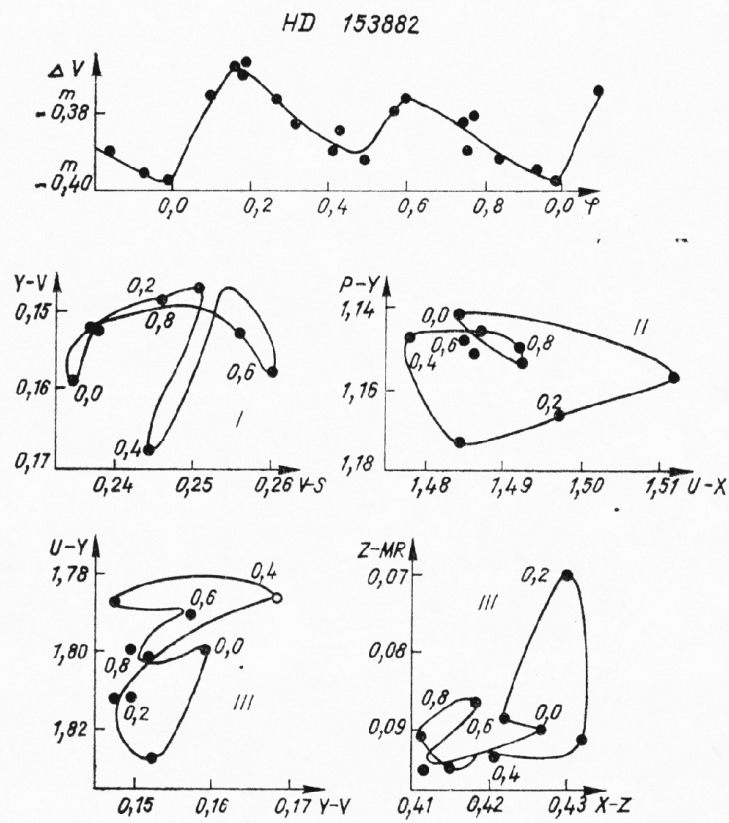


Рис. 11

другого минимума — 0,7. Второму максимуму отвечает дуга 0,4—0,6. „Узел“ на диаграмме первого типа имеет форму „восьмерки“. Все характерные точки находятся в ее центре.

HD 124 224 (78 Vir). Тип — Si Кривая блеска — простая волна (рис. 9). Амплитуда большая — в V достигает 0,2. Фаза максимума — 0,7, а минимума — 0,2. Все „узлы“ имеют овальную форму. Обычно дуги минимума и максимума противостоят.

HD 137 909 (β CrB) F0_p. Тип — Sr, Cr, Eu. Кривая блеска — двойная волна (рис. 10). Фазы двух максимумов — 0,1 и 0,4, а двух минимумов — 0,3 и 0,6. Характерно отделение дуги 0,3—0,5.

HD 153 882 A0_p. Тип — Cr. Кривая блеска — двойная волна (рис. 11). Фазы двух максимумов — 0,2 и 0,6, а двух минимумов 0,4 и 0,0. „Узел“ на диаграмме первого типа имеет T-образную форму. На диаграмме второго типа отделяются точки, соответствующие фазам второй части волны — 0,5—0,9. На диаграмме $(U-Y)/(Y-V)$ та группа находится в центре „восьмерки“.

HD 173 650 A0_p. Тип — Sr, Cr, Eu. Кривая блеска — двойная волна (рис. 12). Минимумы очерчены хорошо и резко. Их фазы — 0,3 и 0,9, а фазы двух максимумов — 0,1 и 0,6. „Узлы“ узкие, линейные. В двух концах стоят дуги максимумов, а в центральной части — дуги минимумов.

HD 184 905 A0_p. Тип — Si, Sr, Cr. Кривая блеска — двойная волна. Второй максимум низкий, платовидный. Амплитуды небольшие. Построен только „узел“ на диаграмме $(P-Y)/(U-X)$.

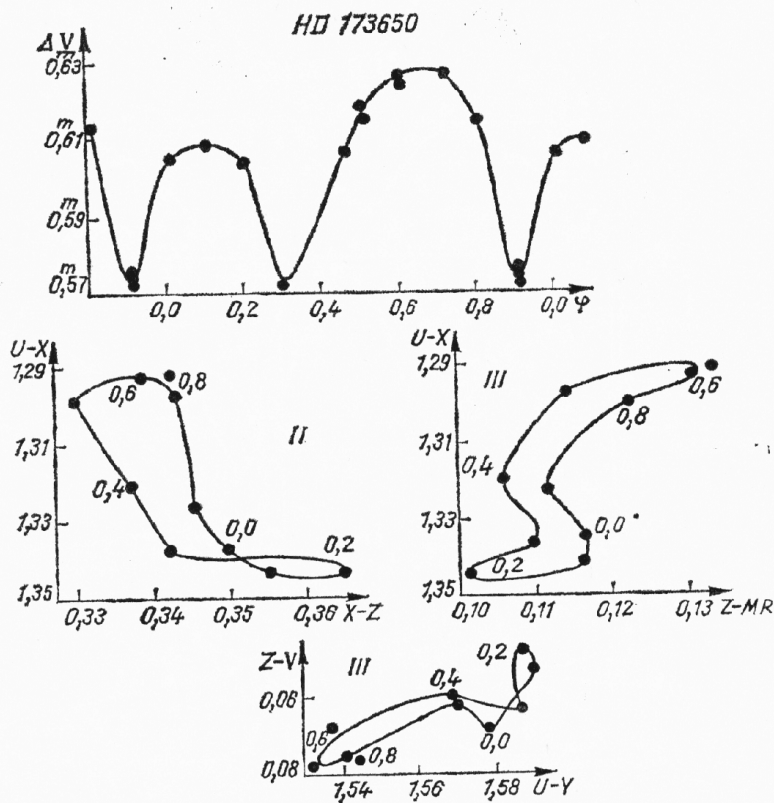


Рис. 12

HD 193 722 B9. Тип — Si. Кривая блеска — двойная волна (рис. 13). Второй максимум выявляется слабо. Фаза другого максимума — 0,4, а фаза глубокого минимума — 0,0. Хорошо различаются две группы точек — одна, принадлежащая второму, платовидному максимуму, и другая, принадлежащая первому максимуму.

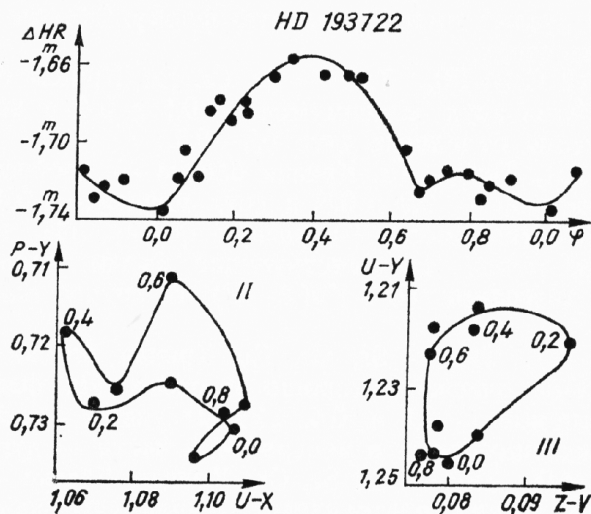


Рис. 13

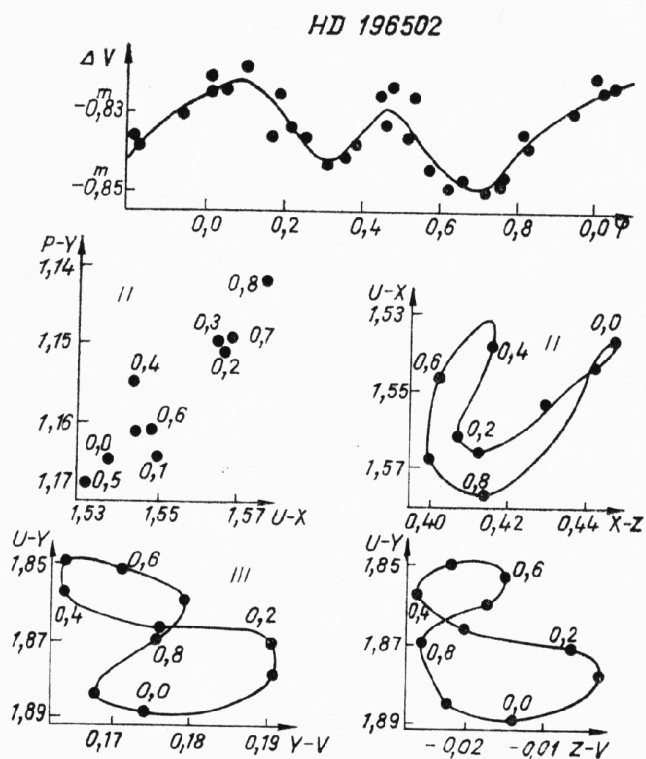


Рис. 14

HD 196 502 (73 Dra) A2_p. Тип — Cr, Sr, Eu. Двойная волна (рис. 14). Фазы максимумов — 0,0 и 0,5, а минимумов — 0,3 и 0,7. „Узел“ на диаграмме второго типа $(P-Y)/(U-X)$ линейный. На одном конце группируются точки, принадлежащие двум максимумам, а на другом — двум минимумам. Другой „узел“ на диаграмме этого типа имеет U-образную форму. Дуги минимумов 0,2—0,3 и 0,7—0,8 стоят в основе. Отдельно находятся дуги двух максимумов. Расположение характерных точек на диаграммах третьего типа похожее. В центре — точки минимумов, дуги двух максимумов противостоят.

HD 215 441 A0_p. Тип — Si. Кривая блеска — простая волна (рис. 15). Амплитуда в V — 0,1. Фаза максимума — 0,9, а минимума — 0,4. „Узел“ диаграммы первого типа линейный. Отделяются точки восходящей ветви 0,4—0,6. Форма „узла“ на $(P-Y)/(U-X)$ — подобная. Противостоят дуги 0,7—0,9 и 0,5—0,6. „Узел“ на другой диаграмме этого типа не показывает таких особенностей. Здесь дугами с особым положением являются 0,3—0,5, 0,7—0,8 и 0,9—0,0.

HD 219 749 B9_p. Тип — Si. Амплитуды небольшие.

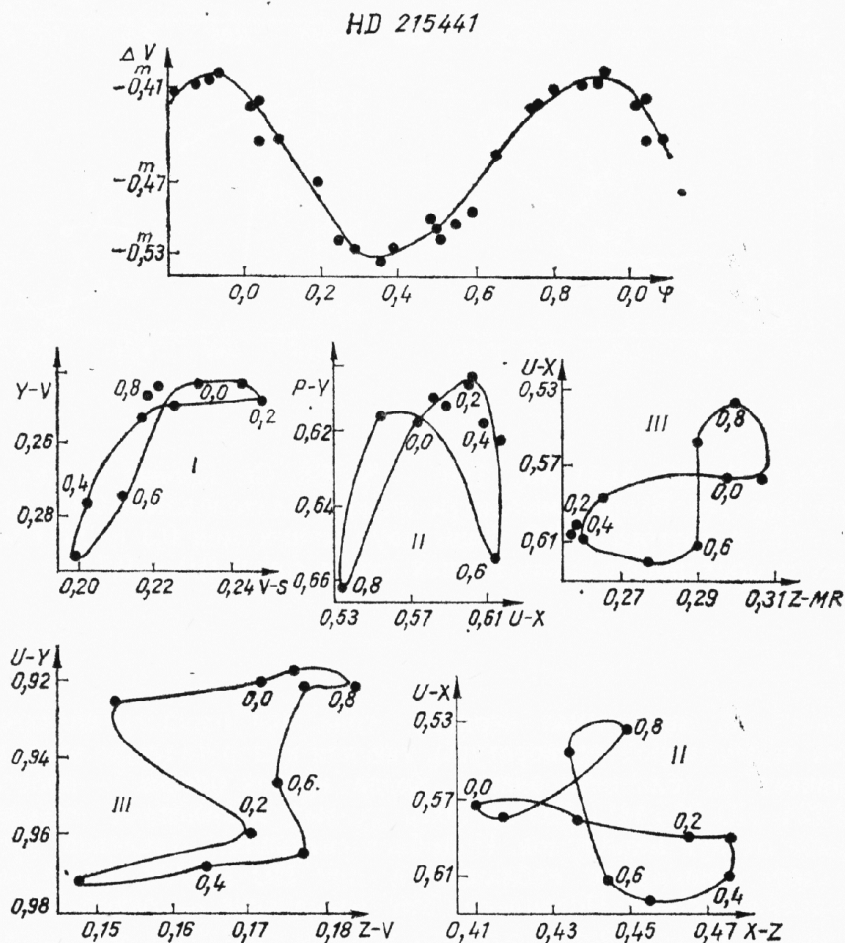


Рис. 15

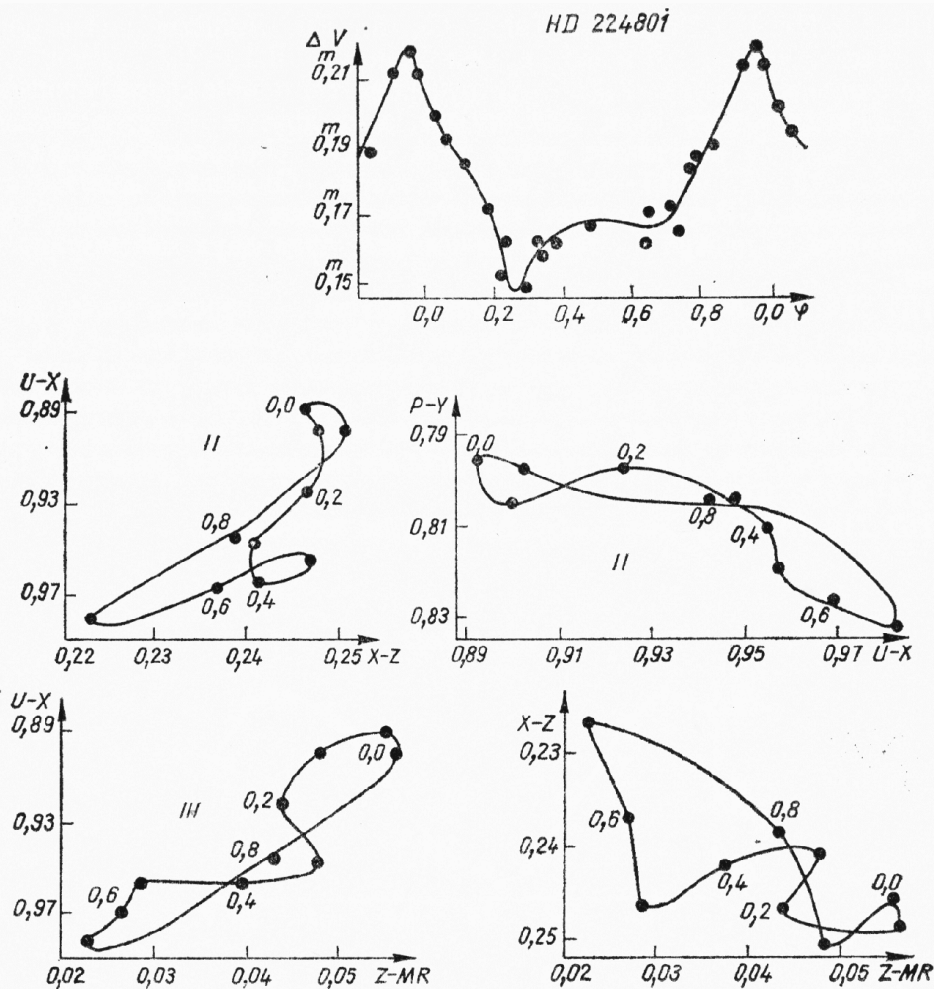


Рис. 16

HD 224 801 (CG And) A0_p. Тип — Si, Eu, Cr. Кривая блеска — двойная волна (рис. 16). Второй максимум низкий, платовидный. Фаза этого максимума — 0,5, а другого — 0,0. Фазы двух минимумов 0,3 и 0,7. Все „узлы“ вытянуты. В противоположных концах стоят точки 0,0 и 0,7.

Выводы

От „узлов“ на диаграммах первого типа мы ожидали информацию об изменении эффективной температуры, так как колор-индексы этих диаграмм слабо зависят от бланкетирования. Когда кривая блеска — простая волна (HD 124 224, HD 215 441, HD 27 309), „узлы“ показывают отделение дуг максимумов от дуг минимумов. Подобная ситуация отделения дуг максимумов от дуг минимумов наблюдается при HD 153882, но у нее кривая блеска — двойная волна. Поскольку это разделение — результат температурных разниц, естественно допустить, что температура в максимуме блеска отличается от температуры в минимуме блеска. Когда кривая блеска двойная волна, отделяются или платовидный второй максимум (HD 112 413,

HD 71 866), или два максимума друг от друга (HD 19 832, HD 34452). „Узлы“ на диаграммах второго типа дают известное представление об изменении химического состава атмосферы звезды (здесь и дальше в смысле неравномерного распределения химических элементов на поверхности звезд). Как правило, их форма вытянутая, с переплетениями. Самая гомогенная группа та, в которой дуги минимумов и максимумов блеска противостоят. В нее входят HD 25 823, HD 27 309, HD 193 722 и HD 124 224. У всех — пекулярный элемент Si. В другой группе — HD 19 832, HD 196 502, HD 173 650, HD 224 801 и HD 184905. Здесь наблюдается противопоставление дуг двух максимумов. Иногда второй из них низкий, платовидный. Преобладающий тип пекулярности — Sr, Cr, Eu. Встречается также и Sr, Cr, Si. По „узлам“ на диаграммах третьего типа можно судить о совместном изменении температуры и химического состава поверхности звезды. Противопоставление дуг двух максимумов наблюдается у HD 19 832, HD 108 662, HD 196 502. Дуга плато отделяется от дуги другого максимума у HD 193 772. Преобладающий тип пекулярности — Sr, Cr, Eu. Только один максимум, обычно более высокий, отделяется у HD 25 823, HD 71 866, HD 137 909 и HD 153 882. Пекулярность — тоже Sr, Cr, Eu. Противопоставление дуг минимумов и максимумов — у HD 27309, HD 112 413, HD 215 441 и HD 224 801. Тип пекулярности — Si, а также и Si, Eu, Cr.

Положение „узлов“ по отношению к звездам главной последовательности

В заключении наших исследований изменений колор-индексов были построены четыре диаграммы разного типа. На этих диаграммах показаны „узлы“ нескольких звезд (обычно разных групп перечисленных выше). Показано и место нормальных звезд. Эти диаграммы дают возможность сравнивать места „узлов“ одно с другим, а также и увидеть, как эти „узлы“ располагаются по отношению к главной последовательности. На рис. 17 — диаграмма $(Y-V)/(V-S)$. Она первого типа. Интересная особенность этой диаграммы это то, что линия покраснения параллельна области главной последовательности. Все „узлы“ находятся или внутри, или в непосредственной близости к этой области. Сам факт существования оформленных „узлов“ уже говорит о температурных различиях на видимой полусфере звезды. Отсутствие существенной разницы показывает, что эти различия играют роль скорее сопровождающую, чем порождающую, изменения в колор-индексах. На рис. 18 — диаграмма второго типа $(U-X)/(X-Z)$. „Узлы“ некоторых звезд существенно выделяются из области нормальных звезд. „Узел“ звезды HD 71 866 линейный, приблизительно перпендикулярный самой близкой части главной последовательности. Ближе к ней расположена та дуга, которая соответствует хорошо очерченному максимуму. Дальше — дуга минимума и плато. „Узел“ HD 27 309 частично находится в области нормальных звезд. Самая дальняя его часть — это дуга минимума. Положение „узла“ HD 196502 тоже интересно. У него U-образная форма. Точки, описывающие два максимума, ближе к главной последовательности, чем остальные. Несмотря на разные типы пекулярности, для рассмотренных звезд можно сделать вывод, что в максимуме блеска эти звезды имеют колор-индексы, а, вероятно, и химический состав, которые ближе к этим для звезд главной последовательности. На рис. 19 и 20 — две диаграммы третьего типа — $(U-Z)/(Y-V)$ и $(X-Z)/(Z-MR)$. Вне области главной

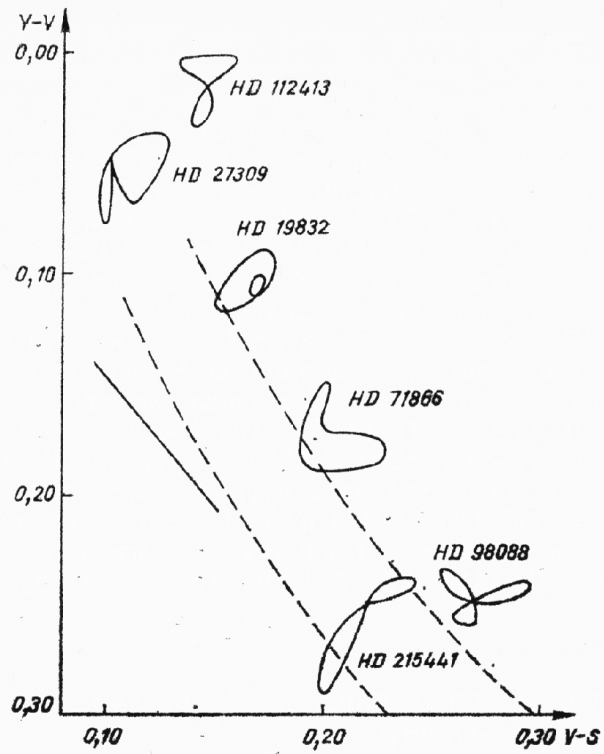


Рис. 17

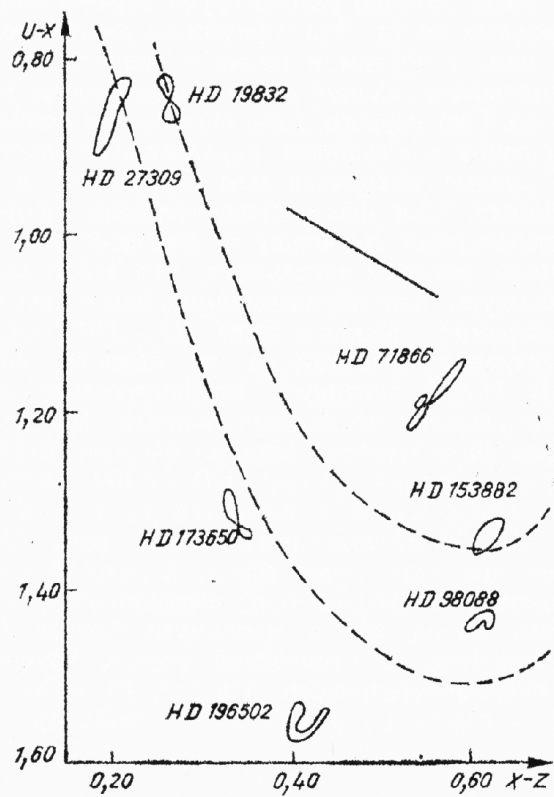


Рис. 18

последовательности на первой из них стоят „узлы“ HD 196 502, HD 153 882 и HD 215 441. Отклонение HD 215 441 — значительное. Другие два „узла“ находятся рядом, они почти параллельны главной последовательности. На второй диаграмме $(X-Z)/(Z-MR)$ хорошо выделяется только HD 215 441.

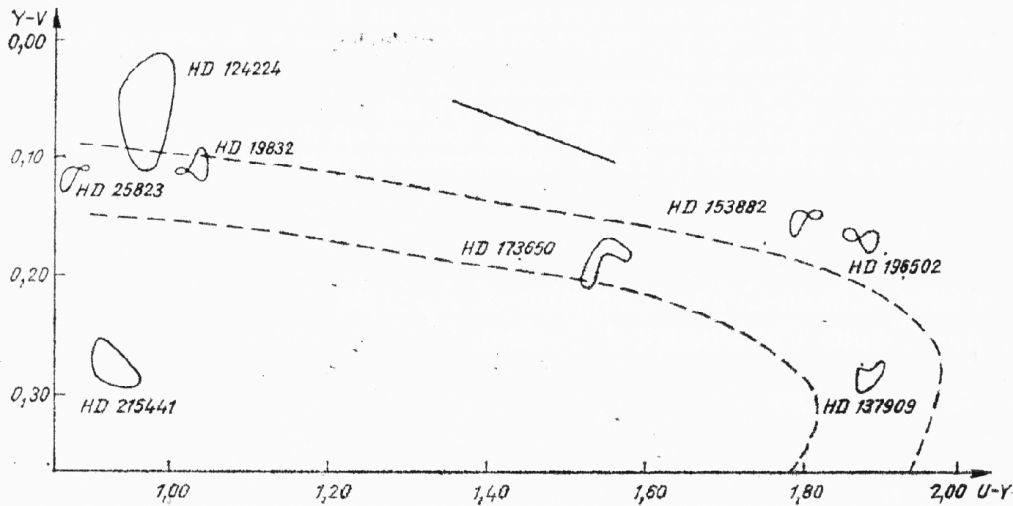


Рис. 19

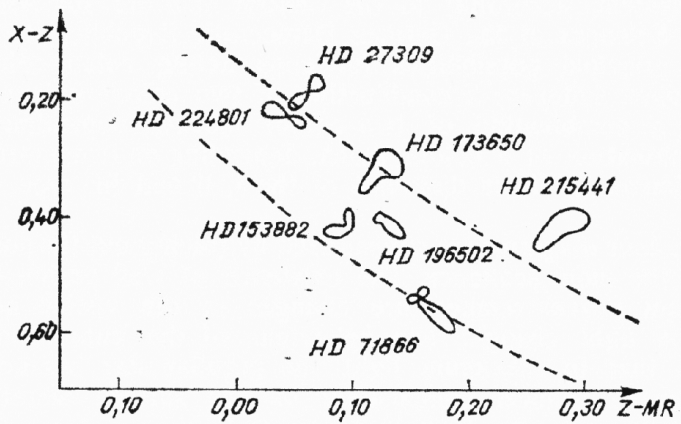


Рис. 20

Нужно отметить, что в большинстве случаев „узлы“ находятся внутри или в непосредственной близости к области нормальных звезд. Намечается разделение на типы пекулярности. На всех четырех диаграммах звезды типа Si группируются около той части главной последовательности, где у нормальных звезд спектральный класс B5—A0. Звезды с типом пекулярности Sr, Cr, Eu и Sr, Cr располагаются около нормальных звезд спектрального класса A5—F2.

Литература

- Камерон (Cameron, R. C.). 1967. The Magnetic and Related Stars. Ed. by R. Cameron. Mono Book Corp., Baltimore, p. 471.
- Николов, 1974 (Nikolov A. S.). Dissertation, AdW der DDR.
- Осава (Osawa, K.) 1965. Ann. Tokyo Obs., II ser., IX, No 21.
- Осава (Osawa, K.). 1967. The Magnetic and Related Stars. Ed. by R. Cameron. Mono Book Corp., Baltimore, p. 381.
- Радков. 1975. Астрофизические исследования, 1, 47.
- Степиен (Stepien, K.). 1968. Astrophys. J., 154, 945.
- Страйжис, А. Барткавичюс. 1970. Бюлл. Вильнюсской АО, № 28, 33.
- Страйжис, В. Житкявичюс. 1977. Астрономический журнал, 54, 987.

Individual Colour-Colour Diagrams of A_p -Stars in the Vilnius Photometrical System

A. Nikolov, I. Iliev

(Summary)

Colour-colour diagrams of $18A_p$ -stars after observations in the 10-colour photoelectrical system, according to the Central Institute for Astrophysics of the Academy of Sciences of the German Democratic Republic, are constructed. There are three principal possibilities for constructing colour-colour diagrams of the chosen colour indexes: a combination of two colour indexes, depending on temperature; a combination of two colour indexes, depending on blanketing; and a combination of a colour index, depending on temperature with one depending on blanketing. Thus diagrams of the I, II and III type, respectively, are obtained.

The colour-colour diagrams are summarized by tracing out the position of their "nodes" against the main sequence. The existence of well outlined "nodes" on the I type diagram proves temperature changes in the visible hemisphere of the star with the light change. The behaviour of the curves on the II type diagrams shows that in maximum light the peculiar star has colour indexes and probably also a chemical composition on the surface nearer to those of stars from the main sequence, than in minimum light.

*Кафедра астрономии Софийского университета
им. Климента Охридского*

Поступила 27. III. 1978 г. Переработана