

чить аппаратные ошибки и приписать наблюдаемый эффект регистрации солнечных космических лучей с энергией  $\geq 500$  Мэв/нукл.

Для значения потока этих частиц с энергией  $\geq 500$  Мэв/нукл во время хромосферной вспышки 7 июля 1966 г. получена оценочная величина  $\sim 0,15$  частиц  $\cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1}$   $\cdot \text{стер}^{-1}$ , если считать, что суммарный фон от галактических и вторичных частиц, регистрируемый каналами  $Z \geq 1$ , не изменялся с конца 1965 г. и составлял  $0,4$  частиц  $\cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{стер}^{-1}$ . [6] Это значит, что возрастание интенсивности частиц с  $Z \geq 1$  составляет  $\sim 40\%$  от постоянного уровня интенсивности космических лучей. В максимуме регистрируемой вспышки отношение

$\frac{N(Z \geq 1)}{N(Z \geq 2)}$  возросло примерно на 40—50% по отношению к постоянному уровню, а отношение  $\frac{N(Z \geq 20)}{N(Z \geq 2)}$  не изменилось, т. е. прак-

тически все возрастание обусловлено потоком частиц с  $Z=1$  — протонами с  $E_p \geq 500$  Мэв. Таким образом, во вспышке 7 июля 1966 г. быстрые частицы с  $E \geq 500$  Мэв/нукл в основной своей части состояли из протонов, а ядра с  $Z \geq 2$  если и присутствовали, то их доля была существенно меньше, чем в галактических космических лучах.

В заключение авторы выражают благодарность Н. Л. Григорову и И. А. Савенко за постоянное внимание к работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Lin R. P., Kahler S., Roelof E. C. Solar Physics., 4, No. 3, 1968.
2. Heristchi Dj. et. al. Sparmo Bulletin, No. 4, 1966.
3. Агешин П. Н., Баяревич В. В. и др. «Геомagnetизм и аэрономия», 9, № 3, 538, 1969.
4. Володичев Н. Н., Григоров Н. Л. и др. «Космические исследования», 5, вып. 1, 119, 1967.
5. Григоров Н. Л., Мадеев М. О., Савенко И. А., Рапопорт И. Д. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астроном., 11, № 5, 1970.
6. Володичев Н. Н. Реферат кандидат. диссертации, НИИЯФ МГУ, 1969.

Поступила в редакцию  
4.3 1970 г.

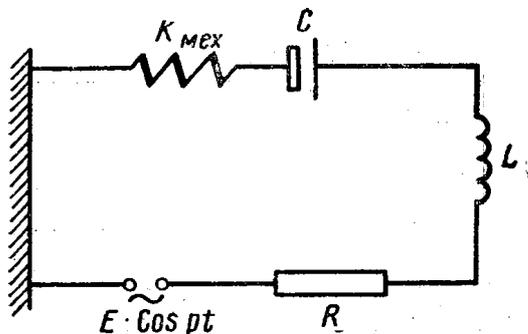
НИИЯФ

УДК 538.56.01

А. Б. МАНУКИН, М. Ю. ТИХОНОВ

### О КОЛЕБАТЕЛЬНОМ КОНТУРЕ С ЕМКОСТЬЮ — МЕХАНИЧЕСКИМ ОСЦИЛЛЯТОРОМ

При проведении некоторых физических экспериментов, связанных с измерением малых сил и механических смещений, в качестве регистраторов часто используются емкостные датчики (см. рис.). При увеличении чувствительности системы на колебания механического осциллятора, образованного пластиной конденсатора, соединенной жест-



костью  $K_{\text{мех}}$  с лабораторией, начинают существенно влиять электрические колебания в контуре. В работе [1] были приведены результаты экспериментального исследования этого эффекта. Было показано, что в механическую систему вносятся дополнительные электрические жесткость  $K_{\text{эл}}$  и трение  $H_{\text{эл}}$ , знак и величина которых зависят от расстройки контура. Оценка величины  $K$  была найдена из соотношения  $K_{\text{эл}} = \frac{\partial F_{\text{эл}}}{\partial x}$ ,

где  $F_{\text{эл}}$  — сила кулоновского притяжения пластин конденсатора, а  $x$  — смещение

пластины из положения равновесия. Вследствие инерциальных свойств электрической системы  $K_{\text{эл}}$  вносится с некоторым запаздыванием  $\tau$ , что приводит к появлению в механической системе дополнительного трения  $H_{\text{эл}} = K_{\text{эл}} \tau$ . Время запаздывания было

выбрано равным постоянной времени контура  $\tau^* = \frac{1}{\delta}$  ( $\delta$  — декремент контура).

В настоящем сообщении приводится решение задачи о пондеромоторном взаимодействии электрических колебаний в контуре с низкочастотной механической системой. Процессы в электромеханической системе (см. рис.) описываются уравнением

$$m\ddot{x} + k_{\text{мех}} x = F_{\text{эл}},$$

$$L\ddot{q} + R\dot{q} + \frac{4\pi}{q} (d_0 - x) q = E \cos pt, \quad (1)$$

где  $m$  — масса пластинки,  $L$  — индуктивность,  $R$  — сопротивление,  $d_0$  — расстояние между пластинами конденсатора при  $x = 0$ ,  $S$  — площадь пластин конденсатора

$$F_{\text{эл}} = \frac{2\pi}{S} q^2.$$

Предполагается следующий приближенный метод решения.

Колебания механического осциллятора можно взять в виде

$$x = x_0 e^{-\Delta t} \cos \Omega t, \quad (2)$$

где  $\Delta = H_{\text{эл}}/2m$  — декремент механических колебаний,  $\Omega$  — измененная частота. Параметры  $\Delta$  и  $\Omega$  подлежат определению. Подставляя (2) во второе уравнение системы (1), получим

$$\ddot{q} + 2\delta\dot{q} + \omega_0^2 (1 - \varepsilon e^{\Delta t} \cos \Omega t) q = E_0 \cos pt, \quad (3)$$

$$\delta = \frac{R}{2L}, \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC_0}, \quad \varepsilon = \frac{x_0}{d_0} \ll 1, \quad E_0 = \frac{E}{L}.$$

Приняв величину  $\varepsilon$  за малый параметр, ищем решение (3) в виде разложения по  $\varepsilon$

$$q = q_0 + \varepsilon q_1 + \varepsilon^2 q_2 + \dots \quad (4)$$

Подстановка (4) в (3) дает систему линейных неоднородных уравнений

$$q_0 + 2\delta\dot{q}_0 + \omega_0 q = E_0 \cos pt,$$

$$q_1 + 2\delta\dot{q}_1 + \omega_0^2 q_1 = q_0 \omega_0^2 e^{-\Delta t} \cos pt,$$

Из этой системы нетрудно получить выражение для  $q_0, q_1, \dots$ , а следовательно, и для  $F_{\text{эл}} = 2\pi^2/Sq$ . Подставив явное выражение для  $F_{\text{эл}}$  в первое уравнение системы (1), можно найти  $\Delta$  и  $\Omega$  и, следовательно,  $K_{\text{эл}}$  и  $H_{\text{эл}}$ .

Если расстройка контура  $\xi = \frac{p^2 - \omega_0^2}{p^2} = \pm \frac{1}{Q}$ , где  $Q$  — добротность контура

(данные значения расстройки соответствуют почти максимальной крутизне склона резонансной характеристики контура и максимальным значениям  $H_{\text{эл}}$  и  $K_{\text{эл}}$ ), выражения для  $K_{\text{эл}}$  и  $H_{\text{эл}}$  имеют следующий вид:

$$K_{\text{эл}} = \pm \frac{C_0 E^2 Q^{\text{эл}} \omega_0^2}{32d_0^2 \delta^2}, \quad H_{\text{эл}} = \mp \frac{C_0 E^2 Q \omega_0^2}{32d_0^2 \delta^3}. \quad (5)$$

Из соотношений (5), которые полностью совпадают с оценками работы В. Б. Брагинского и И. И. Минаковой<sup>1</sup>, видно, что  $H_{\text{эл}} = K_{\text{эл}} \cdot \tau$ , где  $\tau = \frac{1}{\delta} = \tau^*$ , т. е. выбор в качестве времени запаздывания  $\tau$  постоянной времени контура  $\tau^*$  верен.

Поступила в редакцию  
4.3 1970 г.

Кафедра  
физики колебаний

<sup>1</sup> См. Брагинский В. Б., Минакова И. И. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрон., № 1, 83, 1964.