

О дифференциальном вращении солнечных волокон

В. Дерменджиев

Период вращения Солнца зависит от гелиографической широты, т. е. области с различной гелиографической широтой вращаются с различной скоростью (быстрее всех вращается экваториальная область). Именно в этом состоит закон дифференциального вращения.

В теории Бэбкока — Лейгтона (Бэбкок, 1961; Лейгтон, 1969) для 11-летнего цикла солнечной активности градиент скорости вращения солнечной атмосферы по гелиографической широте и возможный радиальный градиент следуют непосредственно из взаимодействия солнечной плазмы с магнитным полем. Следовательно, скорость вращения солнечных образований зависит от гелиографической широты, радиуса и времени.

Подробные исследования дифференциального вращения отдельных волокон содержатся в работах Ройдса, 1930; Д'Азамбюжа, 1948; Брузека, 1961; Глякина, 1974. Как отмечал де Ягер (1962), результаты, полученные по наблюдениям единичных образований, могут быть искажены собственным движением до долготы. Поэтому рекомендуется статистический подход.

Проблема постоянства дифференциального вращения довольно важна, так как дифференциальное вращение считается основным стабилизирующим фактором солнечной активности.

Цель настоящего исследования — проверить, существует ли разность между дифференциальным вращением солнечных волокон в северной и южной полусферах и изменяется ли это вращение во времени.

Кроме подсчитывания среднесуточных преремещений волокон по диску Солнца, дифференциальное вращение может быть исследовано автокорреляционным анализом чисел индекса активности, введенного в Медонской обсерватории. В работе Дизера (1955) обсуждается подробно способ его вычисления.

Числа этого индекса, подсчитанные для 5-градусных зон по гелиографической широте, мы рассматриваем как реализацию случайного процесса. Мы исследуем 12 5-градусных зон по гелиографической широте, т. е. до $B=60^\circ$ соответственно для северной и южной полусфер Солнца в интервале времени 1938 — 1957 гг. (кэррингтоновские обороты Солнца № 1128—1387).

Оценка нормированной автокорреляционной функции получается по формуле

$$(1) \quad R(\tau) = \frac{\sum_{i=1}^{n-\tau} (x_i - \bar{x}) \cdot (x_{i+\tau} - \bar{x})}{\left[\sum_{i=1}^{n-\tau} (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^{n-\tau} (x_{i+\tau} - \bar{x})^2 \right]^{1/2}}$$

где \bar{x} — среднее процесса по времени, n — число наблюдений, а τ — смещение. При смещении $\tau=0, R(0)=1$. Наличие или отсутствие разности дифференциального вращения может быть установлено по смещению τ_{R_0} первого нуля автокорреляционных функций.

Значения τ_{R_0} для автокорреляционных функций соответствующих реализаций приведены в табл. 1, а на рис. 1 показана зависимость τ_{R_0} от гелиографической широты (B).

По методу наименьших квадратов (Х а л ь д, 1956) получаем уравнения линейных регрессий $\tau_{R_0}(B)$ соответственно для реализации индекса в северной (N) и южной (S) полусферах и уравнения 95%-ных доверительных интервалов:

$$(2) \quad \tau_{R_0}^N = 29.078 - 0.277(B - 30.0), \quad r = -0.9549, \\ \pm 460 \quad \pm 27$$

$$S^2 = 0.2209 - 0.0007(B - 30.0)^2, \\ \tau_{R_0}^S = 30.056 - 0.254(B - 30.0), \quad r = -0.8686,$$

$$(3) \quad \pm 793 \quad \pm 45 \\ S^2 = 0.6287 - 0.0020(B - 30.0)^2.$$

Здесь S^2 — дисперсии, а r — коэффициент корреляции. Линейные регрессии и соответствующие доверительные интервалы показаны тоже на рис. 1.

При совмещении этих регрессий видно, что их доверительные интервалы перекрываются. Это показывает, что, вероятно, для рассматриваемого интервала времени не существует разности между дифференциальным вращением волокон в северной и южной полусферах.

Подобный анализ, проведенный для реализаций, взятых в различных интервалах времени, дает возможность исследовать зависимость дифференциального вращения от времени. Для этой цели рассматриваем соответствующие

Таблица 1

B^0	$\tau_{R_0}^N$	$\tau_{R_0}^S$
0—5	37.20	35.44
5—10	33.18	36.20
10—15	35.89	34.65
15—20	34.30	32.39
20—25	31.60	35.21
25—30	26.73	28.78
30—35	27.58	31.48
35—40	26.34	28.23
40—45	27.69	26.75
45—50	24.19	21.87
50—55	22.77	29.78
55—60	21.47	19.90

Таблица 2

B^0	a, N τ_{R_0}	b, N τ_{R_0}	a, S τ_{R_0}	b, S τ_{R_0}
0—5	37.06	37.77	37.73	36.96
5—10	36.46	33.38	36.55	37.45
10—15	35.73	39.24	37.26	40.28
15—20	34.36	34.12	29.97	32.17
20—25	27.44	28.82	28.55	31.18
25—30	25.87	23.34	27.20	27.37
30—35	24.83	23.88	27.76	26.96
35—40	25.04	23.05	27.53	25.20
40—45	25.99	24.10	25.4	30.02
45—50	23.62	24.56	20.07	21.98
50—55	18.48	21.78	22.89	21.61

щие реализации индекса в двух интервалах времени — от оборота № 1128 до оборота № 1257 и от оборота № 1258 до оборота № 1387.

Значения τ_{R_0} для автокорреляционных функций приведены в табл. 2, соответственно для реализаций в северной и южной полусферах в первом

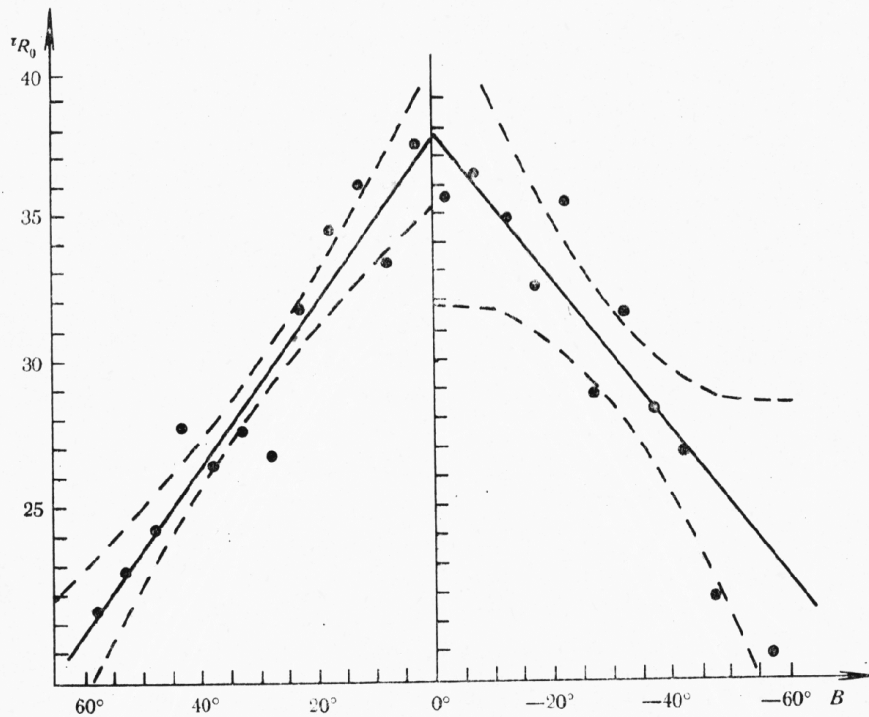


Рис. 1. Зависимость смещения τ_{R_0} автокорреляционных функций от географической широты

($\tau_{R_{0,a}}^N, \tau_{R_{0,a}}^S$) и втором ($\tau_{R_{0,b}}^N, \tau_{R_{0,b}}^S$) интервалах времени. Реализации получены в 11 5-градусных зонах соответственно в северной и южной полусферах.

На рис. 2 показана зависимость τ_{R_0} от географической широты. Для уравнения линейных регрессий и 95%-ных доверительных интервалов получаем соответственно

$$(4) \quad \begin{aligned} \tau_{R_{0,a}}^N &= 28.620 - 0.353 (B - 27.5), \quad r = -0.9434, \\ &\quad \pm 657 \quad \pm 41 \\ S^2 &= 0.4277 + 0.0017 (B - 27.5)^2, \end{aligned}$$

$$(5) \quad \begin{aligned} \tau_{R_{0,b}}^N &= 28.544 - 0.341 (B - 27.5), \quad r = -0.8790, \\ &\quad \pm 975 \quad \pm 61 \\ S^2 &= 0.9506 + 0.0015 (B - 27.5)^2, \end{aligned}$$

$$(6) \quad \begin{aligned} \tau_{R_{0,a}}^S &= 29.141 - 0.331 (B - 27.5), \quad r = -0.9406, \\ &\quad \pm 630 \quad \pm 39 \\ S^2 &= 0.3969 + 0.0015 (B - 27.5)^2, \end{aligned}$$

$$(7) \quad \begin{aligned} \tau_{R_{0,b}}^S &= 30.106 - 0.341 (B - 27.5), \quad r = -0.9061, \\ &\quad \pm 838 \quad \pm 53 \\ S^2 &= 0.7022 + 0.0028 (B - 27.5)^2. \end{aligned}$$

Линейные регрессии и соответствующие доверительные интервалы показаны тоже на рис. 2, из которого видно, что доверительные интервалы регрессий перекрываются. Это показывает, что по этим реализациям не обнаруживаются изменения дифференциального вращения волокон во времени.

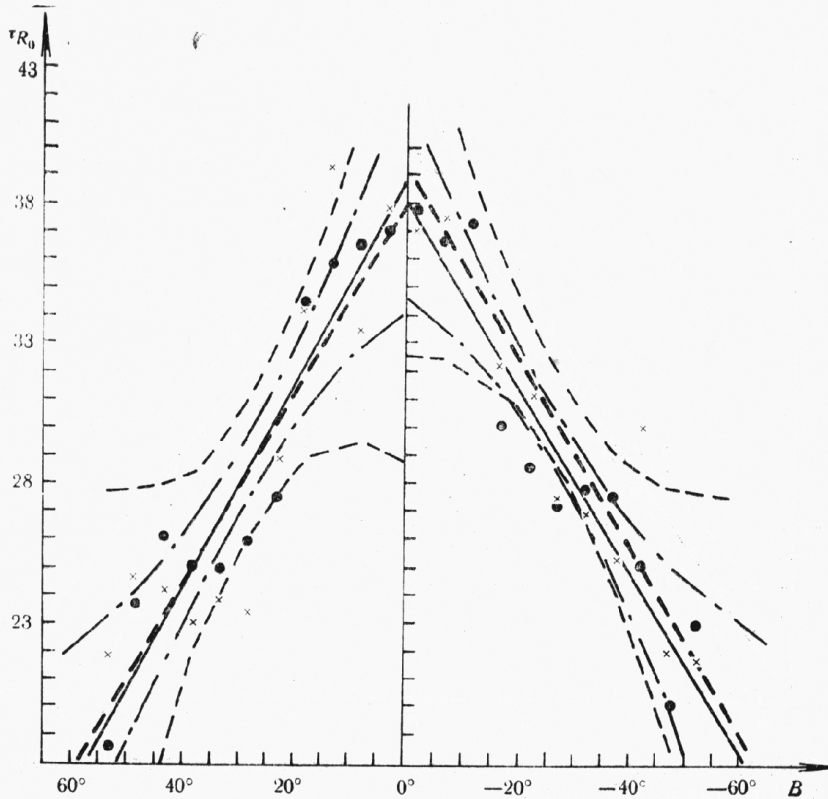


Рис. 2. Зависимость τ_{R_0} от гелиографической широты для реализаций в первом и втором интервале по времени
Точки и сплошные линии относятся к первым реализациям, а крестики и пунктирные линии — ко вторым

В заключение автор считает своей приятной обязанностью выразить благодарность М. Калинкову за ценные советы.

Л и т е р а т у р а

- Бэбкок (Babcock H. W.), 1961. *Astrophys. J.*, **133**, 572.
 Брузек (Bruzek A.), 1961. *Zs. Astrophys.*, **51**, 75.
 Глякин (Glackin D. L.), 1974. *Solar Phys.*, **36**, 51.
 Д'Азамбужа Л. и М. (D'Azambuja L., D'Azambuja M.), 1948. *Ann. Obs. Meudon*, **6**, fasc. VII.
 Де Ягер К., 1962. *Строение и динамика атмосферы Солнца*, ИЛ, М. (пер. с англ.)
 Дизер (Dizer M.), 1955. *Observatoire de Paris*, **1**, fasc. X, 65.
 Лейгтон (Leighton R.), 1969. *Astrophys. J.*, **156**, 1.
 Ройдс (Royds T.), 1930. *Kodaikanal Obs. bull.*, **89**, 227.
 Хальд А., 1956. *Математическая статистика с техническими приложениями*, ИЛ, М. (пер. с англ.).

On the Differential Rotation of the Solar Filaments

V. Dermendjiev

(Summary)

The numbers of the solar filaments activity, calculated in 5° -heliographic latitude zones, as a random process realization are examined. By means of autocorrelation method the differential rotation of these realizations is studied. It is shown that: (a) in the investigated time interval no differential rotation difference exists in the north and south solar hemispheres, and (b) the differential rotation does not change in time.

Сектор астрономии
с Национальной астрономической обсерватории,
Болгарская академия наук

Поступила 22. III. 1976 г.

Известно, что в настоящее время существует много работ по изучению активности солнечных филаментов. В частности, в последние годы появились работы, посвященные изучению дифференциальной вращения филаментов. В этих работах рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца. В настоящее время не существует работ, посвященных изучению дифференциальной вращения филаментов в северном и южном полушариях Солнца. В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца. В настоящее время не существует работ, посвященных изучению дифференциальной вращения филаментов в северном и южном полушариях Солнца. В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца.

В настоящее время не существует работ, посвященных изучению дифференциальной вращения филаментов в северном и южном полушариях Солнца. В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца. В настоящее время не существует работ, посвященных изучению дифференциальной вращения филаментов в северном и южном полушариях Солнца. В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца.

В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца. В настоящее время не существует работ, посвященных изучению дифференциальной вращения филаментов в северном и южном полушариях Солнца. В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца.

В настоящее время не существует работ, посвященных изучению дифференциальной вращения филаментов в северном и южном полушариях Солнца. В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца. В настоящее время не существует работ, посвященных изучению дифференциальной вращения филаментов в северном и южном полушариях Солнца.

В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца. В настоящее время не существует работ, посвященных изучению дифференциальной вращения филаментов в северном и южном полушариях Солнца. В данной работе рассматриваются филаменты, наблюдаемые в северном и южном полушариях Солнца.