

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА V367 CYGNI

Венко Добричев и Богомил Ковачев

Звездата V367 Cyg (HD 198287-8) е затъмнително променлива система с газова обвивка, обкръжаваща звездните компоненти. Периодът ѝ съгласно с [1] е $P=18^d,5972$.

Първият спектрален анализ на V367 Cyg е направен от Christie [2]. Той намира късопериодични вариации в измерените от него радиални скорости с период $18^d,6$ и някои доказателства за дългопериодични вариации с период около 13,3 години. През 1950 г. Sanford [3] констатира, че дифузната и недълбока линия 4481\AA на MgII показва една по-голяма амплитуда в радиалната скорост в сравнение с останалите линии. От една серия спектрограми, получени в Ликската обсерватория, Abt през 1954 г. [1] прави извода, че линията 4481\AA на MgII, както и основните водородни линии и линиите H и K на йонизирания калций се образуват в атмосферата на една от звездните компоненти, а всички други — в газовата обвивка, обкръжаваща системата. Abt намира също, че някои от по-силните линии имат слаба късовълнова абсорбционна компонента. През 1954 г. Underhill [4] прави опит за определяне спектралния клас на звездите в системата, като поставя под съмнение предположението на Abt [1], че главната компонента е джудже от спектрален клас F0 или гигант. През 1956 г. Roman [5] определя спектралния клас на системата като твърде близък до A7Ia. Въз основа на обширен спектроскопически материал, получен с голяма дисперсия, Heiser [6] през 1961 г. изследва измененията на радиалните скорости с фазата, определя орбитните елементи и някои физически характеристики, а също така дискутира движението на материята в газовата обвивка.

В тази работа ние си поставяме за цел да определим турбулентните скорости и температурите на възбуждане в газовата обвивка при различни фази на системата, използвайки метода на кривите на ръста.

Наблюдателен материал

Спектрите на V367 Cyg бяха снети през 1962 и 1963 г. с дифракционния спектрограф АСП-11 на 1,22-метровия рефлектор на Кримската астрофизическа обсерватория на АН на СССР при дисперсия $37\text{\AA}/\text{mm}$.

Таблица 1

J. D.	Фаза	Експонация	Фотоплака
243 7911,511	0,01	1h 39m	103a-0
7938,386	0,45	2 00	103a-0
7939,358	0,51	1 45	103a-0
7939,432	0,51	1 45	103a-0
7991,288	0,30	2 30	103a-0
7994,316	0,46	2 40	0a-0
8019,287	0,80	2 26	103a-0
8320,332	0,99	1 44	103a-0

Те обхващат спектралната област от 3700 до 5000 Å. Бяха получени всичко 8 спектрограми при различни фази на системата. В табл. 1 даваме моментите на наблюдение в юлиански дни, фазите, пресметнати по ефемеридата [1]

$$\text{min}_{\text{първ}} = \text{JD}2434266,296 + 18^d,5972\text{E},$$

експонацията и вида на използваните фотоплаки.

Обработка и резултати

За фотометриране на спектрограмите бе използван саморегистриращ микрофотометър тип Lirepho-2 (Zeiss) при увеличение на записа 50 пъти. Характеристичните криви бяха построени по калибровъчни снимки, получени със спектрограф ИСП-51. При всичките спектрограми почерняването за по-голямата част от линиите лежи на праволинейната част на съответните характеристични криви. Само спектърът при фаза 0,30 е преекспониран около средата на вълновия интервал.

За идентифициране на линиите в спектъра на V367 Cyg (A7Ia) бяха използвани линиите в спектрите на α Cyg (A2Ia) и φ Cas (F0Ia) от [7], а също така фотометричният атлас [8] за α Cyg. Същият атлас бе използван и за прекарването на непрекъснатия спектър. Поради малката дисперсия на спектрограмите повечето от линиите са блендирани. Това наложи за фотометрична обработка да бъдат избрани само линиите на FeII, CrII и TiII с минимален ефект на блендиране, а също така няколко линии бленди с приблизително равни интензитета [7]. В табл. 2 привеждаме резултатите от фотометричната обработка на спектрограмите. В първа колонка са дадени елементите и дължините на вълните на линиите, във втора и трета — съответно номерът на мултиплета и потенциалът на възбуждане на долното енергетично ниво по [9], в четвърта — $\lg gf\lambda$ по [10], а в останалите — стойностите на $\lg \frac{W_{\lambda}}{\lambda} 10^6$ за различните фази. За фазите 0,00, 0,46 и 0,51 последните са получени чрез усредняване от две наблюдения, след като предварително бе установено, че разликите лежат в границите на грешките.

Еквивалентните ширини на линиите на FeII при фаза 0,46 бяха сравнени с получените при същата фаза в [6]. Сравнението е представено на фиг. 1, от която се вижда, че нашите стойности за $\lg W_{\lambda}$ са по-големи средно с около 0,17. Тази разлика вероятно се обуславя от различието в дисперсията на спектрограмите и метода на тяхната обработка [11]. Освен това бяха сравнени получените от нас еквивалентни ширини при различните фази. Резултатите от това сравнение показват, че при фази 0,46, 0,51 и 0,80 разликите лежат в границите на грешките. При фаза 0,30 стойностите на $\lg W_{\lambda}$ са по-големи средно с 0,06 и при фаза 0,00 — по-малки с 0,08.

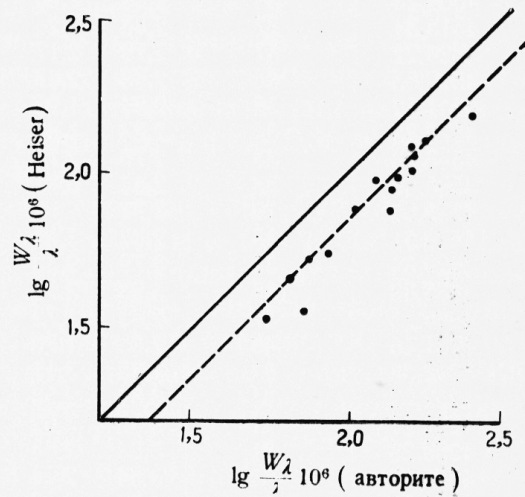
Таблица 2

Линия	Номер на мультиплета	E.P. eV	lg gf λ	lg $\frac{W_\lambda}{\lambda} 10^6$ за фаза					Забележка	
				0,00	0,30	0,46	0,51	0,80		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
FeII	4032,95	126	4,48	2,80	1,64	1,88	1,84	1,78	1,71	FeI
	4124,79	22	2,53	0,79	1,32	1,33	1,47	1,38	1,26	
	4258,15	28	2,69	1,70	1,74	1,94	2,03	2,02	1,85	
	4273,32	27	2,69	1,69	1,84	2,01	1,92	1,93	1,82	
	4278,12	32	2,68	0,97	1,36	1,48	1,76	1,70	1,73	
	4296,57	28	2,69	2,11	1,98	2,14	2,14	2,12	1,98	
	4369,40	28	2,77		1,72	1,80	1,86	1,98	2,10	
	4472,92	37	2,83	1,48	1,58	1,65	1,79	1,88	1,83	
	4491,40	37	2,84	1,99	1,87	2,05	2,09	2,04	2,00	
	4508,28	38	2,84	2,30	2,10	2,27	2,22	2,17	2,16	
	4515,34	37	2,83	2,24	1,99	2,28	2,21	2,10	2,03	
	4520,22	37	2,79	2,17	2,02	2,16	2,16	2,08	2,15	
	4522,63	38	2,83	2,68	2,16	2,29	2,25	2,19	2,22	
	4541,52	38	2,84	1,93	1,90	1,99	2,02	1,99	2,04	
	4576,33	38	2,83	1,83	1,88	2,15	2,14	2,03	2,14	
	4583,83	38	2,79	2,79	2,27	2,40	2,40	2,37	2,36	
	4595,68	38	2,84	0,87	1,38	1,34	1,47	1,50	1,31	
	4598,52	219	7,77		1,58	1,54	1,65	1,65	1,71	
	4620,51	38	2,82	1,59	1,60	1,98	1,82	1,93	1,77	
	4629,34	37	2,79	2,33	1,95	2,29	2,18	2,11	2,17	
4635,33	186	5,93	3,78	1,83	1,71	1,76	1,74	1,73		
4666,75	37	2,82	1,72	1,76	1,90	1,87	1,93	1,90		
4731,46	43	2,88	1,70	1,78	2,01	1,94	1,79	1,92		
CrII	4242,38	31	3,85	3,11	1,84	2,08	2,08	2,04	2,08	
	4252,62	31	3,84	2,53	1,78	1,82	1,73	1,83	1,50	
	4261,92	31	3,85	3,02	1,90	2,07	2,00	2,04	1,93	
	4269,28	31	3,84	2,63	1,60	1,45	1,65	1,52	1,71	
	4275,57	31	3,84	2,74	1,63	1,82	1,82	1,83	1,62	
	4284,21	31	3,84	2,62	1,69	1,77	1,84	1,86	2,09	
	4539,62	39	4,02	2,32	1,29	1,53	1,54	1,28		
	4558,66	44	4,06	3,79	2,21	2,33	2,25	2,16	2,20	
	4565,78	39	4,02	2,64	1,76	1,52	1,70	1,77	1,50	
	4588,22	44	4,05	3,50	2,12	2,31	2,21	2,13	2,17	
TiII	4589,89	44	4,05	2,69	1,68	1,77	1,80	1,78	1,60	
	4592,09	44	4,06	2,96	1,89	1,98	1,94	1,82	1,79	
	4616,34	44	4,05	2,85	1,79	1,92	1,88	1,85	1,76	
	4618,83	44	4,06	3,27	1,96	2,15	2,10	2,11	2,15	
	4634,11	44	4,05	3,14	1,97	2,17	2,07	2,03	2,09	
	4812,35	30	3,85	2,24	1,41		1,56	1,53		
	4824,13	30	3,85		1,94	2,32	2,16	2,20	2,09	
	4836,22	30	3,84		1,66	1,51	1,62	1,63	1,67	
	TiII	4012,37	11	0,57	(0,58)	2,14	2,33	2,21	2,14	2,15
		4028,33	87	1,88	1,38	2,00	2,23	2,21	2,10	2,02
4307,90		41	1,16	(1,00)	2,18	2,40	2,22	2,27	2,20	
4367,66		104	2,58	1,49	2,04	1,98	2,11	2,05	2,00	
4422,00		93	2,05	0,64	1,84	2,03	2,08	2,10		
4468,49		31	1,13	1,25	2,23	2,50	2,40	2,35	2,22	
4501,27		31	1,11	1,23	2,20	2,41	2,35	2,30	2,21	
4518,30		18	0,82	-0,26	1,62	1,91	1,68	1,62	1,67	
4529,45		82	1,56	0,61	1,90	2,06	2,15	2,14	1,96	
4552,25		30	1,11		1,70	1,50	1,48	1,44	1,60	
4563,76	50	1,22	1,32	2,20	2,41	2,35	2,28	2,31		
4568,31	60	1,22	-0,71:	1,40	1,34	1,45	1,45			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4589,96	50	1,23	0,34	1,68	1,77	1,80	1,78	1,60	CrII
4708,66	49	1,23	-0,49	1,41	1,71	1,60	1,55	1,43	
4780,00	92	2,04	0,59	1,86	2,01	1,90	1,86	1,85	
4798,53	17	1,08			1,62	1,61	1,72	1,39	
4805,10	92	2,05	1,40	2,01	2,18	2,14	2,00	2,04	

Получените еквивалентни ширини, респективно $\lg \frac{W_\lambda}{\lambda} 10^6$, бяха използвани за определяне на турбулентните скорости и температурите на възбуждане по метода на кривите на ръста. За системата V367 Cyg, която е с мощна газова обвивка, най-подходящи са теоретичните криви на ръста, пресметнати от Wrubel за модела на Schuster-Schwarzschild за чисто разсейване [12]. Тези теоретични криви са построени в координати $\lg \tau_0$ и $\lg \frac{W_\lambda c}{\lambda v_0}$ при различни стойности на параметъра на затихване $\lg a$ и параметъра на потъмняване в края на диска $\lg \frac{I^{(0)}}{I^{(1)}}$. Тук τ_0 е оптичната дълбочина в центъра на линията,

$$\lg \tau_0 = \lg N_r + \lg g_{r,s} f \lambda - \theta \chi_{r,s} - \lg v u_r(T) + \lg \frac{\sqrt{\pi} \varepsilon^2}{mc},$$

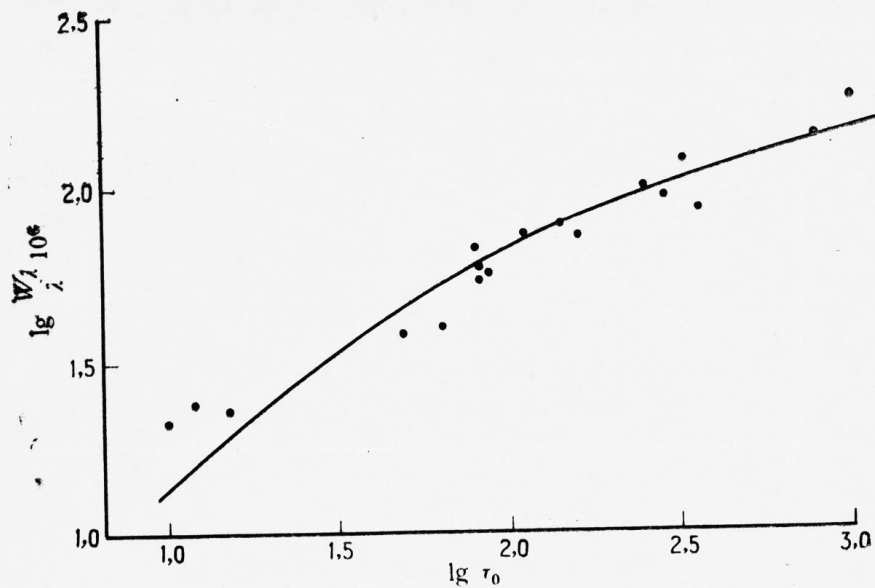


Фиг. 1

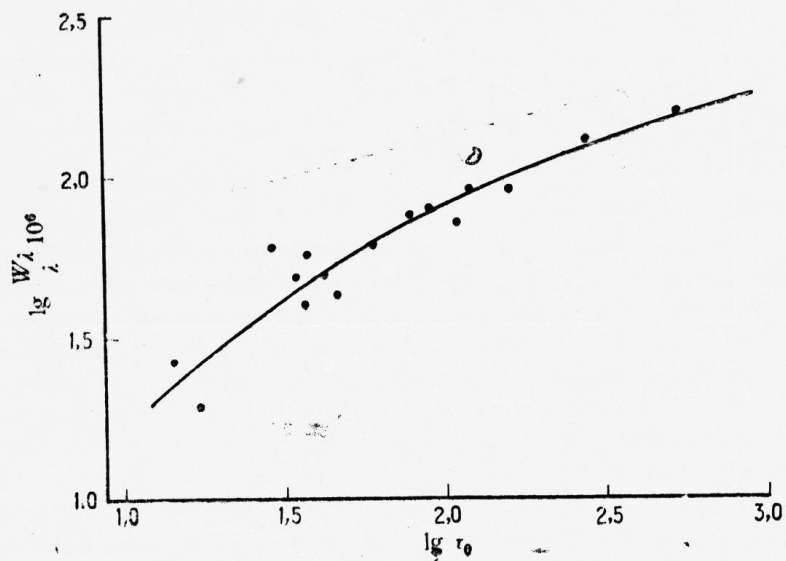
а v е доплеровата скорост, свързана с турбулентната v_t и топлинната ζ чрез съотношението $v^2 = v_t^2 + \zeta^2$.

За построяване на опитните криви на ръста ($\lg g f \lambda, \lg \frac{W_\lambda}{\lambda} 10^6$) бяха използвани линиите на мултиплетите с потенциал на възбуждане на долното енергетично ниво между 2,53 и 2,88 eV за FeII и между 3,84 и 4,06 eV за CrII. Кривите на ръста за TiII бяха построени при средна температура на възбуждане 6800°, определена по FeII. На фиг. 2—7 привеждаме кривите на ръста за FeII, CrII и TiII само при фази 0,00 и 0,46. Непрекъснатата линия на фигурите е теоретичната крива на ръста с параметри $\lg a = -3,0$ и $\lg \frac{I^{(0)}}{I^{(1)}} = 2$, при които съгласуването с опитните криви е най-добро.

Получените резултати за турбулентните скорости v_t и температурите на възбуждане T_{ex} при различните фази са дадени в табл. 3. Температурите на възбуждане са определени само по FeII поради наличността на неблендирани линии на този йон, принадлежащи на мултиплетите с по-голям



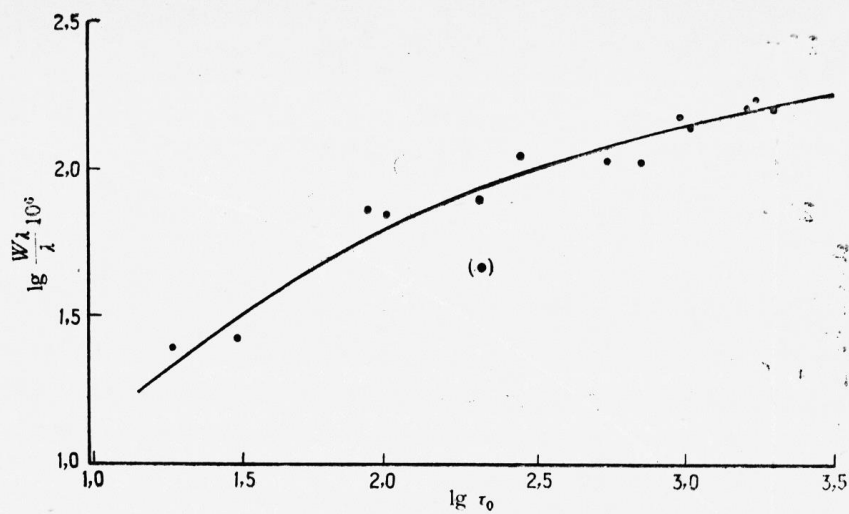
Фиг. 2. Fe II, фаза 0,00



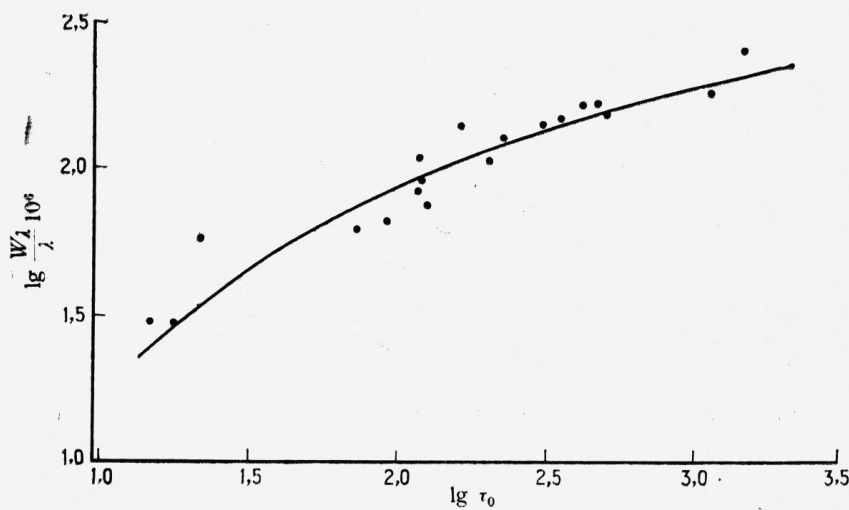
Фиг. 3. Cr II, фаза 0,00

Таблица 3

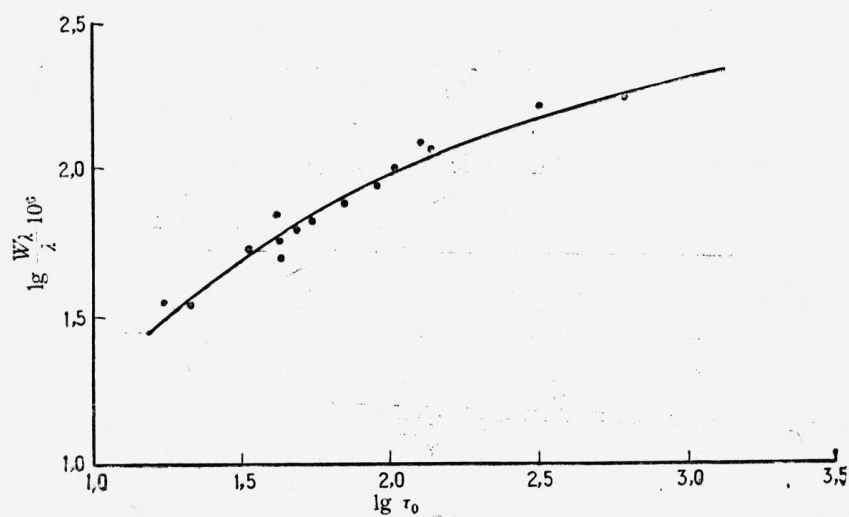
Фаза	FeII		CrII	TIII
	v_f , км/с	$T^{°ex}$	v_f , км/с	v_f , км/с
0,00	8,5	7200	10,2	8,0
0,30	13,5	6500	14,5	13,8
0,46	10,7	6500	12,0	11,2
0,51	10,0	7600	10,7	9,8
0,80	11,2	6400	14,8	10,0



Фиг. 4. Ti II, фаза 0,00

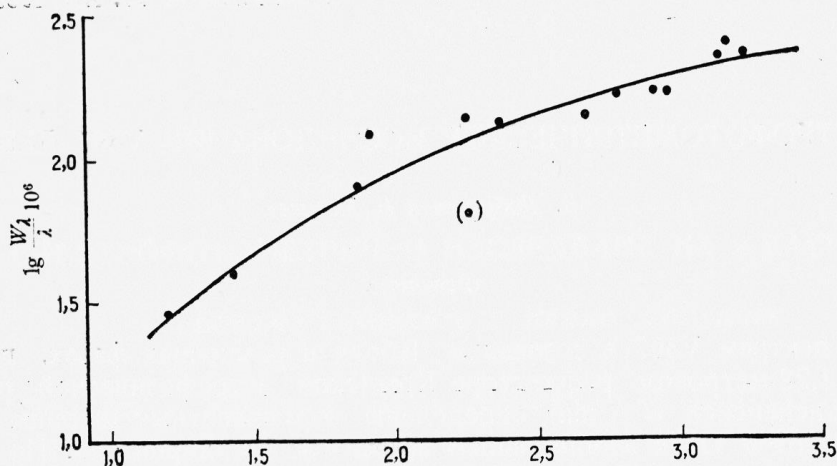


Фиг. 5. Fe II, фаза 0,46



Фиг. 6. Sr II, фаза 0,46

диапазон в потенциалите на възбуждане на долното енергетично ниво Но и при FeII броят на тези мултиплети е малък и затова точността при определянето на T_{ex} не е голяма. Като се има пред вид, че при по-малка



Фиг. 7. Ti II, фаза 0,46

дисперсия на спектрограмите получените турбулентни скорости са обикновено по-големи [11], нашите резултати добре се съгласуват с резултатите от [6], получени с голяма дисперсия.

Заклучение

Получените от нас резултати за еквивалентните ширини и турбулентните скорости при различните фази на V367 Cyg показват, че те не варират забележимо с фазата. Само при фаза 0,00 те са незначително по-малки. Дали незначителното увеличение на същите при фаза 0,30 е реално, не може да се каже, тъй като спектърът при тази фаза е преекспониран. Трябва да се има пред вид, че малкият брой на използваните спектрограми, а също така и малката им дисперсия не позволяват да бъдат констатирани малки вариации в тях.

Ние изказваме дълбока благодарност на ръководството на Кримската астрофизическа обсерватория за предоставената ни възможност да получим спектрограмите, използвани в настоящата работа, на 1,22-метровия рефлектор на обсерваторията.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abt H. A., Pub. ASP, **66**, 1954, 171.
2. Christie W. H., ApJ, **78**, 1933, 200.
3. Sanford R. F., Pub. ASP, **62**, 1950, 21.
4. Underhill A. B., Pub. ASP, **66**, 1954, 334.
5. Roman N. G., ApJ, **123**, 1956, 246.
6. Heiser A. M., ApJ, **134**, 1961, 568.
7. Галкина Т. С. и И. М. Копылов, Известия КРАО, **23**, 1962, 35.
8. Hiltner W. A. and R. C. Williams, Photometric Atlas of Stellar Spectra, Ann Arbor, 1946.

9. Moore Ch., Princeton Obs. Contr., No. 20, 1945.
10. Боярчук М. Е. и А. А. Боярчук, Известия КРАО, 22, 1960, 234.
11. Фофанова Т. М., Известия ГАО, № 144, 18, 1950, 68.
12. Wrubel M. H., ApJ, 119, 1954, 51.

Поступила на 25. XII. 1966 г.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ V367 ЛЕБЕДЯ

В. Добричев и Б. Ковачев

(Резюме)

По спектрам V367 в созвездии Лебедя в различных фазах, полученных на 1,22-метровом рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории с дисперсией 37 \AA/mm , определены эквивалентные ширины W_λ линий FeII, CrII и TiII с минимальным эффектом блендирования. По кривой роста для модели Schuster — Schwarzschild (Wrubel, 1954) определены турбулентные скорости v_t и температуры возбуждения T_{ex} (табл. 3). Значительных вариаций W_λ и v_t с фазой не замечено. Лишь при фазе 0,00 они немного меньше среднего значения.

SPECTROPHOTOMETRIC STUDY OF V367 CYGNI

V. Dobrichev and B. Kovachev

(Summary)

On the basis of spectra at different phases of V367 Cyg, taken with the 1.22-metre reflector of the Crimean Astrophysical Observatory with dispersion 37 \AA/mm , the equivalent widths W_λ of the lines with a minimum effect of blending of FeII, CrII and TiII have been determined. The turbulent velocities v_t and the excitation temperatures T_{ex} (Table 2) have been determined by the curve of growth of the Schuster-Schwarzschild model (Wrubel, 1954). No noticeable variations of W_λ and v_t with the phase have been observed. Only at phase 0.00 they are insignificantly lower.