

# ИЗМЕНЕНИЕ ТРЕХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВЕКТОРА УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ ЗА ВРЕМЯ С 1956 ПО 1968 г.

А. А. Корсунь

(ГАО АН УССР, г. Киев)

В системе осей инерции Земли вектор угловой скорости вращения Земли имеет три составляющие  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ . Движение полюсов Земли и изменение продолжительности суток следующим образом связаны с этими составляющими:

$$\frac{\omega_x}{\omega} = \sin x = x \sin 1'' = x \cdot 0.485 \cdot 10^{-5},$$

$$\frac{\omega_y}{\omega} = \sin y = y \sin 1'' = y \cdot 0.485 \cdot 10^{-5}$$

(в виду малых угловых перемещений оси вращения относительно оси, проходящей через полюс инерции, или средний полюс,  $\sin x$ ,  $\sin y$  заменяют в практике астрономических измерений углами  $x$ ,  $y$ , выраженными в долях секунды дуги),

$$\frac{\omega_z}{\omega} = \frac{\omega + \Delta\omega_z}{\omega} = 1 + \frac{\Delta\omega_z}{\omega},$$

$$\frac{\Delta\omega_z}{\omega} = - \frac{\Delta P}{T}.$$

Здесь  $\Delta\omega_z$  — уклонение фактической угловой скорости вращения Земли от эфемеридной скорости  $\omega$  ( $\omega = \frac{2\pi}{T}$  радиан в звездные сутки,  $T$  — длительность эфемеридных звездных суток, равная 86400 сек),  $\Delta P$  — уклонение продолжительности фактических суток от эфемеридных.

В таблице приведены среднемесячные значения  $\frac{\omega_x}{\omega}$ ,  $\frac{\omega_y}{\omega}$ ,  $\frac{\Delta'\omega_z}{\omega}$  в единой системе среднего полюса эпохи наблюдения (1956—1968 гг.). Для получения  $\frac{\omega_x}{\omega}$ ,  $\frac{\omega_y}{\omega}$  были использованы координаты полюса за время с 1956 по 1965 г., опубликованные в работах [1, 2, 3]. Координаты полюса за время с 1965 по 1968 г. были вычислены нами в системе А. Я. Орлова по результатам наблюдений над изменением широт 30 обсерваторий, взятым из [4]. На рис. 1 представлено изменение  $r =$

$$r = \sqrt{\left(\frac{\omega_x}{\omega}\right)^2 + \left(\frac{\omega_y}{\omega}\right)^2} \text{ за время с 1958 по 1968 г.}$$

Короткопериодические составляющие вариаций угловой скорости вращения Земли были найдены из соотношения

$$\frac{\Delta'\omega_z}{\omega} = \frac{\Delta\omega_z}{\omega} - \frac{\overline{\Delta\omega_z}}{\omega},$$

где  $\frac{\Delta\omega_z}{\omega}$  — среднемесячные характеристики скорости вращения Земли в системе ТУ1, опубликованные в [5, 6],  $\frac{\overline{\Delta\omega_z}}{\omega}$  — долгопериодические вариации угловой скорости вращения Земли.

Эпоха	$\frac{\omega_x}{\omega} \cdot 10^{-8}$	$\frac{\omega_y}{\omega} \cdot 10^{-8}$	$\frac{\Delta' \omega_z}{\omega} \cdot 10^{-10}$	Эпоха	$\frac{\omega_x}{\omega} \cdot 10^{-8}$	$\frac{\omega_y}{\omega} \cdot 10^{-8}$	$\frac{\Delta' \omega_z}{\omega} \cdot 10^{-10}$
1956.00	— 19.40	87.30	5	50	— 9.70	— 4.85	70
08	14.55	97.00	—30	58	— 19.40	0	56
16	48.50	87.30	—38	66	— 24.25	— 4.85	27
25	77.60	58.20	—23	75	— 29.10	— 4.85	13
33	87.30	14.55	—32	83	— 24.25	0	— 6
41	87.30	— 29.10	21	92	— 24.25	4.85	—23
50	72.75	— 72.75	74	1962.00	— 19.40	19.40	—23
58	48.50	—106.70	77	08	— 9.70	29.10	—12
66	14.55	—111.55	54	16	0	29.10	—38
75	— 33.95	— 97.00	21	25	24.25	33.95	—23
83	— 77.60	— 72.75	—22	33	33.95	24.25	—45
92	—106.70	— 29.10	—27	41	43.65	4.85	5
1957.00	—126.10	24.25	—19	50	43.65	— 19.40	78
08	—111.55	72.75	1	58	33.95	— 38.80	67
16	— 77.60	101.85	—41	66	19.40	— 53.35	45
25	— 19.40	135.80	—14	75	— 4.85	— 58.20	—21
33	43.65	130.95	—37	88	— 53.35	— 38.80	—50
41	87.30	116.40	— 8	92	— 58.20	— 24.25	—45
50	106.70	48.50	51	1963.00	— 77.60	0	8
58	126.10	— 24.25	67	08	— 67.90	38.80	38
66	121.25	— 72.75	54	16	— 48.50	63.05	16
75	77.60	—111.55	— 2	25	— 14.55	87.30	—36
83	24.25	—130.95	—19	33	24.25	87.30	—27
92	— 38.80	—130.95	—37	41	53.35	72.75	— 6
1958.00	—101.85	— 97.00	—22	50	87.30	33.95	71
08	—135.80	— 38.80	—31	58	92.15	— 29.10	92
16	—140.65	19.40	—35	66	72.75	— 63.05	52
25	—111.55	82.45	—61	75	38.80	— 97.00	—13
33	— 72.75	126.10	—19	88	— 33.95	— 92.15	—45
41	19.40	140.65	5	92	— 53.35	— 87.30	—32
50	43.65	121.25	70	1964.00	— 87.30	— 48.50	—42
58	97.00	83.30	95	08	—101.85	— 9.70	—24
66	135.30	33.95	53	16	— 97.00	24.25	—28
75	135.80	— 24.25	— 1	25	— 72.75	77.60	—24
83	111.55	— 67.90	—32	33	— 43.65	106.70	—36
92	63.05	—111.55	—29	41	4.85	121.25	2
1959.00	0	—130.95	—37	50	48.50	101.85	102
08	— 63.05	—116.40	—35	58	82.45	48.50	97
16	— 97.00	— 72.75	—38	66	92.15	0	53
25	—121.25	— 24.25	—17	75	87.30	— 48.50	— 9
33	—126.10	33.95	— 5	88	48.50	— 97.00	—39
41	—111.55	77.60	27	92	33.95	— 97.00	—38
50	— 48.50	106.70	66	1965.00	— 19.40	— 87.30	— 3
58	4.48	106.70	79	08	— 63.05	— 67.90	— 9
66	58.20	97.00	38	16	— 97.00	— 33.95	—24
75	106.70	63.05	—16	25	—111.55	14.55	—48
83	111.55	19.40	—56	33	—101.85	53.35	—27
92	97.00	— 33.90	—31	41	— 77.60	87.30	7
1960.00	67.90	— 77.60	—20	50	— 24.25	106.70	63
08	4.85	— 87.30	—20	58	29.10	97.00	75
16	— 29.10	— 87.30	—23	66	67.90	67.90	48
25	— 53.35	— 67.90	—52	75	106.70	24.25	—15
33	— 67.90	— 29.10	—19	88	97.00	— 48.50	—39
41	— 67.90	0	16	92	82.45	— 67.90	—16
50	— 67.90	24.25	72	1966.00	43.65	— 87.30	— 1
58	— 38.80	43.65	84	08	— 4.85	— 87.30	—19
66	— 19.40	53.35	39	16	— 43.65	— 77.60	—13
75	9.70	53.35	— 8	25	— 77.60	— 53.35	—41
83	29.10	38.80	—42	33	— 92.15	— 14.55	—44
92	38.80	19.40	—36	41	— 92.15	14.55	10
1961.00	33.95	0	—15	50	— 67.90	43.65	81
08	29.10	14.55	—13	58	— 33.95	58.20	73
16	24.25	— 24.25	—31	66	— 4.85	53.35	19
25	15.55	— 20.10	—29	75	33.95	48.50	—26
33	4.85	— 19.40	—13	88	67.90	14.55	—46
41	0	— 9.70	8	92	63.05	0	—24

Эпоха	$\frac{\omega_x}{\omega} \cdot 10^{-8}$	$\frac{\omega_y}{\omega} \cdot 10^{-8}$	$\frac{\Delta' \omega_z}{\omega} \cdot 10^{-10}$	Эпоха	$\frac{\omega_x}{\omega} \cdot 10^{-8}$	$\frac{\omega_y}{\omega} \cdot 10^{-8}$	$\frac{\Delta' \omega_z}{\omega} \cdot 10^{-10}$
1967.00	48.50	— 19.40	5	50	— 19.40	0	72
08	29.10	— 33.96	3	58	9.70	0	74
16	9.70	— 33.95	—23	66	0	0	44
25	— 9.70	— 29.10	—43	75	0	0	6
33	— 24.25	19.40	—56	88	— 9.70	4.85	—39
41	— 24.24	9.70	12				

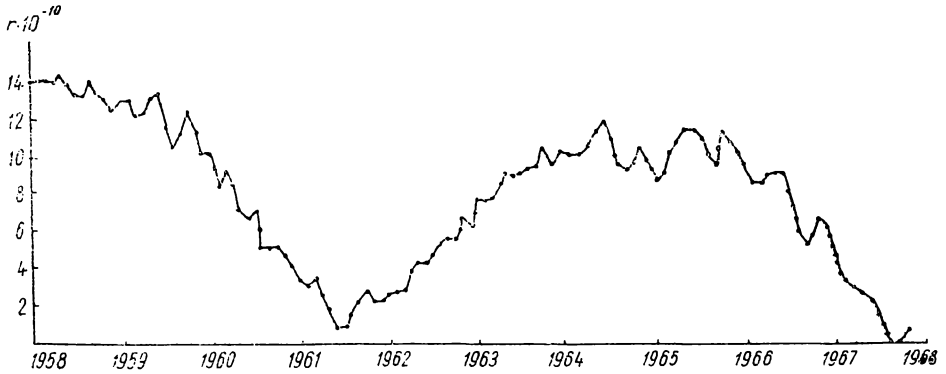


Рис. 1.

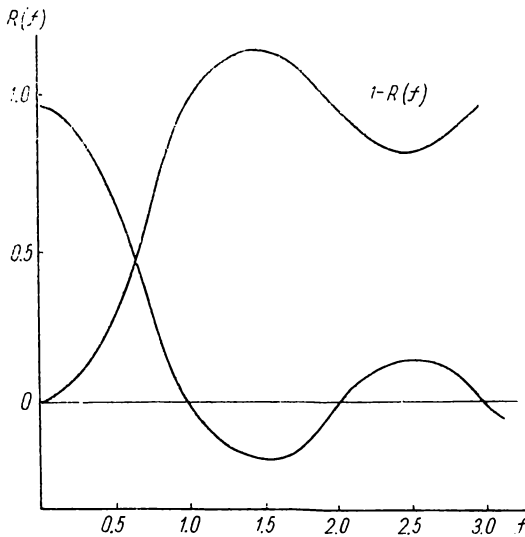


Рис. 2.

Для определения последних применено сглаживание скользящим суммированием 12 последовательных значений  $\frac{\Delta \omega_z}{\omega}$ . Такое сглаживание исключает годовую, полугодовую и другие кратные им высокочастотные гармоники. На рис. 2 приведены частотные характеристики фильтров сглаживания  $R(f)$  и разностей  $1-R(f)$ . Частотная характеристика вычислялась по приближенной формуле  $R(f) = \frac{\sin(\pi f T)}{\pi f T}$ , приведенной в

[7] (здесь  $T$  — интервал осреднения, равный в нашем случае 12 месяцам,  $f$  — частота, выраженная в циклах за год).

Долгопериодические составляющие уклонений угловой скорости вращения Земли представлены на рис. 3.



Рис. 3.

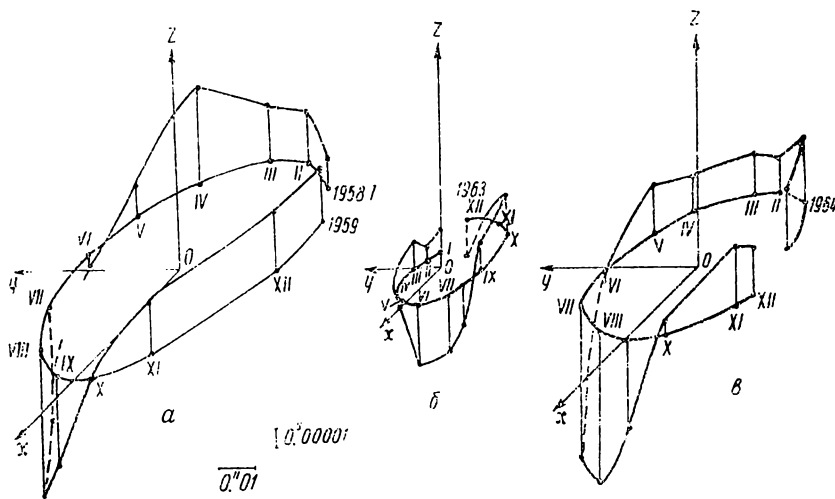


Рис. 4.

На рис. 4 представлены  $\frac{\omega_x}{\omega}$ ,  $\frac{\omega_y}{\omega}$  по оси  $OX$ ,  $OY$  и  $-\frac{\Delta\omega_z}{\omega} T = \Delta P$  по оси  $OZ$  для следующих интервалов времени: рис. 4, а — с 1958 по 1959 г., рис. 4, б — с 1962 по 1963 г., рис. 4, в — с 1964 по 1965 г. Начало системы  $XOY$  совмещено со средним полюсом эпохи наблюдений (1956—1968 гг.). Графики являются хорошей иллюстрацией того факта, что продолжительность суток весной превосходит продолжительность суток осенью.

Последовательности  $\left\{ \frac{\omega_x}{\omega} \right\}$ ,  $\left\{ \frac{\omega_y}{\omega} \right\}$  и  $\left\{ \frac{\Delta' \omega_z}{\omega} \right\}$  можно рассматривать как случайные стационарные последовательности. Нами были вычисле-

ны автокорреляционные и кросскорреляционные функции этих последовательностей и их спектральные разложения по методу Тюки [8]. Каждая из указанных последовательностей содержала по 144 среднемесячных значений соответствующих реализаций. Спектральные плотности вычислялись при сдвиге, равном 108.

На рис. 5 приведены графики автокорреляционных функций вариаций угловой скорости вращения Земли, полученных:

- а) после вычитания из  $\frac{\Delta\omega_z}{\omega}$  среднего значения, равного  $-154 \cdot 10^{-10}$ ,  
 б) после фильтрации долгопериодических изменений.

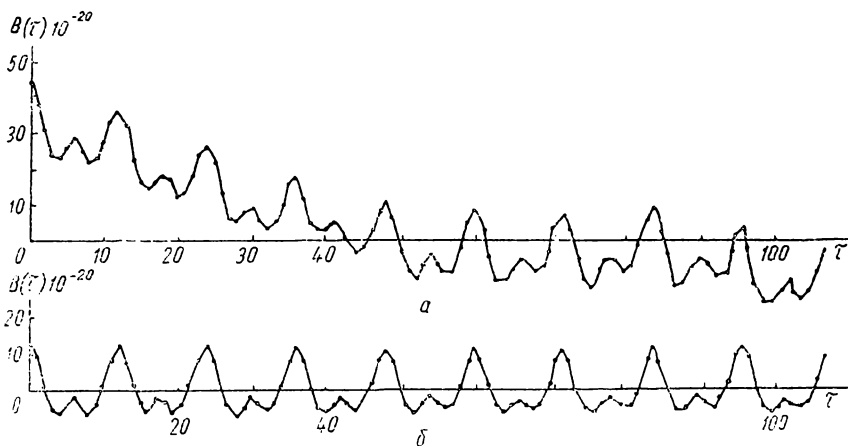


Рис. 5.

Уже по виду автокорреляционных функций можно заключить, что основными колебаниями в вариациях угловой скорости вращения Земли, представленными значениями  $\frac{\Delta'\omega_z}{\omega}$  в системе TUI, являются годовая и полугодовая волны. Это подтверждается и спектральным разложением (рис. 6). Других короткопериодических колебаний, амплитуды которых были бы сравнимы с амплитудами сезонных колебаний, обнаружить не удалось.

В спектрах последовательностей  $\left\{ \frac{\omega_x}{\omega} \right\}$ ,  $\left\{ \frac{\omega_y}{\omega} \right\}$  представляет интерес лишь то, что в них имеется повышение спектральной плотности на периоде, равном 1.5 года, и совершенно нет полугодовой волны. Из-за малой продолжительности исследуемых рядов в указанных спектрах годовая и чандлеровская волны разделились не полностью.

По найденным оценкам энергии спектров последовательностей  $\left\{ \frac{\omega_x}{\omega} \right\}$ ,  $\left\{ \frac{\omega_y}{\omega} \right\}$ :  $E_x = 20640 \cdot (0''.001)^2$ ,  $E_y = 21570 \cdot (0''.001)^2$  можно определить эксцентриситет движения полюса за время с 1956 по 1968 г.:

$$\epsilon = \frac{c}{a}, \quad c = (a^2 - b^2)^{1/2}, \quad \frac{1}{2} a^2 = E_y, \quad \frac{1}{2} b^2 = E_x,$$

где  $a$  — амплитуда колебания полюса по оси  $OY$ ,  $b$  — амплитуда колебания полюса по оси  $OX$ . Мы нашли  $\epsilon = 0.21$ .

Спектральное разложение кросскорреляционной функции между  $\left\{ \frac{\omega_x}{\omega} \right\}$  и  $\left\{ \frac{\Delta'\omega_z}{\omega} \right\}$  представлено на рис. 7 (результаты для  $\left\{ \frac{\omega_y}{\omega} \right\}$  и

$\left\{ \frac{\Delta' \omega_z}{\omega} \right\}$  аналогичны). Составляющие взаимного спектра — коспектр (рис. 7, а) и квадратурный спектр (рис. 7, б) — являются мерой вклада колебаний различных частот в общую взаимную кросскорреляцию между двумя рядами с нулевым запаздыванием и запаздыванием, равным

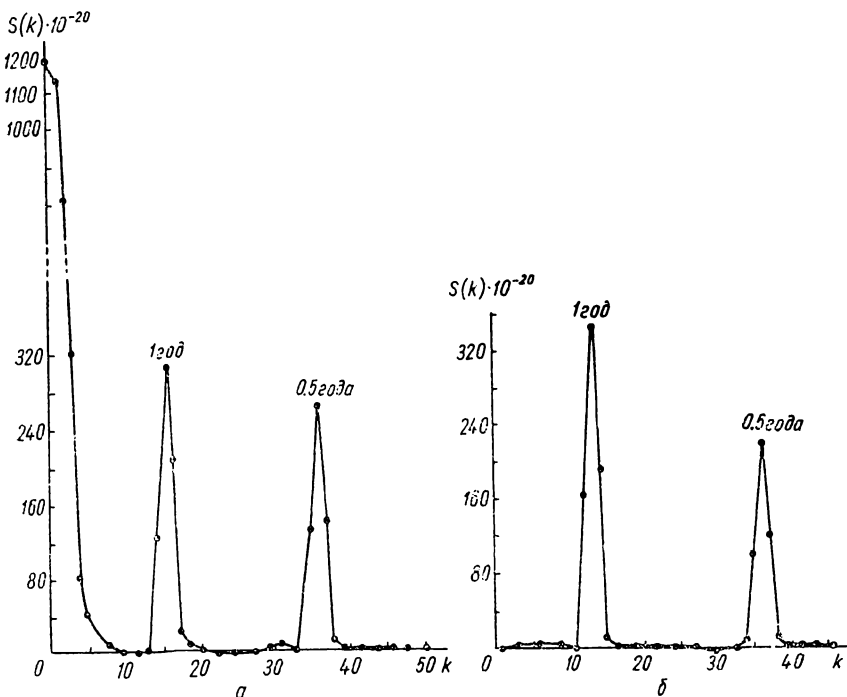


Рис. 6.

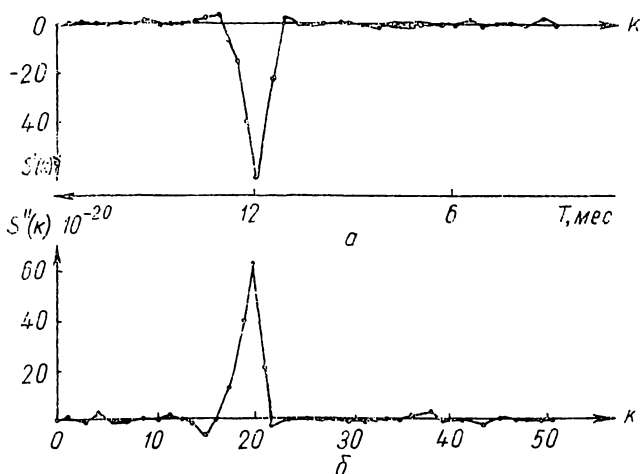


Рис. 7.

$1/4$  периода, соответственно. Коспектр обнаружил отрицательную корреляцию на годовом периоде, квадратурный — положительную. Значение когерентности на годовом периоде  $C_0^2(k) = 0.95$ .

Наличие годовой составляющей как в изменениях скорости вращения Земли, так и в движении полюса, очевидно, связано с соответствующими перемещениями масс воздуха и воды по поверхности

Земли. Корреляция же между двумя указанными явлениями объясняется, по-видимому, главным образом ветрами, вызывающими обмен количества движения Земли и атмосферы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ло Дин Дзян, Панченко Н. И., Цапова А. И. — АЦ, 188, 1958.
2. Федоров Е. П., Корсунь А. А. — ДАН УРСР, 6, 1962.
3. Корсунь А. А. — В кн.: Астрометрия и астрофизика, 7, 1968.
4. Monthly Notes of the IPMS, 1965—1968.
5. Сидоренков Н. С. — АЖ, 44, 3, 1967.
6. Сидоренков Н. С. — АЖ, 46, 1, 1969.
7. Пановский Г. А., Брайер Г. В. Статистические методы в метеорологии. Гидромет., Л., 1967.
8. Munk W., Snedgross F., Tukey J. W. — Bull. Scrips. Oceanog. Univ., 4, 7, 1959.

#### VARIATION OF THREE COMPONENTS OF THE VECTOR REPRESENTING EARTH'S ROTATION FROM 1956 to 1968

A. A. KORSUN

#### Summary

Angular velocity of the Earth's rotation is a vector with three components: one representing the rate of rotation and two others — the polar motion. The paper deals with variation of these components during 12 years. The results of the power spectrum analysis are presented.

#### О ЗНАЧЕНИЯХ ЦЕНЫ ОБОРОТА ВИНТА ОКУЛЯРНОГО МИКРОМЕТРА ЗЕНИТ-ТЕЛЕСКОПОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ СЛУЖБЫ ШИРОТЫ

С. П. Майор

(ГАО АН УССР, г. Киев)

Для определения ошибок принятых значений цены оборота винта микрометра обычно применяется метод, основанный на сравнении широт, полученных раздельно по парам с положительными и отрицательными разностями зенитных расстояний. Названный метод был применен нами к наблюдениям на трех станциях МСШ — в Чарджоу (1900.0—1919.5), Гейтерсберге (1900.0—1915.0) и Цинциннати (1900.0—1916.0).

В каждой группе были подобраны по две подгруппы пар с экстремальными значениями полуразностей зенитных расстояний  $M$ . Список избранных пар приведен в табл. 1, где указаны выраженные в оборотах винта микрометра ( $1/R=0.02516$ ) значения  $M$  для 1900 г., а также их годовые изменения. По каждой избранной паре для каждого года были образованы среднемесячные широты, которые исправлялись затем выведенными ранее поправками к принятым склонениям и собственным движениям, а также другими поправками к видимым местам [1]. Осреднив исправленные значения внутри каждой подгруппы, мы получили некоторые широты  $\varphi_e^+$ ,  $\varphi_e^-$  и  $\varphi_m^+$ ,  $\varphi_m^-$ . Имея для этих подгрупп значения полуразностей зенитных расстояний  $M_e^+$ ,  $M_e^-$  и  $M_m^+$ ,  $M_m^-$ , можно найти для каждой  $1/12$  доли года поправки к принятым значениям цены оборота

$$\Delta R_e = - \frac{\varphi_e^+ - \varphi_e^-}{M_e^+ - M_e^-} \quad \text{и} \quad \Delta R_m = - \frac{\varphi_m^+ - \varphi_m^-}{M_m^+ - M_m^-}$$