

## ЕДНО СТАТИСТИЧЕСКО ИЗСЛЕДВАНЕ НА КРИВИТЕ НА БЛЯСЪКА НА ДЪЛГОПЕРИОДИЧЕСКИТЕ ЦЕФЕИДИ

*Р. Радков*

От Паренаго и Кукаркин в [1, 2] е направен критичен преглед на всички работи, известни дотогава, в които се разглеждат кривите на блясъка на цефеидите или зависимости между параметри, които ги характеризират. Посочва се, че за да бъдат получени по-обективни резултати, трябва да се използват по-голям брой фотоелектрични наблюдения, приведени към една и съща фотометрична система. Недвусмислено е показано [1—4], че при всички зависимости между параметри, характеризиращи цефеидните криви на блясъка и периода се наблюдава прекъсване на зависимостта при период около  $9^d$ .

Вземайки пред вид горното и това, че изследването на кривите на блясъка на цефеидите представлява голям интерес за физическото състояние и еволюцията на звездите на съответния етап [5], в предложената работа е направено едно статистическо изследване на тези криви по данни от [6]. В този наскоро отпечатан каталог са включени около 10 000 фотоелектрични наблюдения, като са начертани средните (нормалните) криви на блясъка и на цветните индекси  $U-B$  и  $B-V$  за 275 цефеиди. Удобство на посочения каталог е, че всички наблюдения са приведени в стандартната  $U, B, V$  система (еднородност на материала) и че броят на цефеидите, включени в него, дава възможност да се правят много и качествени статистически изследвания.

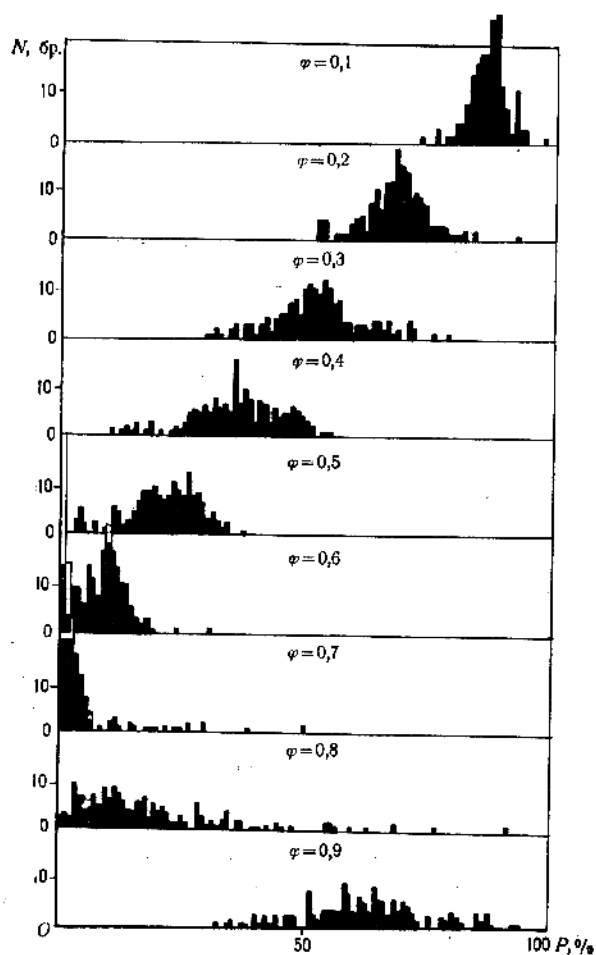
За 10 фази през  $0^{\circ}, 1$  (фазата на максималния блясък е приета за  $0,0$ ) за всяка нормална крива бяха определени величините

$$p = \frac{V_{\min} - V_{\varphi}}{V_{\min} - V_{\max}} \cdot 100 \%,$$

където  $V_{\max}$ ,  $V_{\min}$  и  $V_{\varphi}$  са съответно звездните величини на звездата в максимум, минимум и при дадена фаза. По такъв начин всички криви са приведени към единица период и единица амплитуда. Величините  $p$  при пресмятането са закръглени до дял процент.

## 1. РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ НА БРОЯ НА КРИВИТЕ ПО $p$ ПРИ ЕДНАКВИ ФАЗИ

Посоченото разпределение е представено на хистограмите на фиг. 1 и 2 отделно за цефеиди с  $P < 9^d$  и за тези с  $P > 9^d$ , като всяка колонка съответствува на ширина на интервала 1% с изключение на колонката

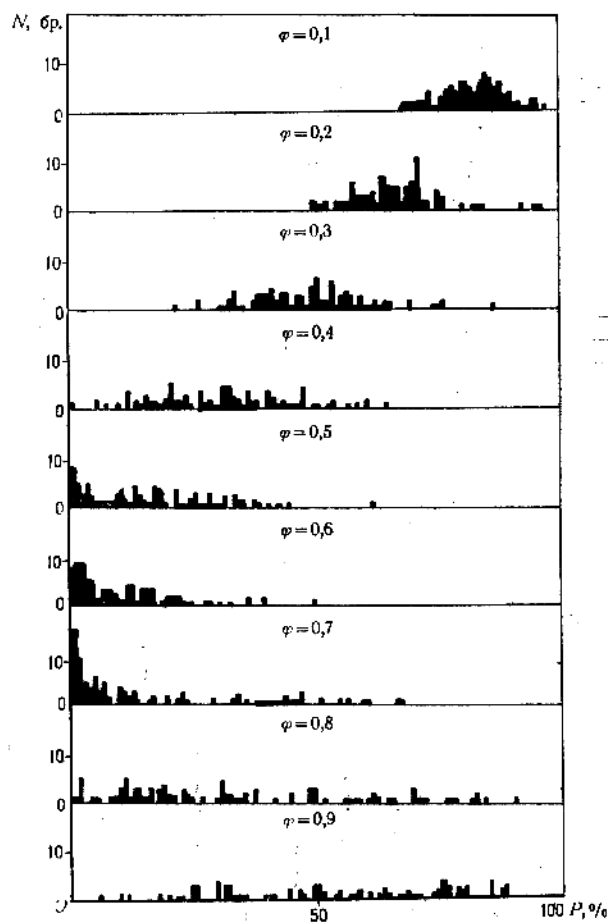


Фиг. 1

за 0%, на която съответствува половината на този интервал. На абсцисната ос е нанесено  $p$ , а на ординатата — броят на кривите. Фазите са подредени отгоре надолу, за да може при разглеждане на тези фигури, завъртени на  $90^\circ$ , да се получи представа за хода на кривите и дисперсиите при отделните фази.

Получените разпределения за фази, за които е възможно, сравнихме с нормалната крива на Гаус. Резултатите са дадени в табл. 1. В нея по реда на колонките е посочено: фазата  $\varphi$ ; интервалът по  $p$ , за който е извършено сравняването; параметрите на кривата на Гаус, с която е

сравнено разпределението  $\bar{x}$  и  $\sigma^2$ ; степените на свобода  $k$ , критерият на Пирсън  $\chi^2$  и вероятността отклоненията да имат случаен характер  $A$ . При  $A \geq 0,05$  несъвпадението между дадените честоти и пресметнатите може да се разглежда като случайно. Таблицата е съставена по [7], като



Фиг. 2

усредняването е за интервал от 2%, а за отбелязаните фази със звездичка — от 5%.

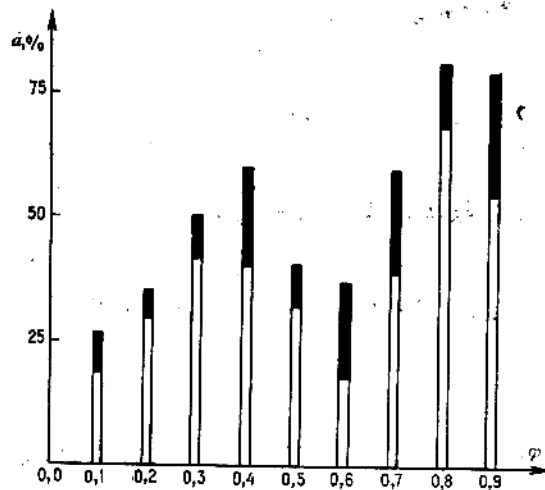
Освен това на фиг. 3 е представена в проценти ширината  $a$  по абсцисата на предишните фигури, заети от кривите при отделните фази. За всяка фаза тази ширина бе определена, като са пренебрегнати най-силно отклоняващите се три криви на блясъка. С бели правоъгълници са дадени величините  $a$  за разпределението на криви с периоди, по-малки от  $9^\circ$ , а с черни — добавката до големината на това за криви с период над  $9^\circ$ .

Таблица 1

| $\varphi$ | Интервал по $p$ | $\bar{x}$ | $\sigma^2$ | $k$ | $z^2$ | $A$   |
|-----------|-----------------|-----------|------------|-----|-------|-------|
| $Cp < 9d$ |                 |           |            |     |       |       |
| 0,1       | 70—97           | 84,32     | 14,215     | 8   | 8,02  | 0,432 |
| 0,2       | 50—83           | 66,19     | 36,698     | 11  | 11,31 | 0,418 |
| 0,3       | 30—69           | 50,30     | 69,338     | 18  | 13,53 | 0,745 |
| 0,4       | 10—51           | 34,35     | 76,161     | 19  | 15,64 | 0,681 |
| 0,5       | 0—37            | 19,77     | 57,646     | 17  | 25,58 | 0,083 |
| 0,6       | 0—19            | 7,81      | 18,133     | 8   | 10,62 | 0,226 |
| 0,8       | 0—27            | 11,62     | 45,831     | 12  | 8,00  | 0,785 |
| 0,9       | 34—89           | 62,51     | 149,508    | 26  | 20,92 | 0,746 |
| $Cp > 9d$ |                 |           |            |     |       |       |
| 0,1       | 68—97           | 82,40     | 53,424     | 13  | 4,04  | 0,991 |
| 0,2       | 48—77           | 64,52     | 50,966     | 13  | 12,13 | 0,517 |
| 0,3       | 30—65           | 47,74     | 81,304     | 16  | 10,12 | 0,445 |
| 0,4*      | 0—64            | 32,25     | 197,538    | 11  | 1,50  | 0,999 |
| 0,8*      | 0—84            | 32,21     | 553,916    | 15  | 9,35  | 0,857 |
| 0,9*      | 15—99           | 57,94     | 506,183    | 15  | 7,24  | 0,950 |

От получените графики и пресметнатата таблица в тази част можем да направим следните изводи:

1. Разпределението на кривите на блясъка на цефеидите с периоди до  $9^d$  при равни фази се характеризира със сравнително добре изразено



Фиг. 3

сгрупирване около някаква средна точка по абсцисата, имащо макар и приблизително вида на нормалната крива на Гаус при фази 0,1—0,3, 0,8 и 0,9. При фази 0,4—0,6 то има видимо определено друг характер, явно свързан с граничния ефект, и може би със съществуването на два осно-

вни типа криви — асиметрични и почти симетрични [5], и то частично обособени, но и тук нямаме основание да отречем чисто случайното разпределение.

2. Разпределението на кривите на блясъка при равни фази за цефеиди с период над  $9^d$  съществено се отличава от предишното. При него много трудно може да се установи някаква прилика с гаусовата крива дори и при фази, при които може да се извърши това. Ако има някакво разпределение, близко до нормалното, то то е с много голяма дисперсия (например при фази 0,8 и 0,9).

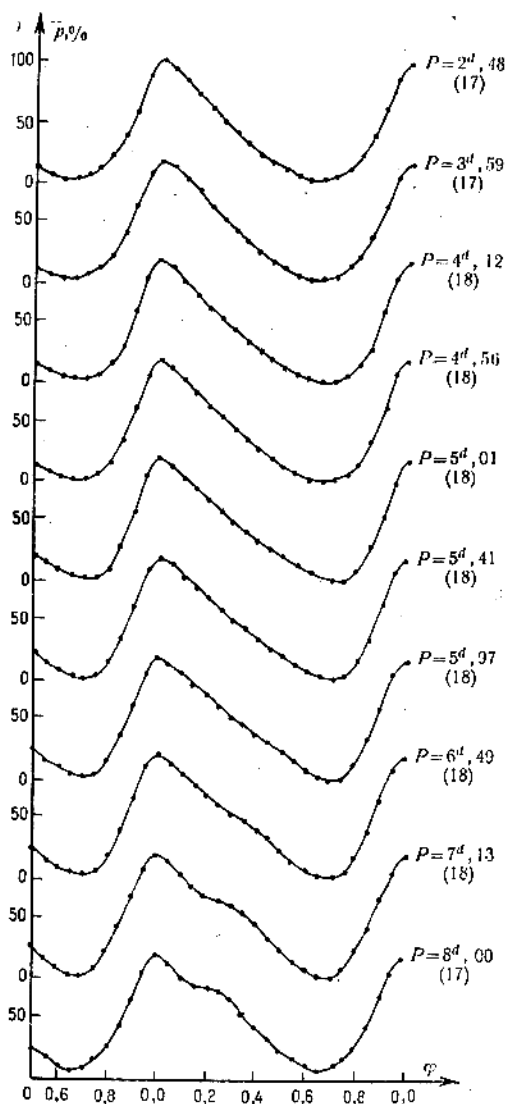
3. Сравняването на ширините  $a$  показва приблизително еднакъв ход с фазата за двете групи цефеиди, но ширините на разпределението при криви с период над  $9^d$  са винаги съществено по-големи от това за криви с период под  $9^d$ .

## II. ЗАВИСИМОСТ НА ФОРМАТА НА КРИВИТЕ НА БЛЯСЪКА ОТ ПЕРИОДА

Групирайки цефеидите в десет интервала по периода на изменението на блясъка, получихме стандартните криви на блясъка за тези интервали отделно за цефеиди с период, по-малък и по-голям от  $9^d$ . Те са дадени на фиг. 4 и 5. Към всяка крива е даден средният период и в скобки е посочен броят на кривите, по които е получена съответната стандартна крива на блясъка. На фиг. 6 са начертани двете средни криви на блясъка от всички използвани криви с период, по-малък от  $9^d$ , и за тези с период, по-голям от  $9^d$ .

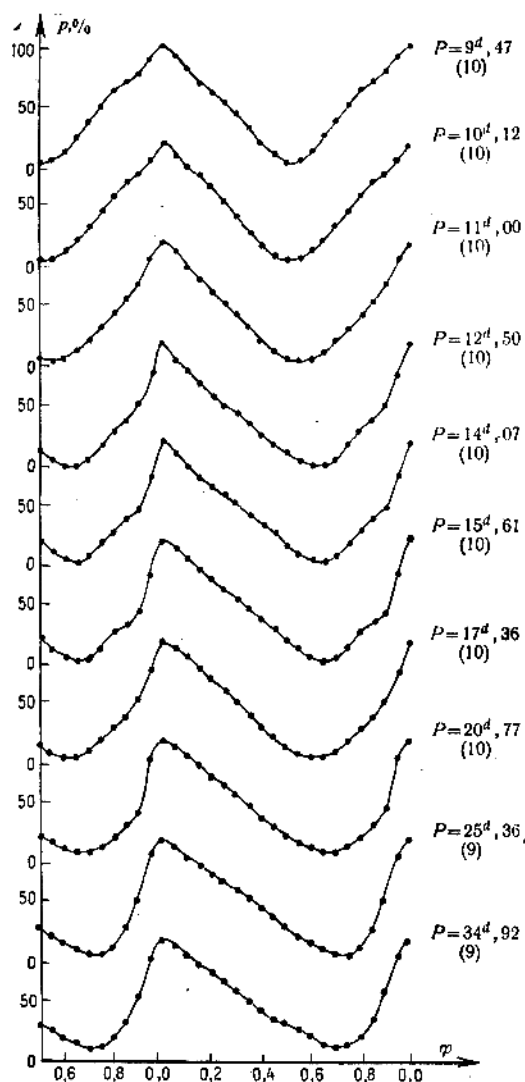
От горните графики може да се направят следните изводи:

1. Общо взето, стандартните криви на блясъка следват съотношението на Херцшпрунг [2, 5], но трябва да се прибави, че почти при всички стандартни криви с  $P > 9^d$  се наблюдават леки гърбици и на низходящата част от кривата.



Фиг. 4

2. Общата крива на блясъка за всички цефеиди с период над  $9^d$  има две съществени отличия от тази с период, по-малък от  $9^d$ : а) ходът на тези криви е еднакъв в интервала по  $\varphi$  0,9—0,6, но кривата на цефеидите с  $P > 9^d$  лежи малко по-ниско от тази за  $P < 9^d$ ; б) в интервала по  $\varphi$  0,6—0,9 се наблюдава характерната гърбица при цефеиди с  $P > 9^d$ . Изобщо казано, за цефеидите с  $P > 9^d$  след гърбицата на възходящия клон на кривата на блясъка се наблюдава малко по-бързо увеличаване на блясъка, а след максимума малко по-бързо намаляване в сравнение с цефеидите с  $P < 9^d$ .



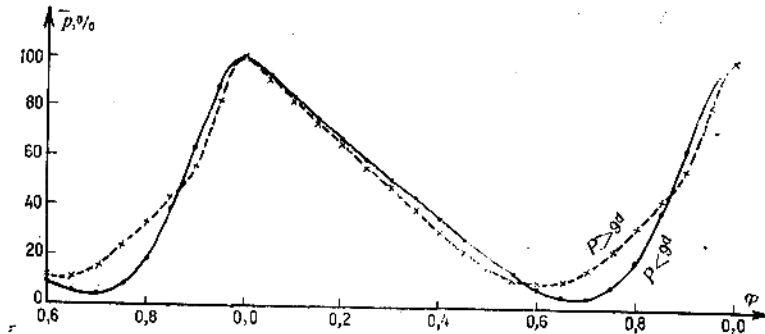
Фиг. 5

От всичко дотук следва, че разпределението на кривите на блясъка при цефеидите има случаен характер. Трябва да имаме пред вид, че някои от кривите или на част от тях в използвания каталог са начертани въз основа на малък брой фотоелектрични наблюдения. Те обаче не биха променили съществено направените изводи, още повече на хистограмите на фиг. 1 и 2 всяка крива участва индивидуално. Разбира се, такова влияние не трябва да се пренебрегва за стандартните криви, но то не може да изгладни съвсем съществуващо колебание на кривата, макар и да намалява неговата сила. По същество графиките, дадени на фиг. 4 и 5, следват описанието от Херцшпрунг, дадено още през 1926 г. и потвърдено от следващите изследвания [2, 5], но трябва да добавим и съществуващите малки колебания в низходящата част на цефеидните криви с  $P > 9^d$ . Това съотношение следва от разглеждане на усреднените криви за определени интервали от периода, а

не от разглеждането на отделните криви. Така че то отразява не индивидуалните характеристики, свързани с периода, а общите. Най-общите криви, дадени на фиг. 6, отразяват промените, свързани с единния общ и основен процес, имащ място в групата звезди, обединени под назва-

не от разглеждането на отделните криви. Така че то отразява не индивидуалните характеристики, свързани с периода, а общите. Най-общите криви, дадени на фиг. 6, отразяват промените, свързани с единния общ и основен процес, имащ място в групата звезди, обединени под назва-

нието цефеиди, за двете различаващи се групи с  $P$  до и над  $9^d$ . Конкретното проявление на този процес при отделната цефеида е модулирано от процесите, характеризиращи локалните и индивидуални особености, които спрямо основния процес имат случаен характер и на най-общите криви те се заличават.



Фиг. 6

Считам за приятно задължение да благодаря на доц. Н. Николов за предоставената ми възможност да ползувам в ръкопис отпечатания вече каталог и за предварителните обсъждания на настоящата работа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Parenago P. P und B. V. Kukarkin, Zeit. fur Astroph., 11, 1936, 337.
2. Кукаркин Б. В. и П. П. Паренаго, Физические переменные звезды, ОНТИ, 1937.
3. Николов Н., Р. Русев и С. Милчева, Известия на Секцията по астрономия (под печат).
4. Милчева С., Дипл. работа, СУ, София, 1968.
5. Garoschkin P. C., Journal of the Washington Academy of Sci., 49, No. 10, 1959, 333
6. Николов Н., Каталог кривых блеска и показателей цвета цефеид в системе  $UBV$ , Изд. на БАН, София, 1968.
7. Романовский В. И., Применения математической статистики в опытном деле, ОГИЗ, М.—Л., 1947.

Получена на 10. XII. 1968 г.

# СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КРИВЫХ БЛЕСКА ДОЛГОПЕРИОДИЧЕСКИХ ЦЕФЕИД

*Р. Радков*

(Резюме)

Используя каталог [6], в настоящей работе было получено распределение кривых блеска долгопериодических цефеид по  $p = \frac{V_{\min} - V_{\varphi}}{V_{\min} - V_{\max}} \cdot 100\%$ , где  $V_{\max}$ ,  $V_{\min}$  и  $V_{\varphi}$  — звездные величины максимума, минимума и при определенной фазе нормальной кривой для 10 фаз (фаза максимума принята для 0,0). Показано, что распределение имеет случайный характер. Кроме того по этим данным подтверждается и дополняется соотношение Герцшпрунга и описываются наиболее общие кривые блеска для цефеид с периодом до и выше  $9^d$ .

## A STATISTICAL INVESTIGATION OF THE LONG-PERIOD CEPHEID LIGHT CURVES

*R. Radkov*

(Summary)

Using catalogue [6] the distribution of the light curves of the long-period cepheids by  $p = \frac{V_{\min} - V_{\varphi}}{V_{\min} - V_{\max}} \cdot 100\%$  is obtained in the present paper, where  $V_{\max}$ ,  $V_{\min}$  and  $V_{\varphi}$  are the magnitudes at maximum, minimum and at a definite phase of the normal curve for 10 phases (the phase at maximum is accepted to be 0.0). It is pointed out, that this distribution is of a random character. Besides by these data the Herzprung relation is confirmed and completed and the most general light curves of the cepheids are described with a period of up to  $9^d$  and more than  $9^d$ .