

УДК: 524.358—325.4

НОВАЯ ОРБИТА ДЛЯ ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКОЙ ЗВЕЗДЫ
ТИПА ВОЛЬФА-РАЙЕ HD193077

К. Э. АННУК

Поступила 15 сентября 1988

Принята к печати 20 января 1989

Измерены лучевые скорости звезды HD193077 по 76 спектрограммам, полученным в 1980-87 гг. Получено, что орбитальный период этой WR двойной около 1538 дней и полуамплитуда лучевой скорости $K \approx 31$ км/с. Определены следующие элементы орбиты: $e \approx 0.3$, функция масс WR-компонента $f(m) \approx 4 \cdot 13 M_0$, а большая полуось орбиты $a(WR) \times \sin i \approx 900 R_0$. Из анализа остаточных лучевых скоростей мы не нашли периодических изменений.

1. Введение. Из 157 галактических WR-звезд 31 звезда [1] отличается наличием абсорбционных линий в спектре второго компонента. Традиционно считается, что эти звезды двойные, причем эмиссия происходит от WR-компонента, а абсорбция от спутника типа O или B. К настоящему времени довольно надежно установлено, что 19 звезд из них двойные системы первого типа (SB2).

HD 193077 — одна из двух известных долгопериодических двойных. В каталоге ван дер Хухта и др. [1] она классифицирована как WN5+abs. До сих пор лучевые скорости HD 193077 опубликованы только в трех работах [2-4]. Как Брэчер [2], так и Масси [3] не обнаружили периодических изменений лучевых скоростей. Однако, объединив свои наблюдения с данными Брэчера и Масси, Ламонтан и др. [4] нашли, что HD 193077 — вероятная тройная система. Вокруг звезды WR обращается маломассивный невидимый спутник с периодом $2.^d3238$, а они сами обращаются вокруг O-звезды с периодом 1763 дня.

В данной работе мы публикуем наши результаты измерения лучевых скоростей WR-звезды HD 193077, а также определяем новые орбитальные элементы этой системы.

2. Наблюдения и редукция спектрограмм. Спектрофотометрические наблюдения проводились на 1.5-м рефлекторе им. А.Киппера Тартуской обсерватории в течение 1980-87 гг. Использовались дифракционные спектрографы UAGS (в 1980-82 гг.) с решеткой 1302 штрихов/мм и АСП 32 (в 1982-87 гг.) с решеткой 1200 штрихов/мм. Обратные дисперсии в синей

спектральной области были соответственно 44 А/мм и 37 А/мм. Спектры фотографировались на пластинках Па-О и расширялись до $0.30 \div 0.42$ мм.

Некоторые спектры получены с оптическим многоканальным анализатором (ОМА) в фокусе Кудэ 1.5-м телескопа с дисперсией 12 А/мм.

Дополнительно использованы две спектрограммы, полученные Т.Нугисом на 1.25-м телескопе Крымской обсерватории в 1970 г.

Все спектрограммы измерялись на микроденситометре PDS-1010 Тартуской обсерватории. Шаг сканирования был выбран 5 микрон, а ширина щели 10 микрон. Обработка спектрограмм проводилась в диалоговом режиме при помощи мини-ЭВМ IN-96 В. Методика обработки описана более подробно в нашей предыдущей работе [5].

Лучевые скорости эмиссионных и абсорбционных линий определены по методу подгонки гауссовых профилей к наблюдаемому контуру по методу наименьших квадратов. Для двух самых сильных эмиссионных линий (NIV $\lambda 4058$ и HeII $\lambda 4686$) лучевые скорости вычислены и по методу биссектрисы.

3. *Описание спектра и лучевые скорости.* WR-компонент звезды HD 193077 классифицируется как WN5 [1,6] или как WN6 [4]. Наши определения интенсивностей эмиссионных линий показывают, что линии ионов NIII и NIV сравнимы по интенсивности, а линии ионов NV в несколько раз слабее. Это значит, что WR-компонент в системе HD 193077 должен быть немного позднее, чем WN5, но не столь поздний, как WN6. Мы подтверждаем определение подтипа WN5.

В спектре звезды HD 193077 самые сильные линии — HeII $\lambda 4686$ и NIV $\lambda 4058$. Эти линии довольно симметричны и почти не блендированные, поэтому они самые удобные для измерения лучевых скоростей. Линии серии Пикеринга также сильные, но они все блендированные и часто имеют несимметричные профили. Кроме того, на эти линии влияют абсорбционные линии O-компонента. Несмотря на эти трудности, мы попробовали измерить лучевые скорости и пяти линий серии Пикеринга ($n=8 \div 12$).

Достаточно хорошо измерена линия NV $\lambda 4604$. Эта линия имеет профили типа P Cуг, причем абсорбционный компонент смещен в коротковолновую сторону в среднем до — 610 км/с. Профили типа P Cуг имеют и линии He I $\lambda 3889$ и He I $\lambda 4471$. К сожалению, только часть спектрограмм охватывала область, содержащую линию He I $\lambda 3889$. По этим спектрограммам средняя лучевая скорость абсорбционного компонента линии He I $\lambda 3889$ была — 1178 км/с, что очень хорошо согласуется со значением Масси [3]: — 1165 км/с.

Недавно Моффат и др. [7] установили методом спекл-интерферометрии, что HD 193077 не имеет визуального спутника с разрешением $0.''05 \div 3''$. Итак, вероятно, можно предполагать, что абсорбционные линии

происходят от спутника типа O, гравитационно связанного со звездой WN5, или от звезды WN5. Предполагая, что абсорбция возникает в спутнике, получаем спектральный класс спутника O9 I—II или O9.5 I—II [3.8].

Нам удалось измерить лучевые скорости только для некоторых абсорбционных линий: He I λ 4471, He I λ 4144, He I λ 4388 и частично для He I λ 3820, H₉ и H₁₀.

Гелиоцентрические лучевые скорости эмиссионных линий и усредненные скорости абсорбции определены по методу подгонки гауссовских профилей и приведены в табл. 1. Фазы вычислены с элементами JD 2445284 + 1538 \times E (см. ниже):

Нами измерены и лучевые скорости межзвездных линий кальция (K- и H-линии). Средние значения были: $v(K) \approx -10.1 \pm 9.8$ км/с и $v(H) \approx -15.7 \pm 12.9$ км/с. Эти результаты очень хорошо согласуются со значением Масси [3]: $v = -10.4 \pm 3.6$ км/с.

4. *Определение периода.* Для определения периода мы использовали программы поиска периодичностей [9], которые базируются на частотном анализе временных рядов. Поскольку уже непосредственное представление лучевых скоростей (юлианский день — лучевая скорость) показывает, что они периодически изменяются с периодом около 1500 дней, то пробные периоды выбирались нами в интервале 900 ÷ 2000 дней. Мы проанализировали лучевые скорости линий HeII λ 4686 и NIV λ 4058 и их суперпозиции сперва по нашим данным, а затем по данным, объединенным с опубликованными.

Результаты приведены в табл. 2. Как видно, доминируют два периода: приблизительно 1540 и 1420 дней. По нашим наблюдениям как линия NIV λ 4058, так и линия HeII λ 4686 дают первый период. С использованием всех данных, линия NIV λ 4058 дает первый период, а линия HeII λ 4686 — второй. Надо отметить, что общее число наблюдений для линии NIV λ 4058 больше, чем для линии HeII λ 4686, но подавляющая доля наблюдений простирается в обоих случаях немного более, чем на два периода (~3380 дней). Лишь некоторые отдельные наблюдательные точки находятся за пределами двухкратного периода, но они могут играть довольно заметную роль при определении периода. Например, если удалить наблюдение, проведенное во время JD 2433711 (из работы [4]), значение лучевой скорости для которого кажется ошибочным, то и линия HeII λ 4686 дает период, близкий к первому, — 1529 дней. Итак, мы считаем, что период системы HD 193077 около 1540 дней.

5. *Орбитальные элементы.* Орбитальные элементы определены по программам, данным в работе [10]. Использовались наши и опубликованные данные. Сперва мы варьировали шесть элементов: P, γ , K, e, ω и T₀.

Таблица 1

ГЕЛИОЦЕНТРИЧЕСКИЕ ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ HD193077

| JD | | | Лучевая скорость (км/с) | | | |
|----------|----------|--------|-------------------------|-----|------|-------|
| Дата | 2440000+ | фаза | NIV | NV | HeII | Абс. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2.09.80 | 4485.371 | 0.4808 | -110 | 36 | 71 | -31 |
| 2.09.80 | 4485.441 | 0.4809 | -105 | 35 | 53 | -6 |
| 9.10.80 | 4521.433 | 0.5043 | ... | ... | 79 | ... |
| 20.10.80 | 4533.285 | 0.5120 | -71 | 54 | 74 | ... |
| 21.10.80 | 4534.398 | 0.5127 | ... | 82 | 76 | ... |
| 22.10.80 | 4535.308 | 0.5133 | -98 | 91 | 97 | 38 |
| 22.03.81 | 4686.592 | 0.6116 | -89 | 77 | 67 | 35 |
| 7.04.81 | 4702.399 | 0.6219 | ... | 53 | 57 | ... |
| 7.04.81 | 4702.540 | 0.6220 | -108 | 51 | 64 | -34 |
| 8.04.81 | 4703.399 | 0.6226 | ... | 101 | 66 | ... |
| 16.05.81 | 4741.375 | 0.6473 | ... | ... | 59 | ... |
| 18.05.81 | 4743.367 | 0.6486 | ... | ... | 83 | ... |
| 20.05.81 | 4745.389 | 0.6499 | ... | ... | 65 | ... |
| 20.05.81 | 4745.458 | 0.6499 | ... | ... | 97 | ... |
| 25.05.81 | 4749.417 | 0.6525 | ... | ... | 56 | ... |
| 1.05.81 | 4756.458 | 0.6571 | ... | ... | 53 | ... |
| 11.11.81 | 4920.250 | 0.7636 | -109 | 78 | 6 | 51 |
| 17.12.81 | 4956.159 | 0.7869 | -108 | -15 | 28 | 22 |
| 18.12.81 | 4957.160 | 0.7876 | -91 | 25 | 7 | 128 |
| 19.01.82 | 4989.208 | 0.8084 | -118 | 24 | 65 | ... |
| 8.03.82 | 5037.604 | 0.8399 | -105 | 31 | 49 | -25 |
| 25.04.82 | 5085.513 | 0.8710 | -121 | 46 | ... | 81 |
| 29.08.82 | 5211.316 | 0.9528 | -108 | 21 | 53 | 12 |
| 29.08.82 | 5211.385 | 0.9529 | -106 | 45 | 54 | -81 |
| 31.08.82 | 5213.368 | 0.9541 | -111 | 7 | 44 | -9 |
| 17.09.82 | 5230.450 | 0.9653 | -101 | 69 | 51 | -78 |
| 20.09.82 | 5233.313 | 0.9671 | 116 | 3 | 25 | 37 |
| 4.10.82 | 5247.293 | 0.9762 | -94 | 114 | 79 | -20 |
| 4.10.82 | 5247.403 | 0.9763 | -95 | 73 | 72 | -120 |
| 5.10.82 | 5248.483 | 0.9770 | -105 | 65 | 65 | 101 |
| 2.12.82 | 5306.311 | 0.0146 | -69 | 51 | 80 | 2 |
| 8.12.82 | 5312.172 | 0.0183 | -135 | ... | ... | -4 2 |
| 8.12.82 | 5312.229 | 0.0184 | -82 | ... | ... | -13 0 |
| 19.05.83 | 5473.427 | 0.1232 | -76 | ... | ... | -43 |
| 11.08.83 | 5557.370 | 0.1778 | -62 | 75 | 75 | 44 |
| 11.08.83 | 5557.422 | 0.1779 | -91 | 74 | 92 | 77 |
| 15.08.83 | 5561.481 | 0.1805 | -67 | 83 | 89 | -158 |
| 2.09.83 | 5579.335 | 0.1921 | -53 | 84 | 83 | -112 |
| 5.09.83 | 5582.351 | 0.1941 | ... | ... | 127 | ... |
| 9.09.83 | 5587.314 | 0.1973 | -32 | 12 | 107 | -123 |
| 10.09.83 | 5587.370 | 0.1973 | -59 | 68 | 122 | ... |
| 26.09.83 | 5604.304 | 0.2083 | -69 | 95 | 102 | -78 |
| 27.09.83 | 5604.362 | 0.2084 | -62 | 94 | 114 | 24 |
| 18.10.83 | 5626.292 | 0.2226 | -78 | 48 | 91 | 8 |
| 17.11.83 | 5656.292 | 0.2421 | -89 | 62 | 102 | -175 |
| 22.11.83 | 5661.270 | 0.2454 | -78 | 110 | 92 | -78 |
| 16.12.83 | 5685.184 | 0.2609 | -85 | 91 | 91 | -69 |
| 16.12.83 | 5685.266 | 0.2610 | -111 | 135 | 95 | -96 |
| 12.03.84 | 5771.614 | 0.3171 | -83 | 105 | 80 | -38 |
| 14.03.84 | 5773.596 | 0.3184 | -58 | 114 | 86 | 63 |
| 19.03.84 | 5778.590 | 0.3217 | -100 | 108 | 90 | 11 |
| 27.04.84 | 5817.433 | 0.3469 | -99 | 74 | 99 | -174 |
| 4.05.84 | 5824.486 | 0.3515 | -60 | 81 | 100 | 7 |
| 12.05.84 | 5832.381 | 0.3566 | -82 | 59 | 93 | -96 |
| 1.09.84 | 5944.340 | 0.4294 | -65 | 96 | 84 | -50 |
| 8.09.84 | 5951.442 | 0.4340 | -93 | 90 | 85 | -13 |
| 12.09.84 | 5955.387 | 0.4366 | -111 | 26 | 78 | -19 |

Таблица 1 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----------|----------|--------|------|-----|-----|------|
| 16.09.84 | 5660.288 | 0.4398 | -80 | 70 | 73 | -12 |
| 20.04.85 | 6175.531 | 0.5797 | -120 | 60 | 69 | ... |
| 14.05.85 | 6199.460 | 0.5953 | -76 | 57 | 57 | -191 |
| 3.09.85 | 6311.446 | 0.6681 | -141 | 53 | 42 | 13 |
| 27.11.85 | 6397.187 | 0.7239 | -167 | 16 | 29 | -135 |
| 26.04.86 | 6546.500 | 0.8209 | -168 | 0 | 24 | 68 |
| 9.05.86 | 6559.402 | 0.8293 | -144 | 19 | 20 | 10 |
| 1.09.86 | 6674.379 | 0.9041 | -146 | 33 | 34 | ... |
| 27.09.86 | 6700.482 | 0.9211 | -170 | 9 | 52 | -102 |
| 19.10.86 | 6723.219 | 0.9358 | -103 | 21 | 71 | 0 |
| 20.10.86 | 6723.387 | 0.9360 | ... | 52 | 61 | ... |
| 8.12.86 | 6773.177 | 0.9683 | -133 | 31 | 54 | 171 |
| 4.01.87 | 6800.239 | 0.9859 | ... | ... | 1 | ... |
| 8.04.87 | 6893.476 | 0.0465 | -62 | 83 | 74 | -120 |
| 14.08.87 | 7021.442 | 0.1297 | -40 | 70 | 108 | 119 |
| 18.08.87 | 7025.393 | 0.1323 | -76 | 74 | 95 | -83 |
| 21.08.87 | 7028.400 | 0.1343 | -50 | 87 | 128 | 29 |
| 22.08.87 | 7029.384 | 0.1349 | -85 | 68 | 84 | 26 |
| 22.08.87 | 7029.479 | 0.1350 | ... | ... | 100 | ... |
| | Средняя | (км/с) | -95 | 61 | 73 | -30 |
| | σ | (км/с) | 30 | 32 | 26 | 79 |

За начальное приближение периода было выбрано 1540 дней. Линия NIV $\lambda 4058$ дала лучшее решение с периодом $P = 1538 \pm 14$ дней. Другие линии дали также лучшие решения при периодах, совпадавших в пределах ошибок с периодом $P = 1538$ дней. Окончательные элементы орбиты мы определили

Таблица 2

НАИЛУЧШИЕ ПЕРИОДЫ (ДНИ)

| По всем | | | По нашим | |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
| $n^* = 140$ | $n = 114$ | $n = 97$ | $n = 61$ | $n = 71$ |
| NIV | HeII | NIV+HeII | NIV | HeII |
| 1549 | 1416 | 1410 | 1568 | 1522 |
| 1756 | 1528 | 1557 | 1436 | 970 |
| 1442 | 1278 | 1264 | 1073 | |
| 1386 | 1168 | 1171 | | |
| 1917 | 1060 | 1736 | | |

при фиксированном значении периода ($P = 1538$ дней). Полученные решения для трех эмиссионных линий (NIV $\lambda 4058$, He II $\lambda 4686$ и NV $\lambda 4604$) приведены в табл. 3. Измеренные лучевые скорости и соответствующие теоретические кривые лучевых скоростей представлены на рис. 1.

Как видно из табл. 3, орбита довольно эксцентричная, как этого можно ожидать от долгопериодических двойных. До сих пор было известно три WR-двойных (γ^2 Vel, HD 190918 и HD 193793), у которых орбиты эксцентричные. Периоды у всех длиннее, чем 75 дней. По нашим решениям

у HD 193077 $e \approx 0.3$. Лишь линия HeII $\lambda 4686$ дала почти в два раза меньшее значение: $e \approx 0.14$.

ОРБИТАЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ HD 193077

Таблица 3

| Элементы | NIV $\lambda 4058$ | HeII $\lambda 4686$ | NV $\lambda 4604$ | Абс. |
|-------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|----------------|
| r (дм) | 1538 | --- | --- | --- |
| γ (км/с) | -96.0 ± 1.3 | 70.1 ± 1.2 | 59.6 ± 2.3 | -7.9 ± 6.2 |
| k (км/с) | 30.6 ± 1.9 | 32.1 ± 1.9 | 31.8 ± 4.0 | 37.1 ± 8.1 |
| e | 0.29 ± 0.05 | 0.14 ± 0.06 | 0.35 ± 0.11 | 0.30 |
| T (2445000+) | 271 ± 12 | 239 ± 22 | 207 ± 18 | 91 |
| $a \times \sin i (R_0)$ | 284 ± 39 | 235 ± 93 | 110 ± 59 | 284 |
| i (м) | 890 | 967 | 905 | --- |
| f (м) | 4.01 | 5.13 | 4.22 | --- |
| σ (км/с) | 12.65 | 11.74 | 16.78 | 42.7 |

Так как абсорбционные линии у звезды HD 193077 очень широкие и слабые, то измерение их лучевых скоростей не очень точное. Ранее лучевые скорости абсорбции были измерены лишь в работе [3]. Расхождение между отдельными линиями и между спектрограммами очень большое, но периодическое изменение лучевых скоростей, по-видимому, существует и находится в антифазе с эмиссией.

Мы попробовали определить орбитальные элементы и по абсорбции. Варьировались только γ -скорости и полуамплитуда при следующих фиксированных элементах: $e=0.3$, $T_0(abs)=T_0(NIV \lambda 4058)$ и $\omega(abs) = \omega(NIV \lambda 4058) + 180^\circ$. Результаты приведены в последнем столбце в табл.3.

По эмиссионным линиям мы заключаем, что $K_e \approx 31$ км/с и $e \approx 0.3$. Эти значения дают для функции масс звезды WR $f_{WR}(m) \approx 4.13 M_0$ и проекции большой полуоси $a(WR) \times \sin i \approx 900 R_0$. Используя решение для абсорбционных линий, мы получаем отношение масс $q = M(WR)/M(O) \approx 1.2 \pm 0.3$. Но этот результат может быть неправильным, поскольку решение кривой лучевых скоростей по абсорбции не очень достоверное.

С другой стороны, Моффат [11] обратил внимание на то, что отношение масс у WR-двойных, по-видимому, коррелирует с WR-подтипом. Если это действительно так, то мы можем предполагать, что отношение масс у HD 193077 близко к его значению у других двойных типа WN5+O. Отношения масс у двух хорошо изученных WN5+O двойных следующие: у V 444 Cyg -0.40 [12] и у CX Ser -0.43 [13]. Итак, предполагая, что $q \approx 0.4$ и у HD 193077 и принимая $M(O) \approx 30 M_0$, типичное значение для поздних O-звезд, из выражения

$$f(m) = \frac{M(O) \cdot \sin^3 i}{(q+1)^2}$$

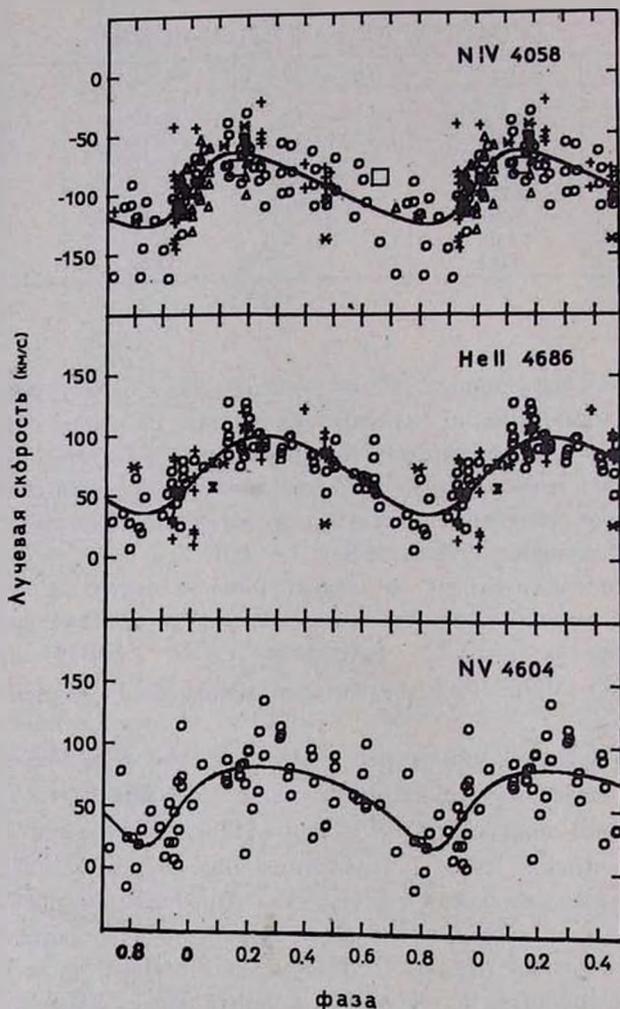


Рис. 1. Сводные кривые лучевых скоростей по эмиссионным линиям. Символы обозначают следующие источники: (+) — по работе [4]; (Δ) — по работе [3]; (\circ) — настоящая работа; (*) — отдельные пластинки по [4]; (\square) — средние значения из наблюдений Бречера по [3]; (\times) — пластинки, полученные в Крыму.

получаем, что $i \approx 40^\circ$ и $M(WR) \approx 12M_0$. При $q=1.2$ получаем, что $i \approx 60^\circ$ и $M(WR) \approx 36M_0$.

Согласно [3], ширина абсорбционных линий He I $\lambda 3820$ и H_{11} соответствует очень большой скорости вращения $-v \times \sin i \approx 500$ км/с. Если предполагать, что ось вращения спутника приблизительно перпендикулярна к плоскости орбиты, то скорость вращения О-звезды превосходит критическую скорость. Скорость вращения приближается к критической даже в случае $i \approx 90^\circ$. Следовательно, такая большая ширина абсорбционных линий, по-видимому, вызвана не только вращением О-звезды, но и другими причинами. По всей вероятности, наблюдаемая абсорбция в спектре HD 193077 может образоваться из нескольких компонентов, происходящих от разных источников: например от двух О-звезд или от О-звезды и от WR-звезды. Таким образом, можно объяснить и большой разброс измеренных лучевых скоростей абсорбционных линий. К сожалению, наш наблюдательный материал не позволяет детально изучить абсорбционный спектр. В дальнейшем необходимы наблюдения более высокого разрешения и качества для того, чтобы уяснить природу абсорбции.

6. *Существует ли третий компонент в системе HD 193077?* Помимо исследования долгопериодического изменения, в работе [4] утверждалось, что лучевые скорости линий N IV $\lambda 4058$ у HD 193077 изменяются еще с периодом $2.^d3238$ и с полуамплитудой 16.2 км/с. Эти изменения интерпретировались как признаки существования компактного спутника вокруг звезды WR. По линии He II $\lambda 4686$ никакой периодичности не обнаружено. Из рис. 1 видно, что разброс лучевых скоростей вокруг теоретической кривой значителен. Периодические ли эти отклонения?

Сперва мы представили остаточные лучевые скорости (наблюдаемая (O) минус вычисленная (C)) с периодом $2.^d3238$. Эти фазовые диаграммы для линии N IV $\lambda 4058$ и He II $\lambda 4686$ приведены на рис. 2 и 3. Видно, что они не подтверждают наличия этого периода.

Вспомним, что Ламонтан и др. [4] обнаружили период $2.^d3238$ следующим образом. Они подразделяли все наблюдения на группы и подгруппы и вычитали из каждой индивидуальной точки средние значения соответствующей подгруппы. Их метод поиска периода состоял в подгонке синусоидальной кривой остаточной наблюдаемой кривой при пробных периодах. Лучшим периодом они считали тот, который давал наименьшую дисперсию. Надо сказать, что разные группы дали разные наилучшие периоды, причем амплитуды и формы кривых изменялись от группы к группе.

Далее, мы использовали программы Пельга [9] поиска периодичности для остаточных лучевых скоростей линий N IV $\lambda 4058$ и He II $\lambda 4686$. Пробные периоды были выбраны в пределах от $0.^d2$ до $20.^d0$. Ни одного явного периода не было обнаружено ни по нашим данным, ни по данным [3] и [4].

Как сказано выше, лучевые скорости для двух линий (N IV $\lambda 4058$

и He II λ 4686) были измерены и по методу биссектрисы. Лучевые скорости, как средние биссектрисы, несущественно различались от значений, приведенных в табл. 1, хотя среднеквадратичные отклонения усредне-

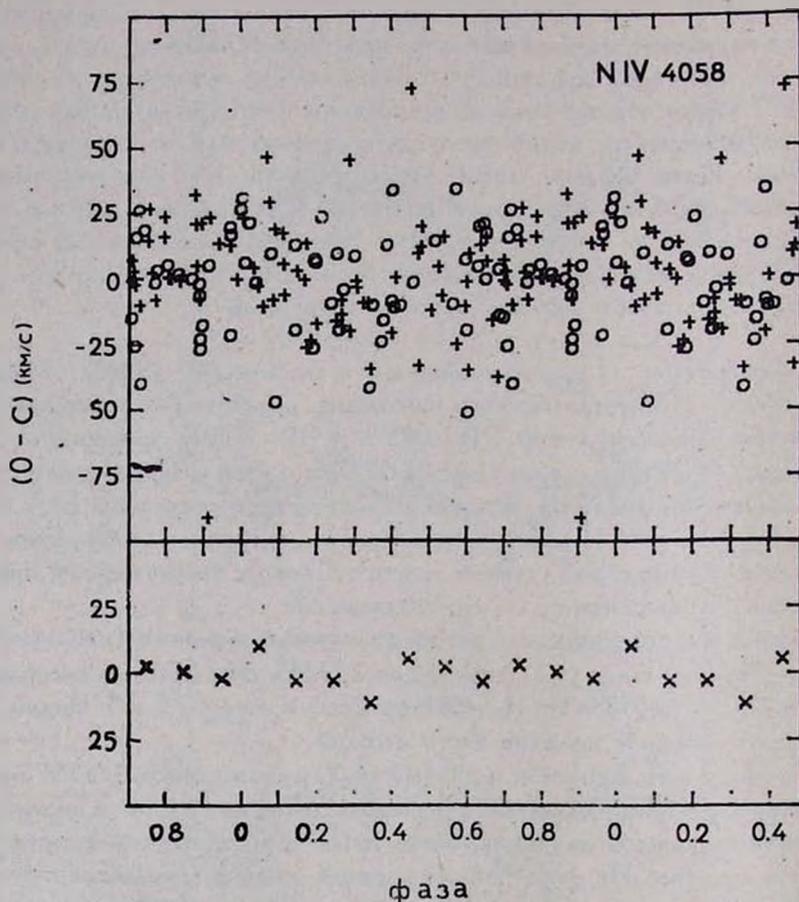


Рис.2. Остаточные лучевые скорости с периодом $2^d. 3238$ по линии NIV 4058; сверху — индивидуальные точки; снизу — усредненные через фазу 0.1; кружки — наши наблюдения; крестики — все остальные.

ний были порядка $1 \sigma \approx 10 \div 30$ км/с. Последний факт указывает на то, что линии немного асимметричны и эта асимметрия, по-видимому, изменяется со временем. Изменения профиля у HD 193077 регистрировались и ранее [14]. На рис. 4 представлены усредненные биссектрисы и их среднеквадра-

тичные отклонения по всем спектрограммам. Видно, что усредненный профиль у линии N IV $\lambda 4058$ почти симметричный, а у линии He II $\lambda 4686$

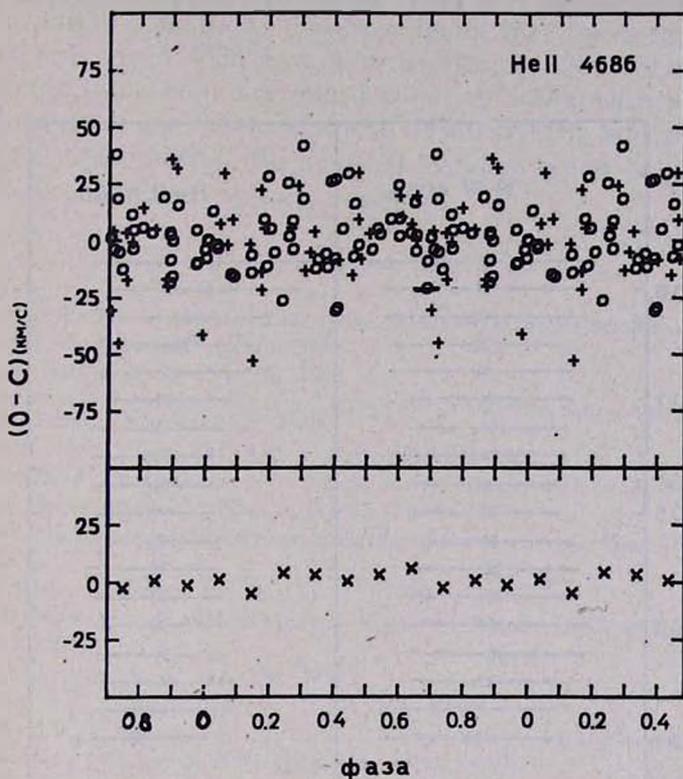


Рис.3. Обозначения те же, что на рис.2., но для линии He II $\lambda 4686$.

асимметричный (вершина линии смещена в синюю сторону до $20 \div 25$ км/с). Анализ изменений асимметрии показал, что они неперiodические в пределах $0.2 \div 0.4$.

Итак, мы заключаем, что по нашему исследованию изменения остаточных лучевых скоростей и асимметрии неперiodичны. По всей вероятности, они связаны с изменением звездного ветра. Но в то же время мы не можем исключить возможность того, что они связаны с нерадиальными пульсациями или существованием компактного спутника.

Интересно отметить, что короткопериодические изменения не обнару-

жены и по наблюдениям IUE [15]. Фотометрические наблюдения [16]

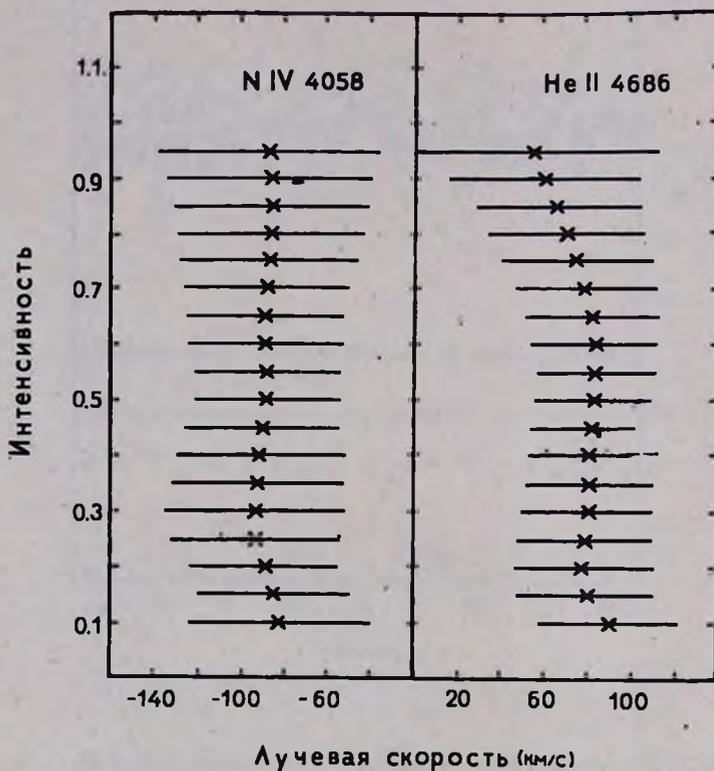


Рис.4. Усредненные биссектрисы и их среднеквадратичные отклонения.

также не показали наличия переменности с периодом $2.^d3238$, хотя и были измерены слабые изменения с вероятным периодом $11.^d6$.

A NEW ORBIT FOR THE LONG PERIOD
WOLF-RAYET STAR HD193077

K. E. ANNUK

Radial velocities of HD193077 have been measured on 76 spectra obtained during 1980-87. It has been found that the period of this WR binary star is about 1538 days and the semiamplitude of radial velocity $K \approx 31$ km/s. It has been determined following orbital elements: $e \approx 0.3$, the mass function of the WR component, $f(m) \approx 4.13 M_{\odot}$ and the semi-major axis, $a(WR) \times \sin i \approx 960 R_{\odot}$. We have not found any short periodic variations from analysis of radial velocity residuals.

ЛИТЕРАТУРА

1. K. A. van der Hucht, P.S. Conti, I. Lundström, B. Stenholm, Space Sci. Rev., 28, 227, 1981.
2. K. Bracher, Thesis Indiana Univ., 1966.
3. P. Massey, Astrophys. J., 296, 526, 1980.
4. R. Lamontagne, A.F.J. Moffat, G. Koenigsberger, W. Seggewiss, Astrophys. J., 253, 230, 1982.
5. K. Annuk, ENSV TA Prepr. A-5, 1986.
6. L.F. Smith, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 138, 109, 1968.
7. A.F.J. Moffat, R. Lamontagne, M.M. Shara, H.A. McAlister, Astron. J., 91, 1392, 1986.
8. K. Annuk, Tartu Astrofüüs. Observ. Teated, 74, 7, 1985.
9. Я. Пельт, Частотный анализ астрофизических временных рядов, Изд. «Валгус», Таллин, 1980.
10. F.C. Bertiau, J. Grobben, Ric. Astron. 8, 1, 1969.
11. A.F.J. Moffat, in «Effects of Mass Loss and Stellar Evolution», IAU Colloq. №59, Dordrecht, 1981, p. 301.
12. G. Münch, Astrophys. J., 112, 266, 1950.
13. P. Massey, P.S. Conti, Astrophys. J., 244, 169, 1981.
14. G.F. Bislacci, C. Firmani, E. de Lara, in «Wolf-Rayet Stars: Observations, Physics, Evolution», IAU Symp. №99, Dordrecht, 1982, p. 583.
15. G. Koenigsberger, L.H. Auer, Astrophys. J., 297, 255, 1985.
16. A.F.J. Moffat, M.M. Shara, Astron. J., 92, 952, 1986.