

## О РАСЧЕТЕ КОНСТРУКЦИИ СЕЙСМОГРАФА

В статье приведены выкладки и рассуждения, необходимые для построения схемы конструкторного расчета сейсмографа.

Далее показано применение этой схемы к конкретному случаю. Оказывается, что благодаря применению новых материалов и более совершенной схемы прибора, возможно, сохраняя габариты, вес и прочие данные сейсмографа, увеличить его чувствительность почти в 20 раз сравнительно с СП-7.

### Глава I

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Вопрос о расчете конструкции прибора важен не только для приборостроителя. Тому, кто занят эксплуатацией прибора, также весьма полезно иметь сведения о причинах выбора данной схемы и конструкций аппарата.

Наличие таких сведений особенно необходимо, если в процессе практической работы возникает желание каким-либо способом модернизировать или усовершенствовать прибор.

По этой причине вопрос о расчете сейсмографа представляет известный общий интерес, тем более, что большая часть конструкций сейсмографов, применяющихся в настоящее время для полевой сейсмической разведки, разработана еще 8—10 лет назад. За это время заметно изменились наши представления о требованиях, которые должны быть предъявлены к полевому сейсмографу. С другой стороны, появление новых магнитных материалов внесло изменения в сравнительные технико-эксплуатационные данные, которые могут быть достигнуты применением той или иной схемы прибора.

Будем считать доказанным, что очень важным критерием для оценки сейсмографа является его способность устойчиво работать при низкой собственной частоте системы; не менее важна возможность получения высокой чувствительности прибора (при заданном весе и габаритах системы).

Что же касается возможности получения электромагнитного затухания, то приходится учесть, что приборы, заполненные маслом, менее подвержены внешним влияниям и потому гораздо более надежны в

работе, чем приборы, заполненные воздухом. Кроме того, применяя сейсмограф с низкой частотой собственных колебаний, мы можем допускать значительные изменения в коэффициенте затухания системы, примерно, в пределах  $0,5 < \frac{2h}{\omega_0} < 5$ , а поэтому можем использовать для получения затухания одно и то же масло при различных температурах.

Становясь на изложенную точку зрения, в части выбора критериев для оценки сейсмографа, можно сразу же исключить из дальнейшего рассмотрения электродинамические приборы, так как чувствительность их всегда окажется значительно ниже, чем в приборах с переменным магнитным потоком, а наличие электромагнитного затухания уже не является решающим преимуществом.

## Глава II

### ВЫБОР СХЕМЫ СЕЙСМОГРАФА

На фиг. 1, 2, 3 и 4 даны схемы сейсмографов Грина, Шнирмана Хейланда и Гамбурцева. В правой части каждого рисунка изображены, соответствующие эквивалентные электрические схемы, в которых электрическое сопротивление является аналогом магнитного сопротивления; в.д.с.—аналогом магнитодвижущей силы и электрический ток — аналогом магнитного потока.

Нам предстоит оценить эти схемы с точки зрения их коэффициента электромеханической связи, устойчивости под действием отрицательной упругости силы притяжения между полюсами и температурной устойчивости. Таким образом, есть возможность не учитывать обратного действия электрической части схемы на ее механическую часть, следовательно, при расчетах можно обойтись совершенно элементарными средствами.

#### 1. Оценка сейсмографов с точки зрения чувствительности и устойчивости под действием сил отрицательной упругости

Выпишем уравнения Кирхгофа для схем (фиг. 1, 2, 3, и 4).

##### Схема I (фиг.1)

$$E - \Phi_1 (R_m + 2R_k + 4R + 4R_{жс}) + 2\varphi_2 R_k + 4\varphi_1 \Delta R = 0;$$

$$E + 2\varphi_1 R_k - \varphi_2 (R_m + 2R_k + 4R + 4R_{жс}) - 4\varphi_2 \Delta R = 0.$$

##### Схема II (фиг. 2)

$$E - \Phi_1 (R_m + R_k + 2R + 2R_{жс}) + 2\Phi_1 \Delta R - \Phi_2 R_m = 0;$$

$$E - \Phi_1 R_m - \Phi_2 (R_m + R_k + 2R + 2R_{жс}) - 2\Phi_2 \Delta R = 0.$$

##### Схема III (фиг. 3)

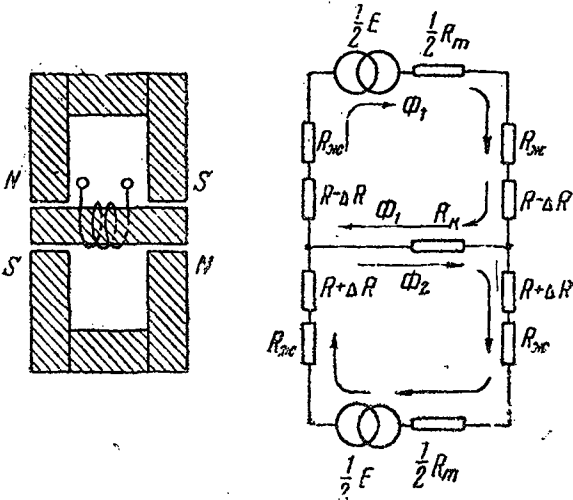
$$E - \varphi_1 (R_m + 2R_k + 4R_{жс} + 4R) + 4\varphi_1 \Delta R - R_m \varphi_2 = 0;$$

$$E - \varphi_1 R_m - \varphi_2 (R_m + 2R_k + 4R_{жс} + 4R) - 4\varphi_2 \Delta R = 0.$$

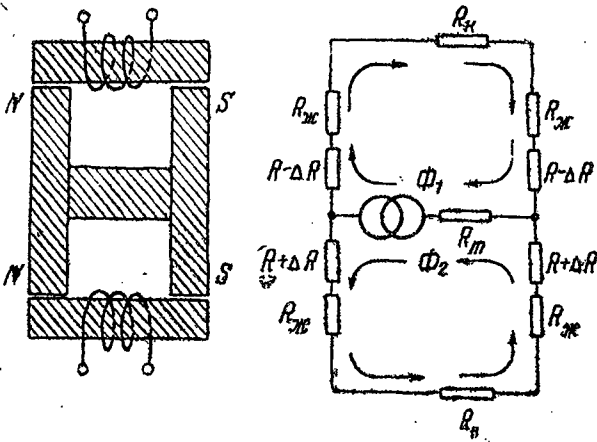
Схема IV (Фиг. 4)

$$E - \Phi_1(R_m + R_h + 2R + 2R_{\text{жс}}) + 2\Phi_1\Delta R - \Phi_2(R_m - R_h) = 0;$$

$$E - \Phi_1(R_m - R_h) - \Phi_1(R_m + R_h + 2R + 2R_{\text{жс}}) - 2R\Delta\Phi_2 = 0.$$



Фиг. 1.



Фиг. 2

Таким образом, все рассматриваемые схемы описываются уравнениями одного типа:

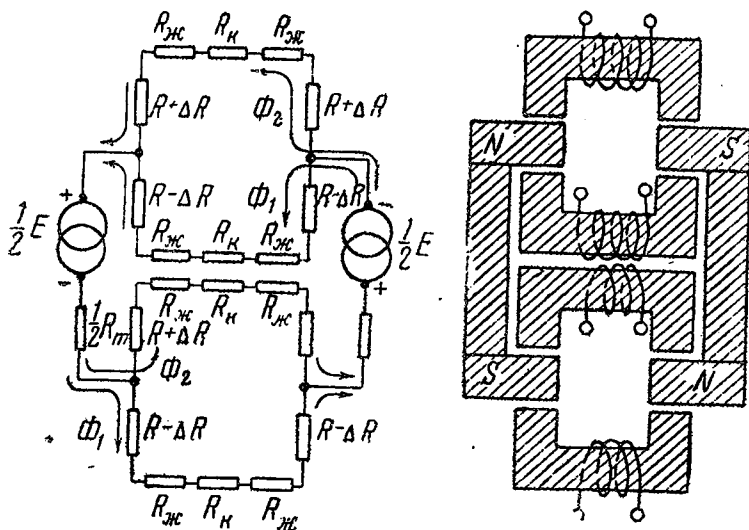
$$E - a_1\Phi_1 - a_2\Phi_2 + \sigma\Phi_1\Delta R = 0;$$

$$E - a_2\Phi_1 - \Phi_1\Phi_2 - \sigma\Phi_2\Delta R = 0,$$

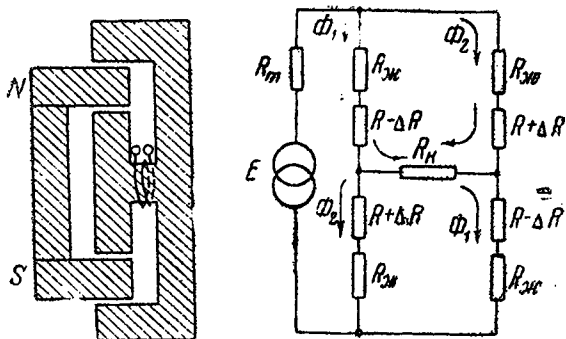
Кроме того, обозначив  $R_{\sim}$  сопротивление переменному магнитному потоку и  $R_{\parallel}$  сопротивление постоянному потоку, легко установим:

$$R_{\sim} = a_{\sim} (a_1 - a_2)$$

$$R_{\parallel} = a_{\parallel} (a_1 + a_2)$$



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Исключая  $a_1$  и  $a_2$  и решая уравнения относительно

$$\Delta\Phi = \Phi_1 - \Phi_2 \text{ и } \Delta^2\Phi = \Phi_1^2 - \Phi_2^2,$$

найдем

$$\Delta\Phi = \frac{2\sigma E^2 \Delta R}{\frac{R_{\sim} R_{\parallel}}{a_{\sim} a_{\parallel}} - \sigma^2 \Delta R^2}, \quad (1)$$

$$\Delta^2\Phi = \frac{4\sigma E^2 \Delta R R_{\sim}}{a_{\sim} \left[ \frac{R_{\sim} R_{\parallel}}{a_{\sim} a_{\parallel}} - \sigma^2 \Delta R^2 \right]^2}, \quad (2)$$

где  $a_{\sim}$ ,  $a_{\parallel}$  и  $\sigma$  — численные коэффициенты, которые зависят от выбора схемы.

Обращаясь к расчету коэффициента электромеханической связи, введем обозначения:

$\Phi_0 = \frac{E}{R_{\parallel}}$  — магнитный поток через сейсмограф;

$S_B$  — сечение воздушного зазора сейсмографа;

$n$  — общее число витков в обмотках сейсмографа;

$L$  — общая самоиндукция всех обмоток сейсмографа;

$\eta$  — число несвязанных обмоток сейсмографа;

$\mathfrak{M}$  — коэффициент электромеханической связи.

Для малых смещений можем положить  $\sigma^2 \Delta R^2 \ll \frac{R_{\sim} R_{\parallel}}{a_{\sim} a_{\parallel}}$  и считать постоянной обратимую магнитную проницаемость железа  $\left( \frac{dB}{dH} = \text{const} \right)$ .

Таким образом

$$\Delta\Phi = 2\sigma a_{\parallel} a_{\sim} \Phi_0 \frac{\Delta R}{R_{\sim}},$$

$$L = 0,4\pi \frac{n^2}{\eta R_{\sim}} \cdot 10^{-8},$$

$$\mathfrak{M} = n \frac{d\Delta\Phi}{dx}.$$

Исключая  $n$  и решая относительно  $\mathfrak{M}$ , найдем:

$$\mathfrak{M} = 1,78 \cdot 10^4 \sigma a_{\parallel} a_{\sim} \frac{\Phi_0}{S_B} \sqrt{\frac{L\eta}{R_{\sim}}} \quad (3)$$

Рассчитывая условия устойчивости сейсмографа под действием отрицательной упругости силы притяжения между полюсами прибора, обозначим:

$n_0$  — собственная частота сейсмографа;

$k_0$  — упругость пружин;

$m$  — подвижная масса;

$p$  — результирующая сил притяжения между полюсами;

$p' = \frac{dp}{dx|_{x=0}}$  — отрицательная упругость сил притяжения между полюсами;

$$\Delta p = p - p'x.$$

Условие устойчивости сейсмографа можно написать так:

$$k_0 x > p'x + \Delta p,$$

или, учитывая, что  $k_0 = p^1 + n_0^2 m$ ,

$$n_0^2 m x > \Delta p. \quad (4)$$

Далее, помня, что сила притяжения между полюсами равна

$$p = \frac{\Delta^2 \varphi \delta}{8\pi S_e},$$

где  $\delta$  — число полюсов, тянущих в одну сторону, найдем

$$p^1 = 0,16 \frac{\partial a_{\sim}}{\partial} a_{\sim}^2 \delta \frac{\Phi_0^2}{S_p^2 R_{\sim}}; \quad (5)$$

$$\Delta p = 0,32 \delta^3 a_{\sim}^2 a_{\parallel}^2 \delta \frac{\Phi_0 x^3}{S_e^2 R^2 R_{\parallel}}. \quad (6)$$

Возвращаясь к неравенству (4), найдем смещение массы сейсмографа, при котором система оказывается неустойчивой:

$$x_m = 1,78 \frac{n_0}{a_{\sim} a_{\parallel} \delta} \sqrt{\frac{m R_{\parallel}}{a_{\parallel} \delta \delta}} \frac{R_{\sim} S_e^2}{\varphi_0}. \quad (7)$$

Исключая из формул (3) и (7)  $R_{\sim} S_e^2$ , найдем:

$$\mathfrak{M} = 2,38 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{n_0 \Phi_0 L a_{\sim} \eta}{x_m}} \sqrt{\frac{R_{\parallel} m a_{\parallel} \sigma}{\delta}}.$$

Обозначим:

$S_m$  — сечение магнита;

$l_m$  — его длина;

$\mu_m$  — обратимая проницаемость материала магнита;

$B_2$  — индукция в материале магнита;

$V_m$  — объем магнита;

$\gamma$  — плотность его материала.

Кроме того, положим:

$$R_{\parallel} = \beta_1 \frac{l_m}{\mu_m S_m};$$

$$m = \beta_2 V_m \gamma.$$

$$\varphi_0 = S_m B_2.$$

где  $\beta_1$  и  $\beta_2$  — численные коэффициенты, зависящие от конструкции прибора.

Подставив эти равенства в выражение для  $\mathfrak{M}$ , найдем:

$$\mathfrak{M} = 2,38 \cdot 10^4 C_w \sqrt{\frac{n_0 L B_2}{x_m \sqrt{\mu_m}}} \sqrt{V_m}; \quad (8)$$

$$C_w = \sqrt{\frac{a_{\sim} \eta}{\beta_1 \beta_2 \gamma a_{\parallel} \delta}}. \quad (9)$$

Для большинства случаев можно принять  $\beta_1\beta_2 \cong 3$ . Таким образом, все величины, входящие в формулу (9), определяются выбором схемы. Подсчитывая, получим для четырех рассматриваемых схем:

№ схем	$\alpha_{\infty}$	$\eta$	$\alpha_{\parallel}$	$\delta$	$\delta'$	$C_w$
I	$1/4$	1	1	4	2	0,9
II	$1/2$	1	$1/2$	2	2	2,6
III	1	2	$1/2$	4	4	2,6
IV	$1/2$	1	$1/2$	2	2	1,3

В этой таблице  $\alpha_{\infty}$ ,  $\alpha_{\parallel}$  и  $\delta$  — численные коэффициенты из уравнений на стр. 4;  $\eta$  — число не связанных между собой обмоток сейсмографа;  $\delta$  — число полюсов прибора, тянущих в одну сторону, а  $C_w$  рассчитано по формуле (9) из предположения,  $\beta_1\beta_2 = 3$   $\gamma = 7,8$ .

Однако,  $n_0 L$  и  $x_m$  задаются назначением сейсмографа, а  $\beta_2$  и  $\mu_m$  определяются выбором материала для магнита.

Таким образом, если заданы основные параметры сейсмографа и материал для магнита, то коэффициент электромеханической связи в сущности определяется объемом его магнита.

Из последнего столбца приведенной таблицы следует, что по признаку устойчивости, под действием отрицательной упругости силы притяжения между полюсами, и по признаку чувствительности наиболее выгодны схемы сейсмографов Хейланда и Шнирмана.

## § 2. Оценка устойчивости сейсмографа при изменении температуры

Напишем условие равновесия сейсмографа:

$$mg = k_0 x - p.$$

Полагая  $p \cong p'x$  и помня, что  $k_0 - p' = n_0^2 m$ , найдем:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{p' + n_0^2 m}{n_0^2 m} g \alpha,$$

где  $\alpha$  — температурный коэффициент упругости пружин.

При низкой собственной частоте прибора  $n_0^2 m \ll p'$  имеем:

$$\frac{dx}{dt} \cong \frac{p' g \alpha}{n_0^2 m}.$$

С другой стороны, из формул (3) и (5) следует:

$$p' = C_p \frac{M^2}{L};$$

$$C_p = \frac{5\delta}{\delta \alpha_{\infty} \eta} \cdot 10^{-10}. \quad (11)$$

Таким образом

$$\frac{dx}{dt} = C_p \frac{\mathfrak{M}^2 ag}{n_0^2 mL} \quad (11)$$

Получается, что температурная устойчивость сейсмографа, при прочих равных условиях, определяется его основными параметрами и зависит от выбора схемы.

Подставив в формулу (10) значения коэффициентов, найдем: для первой и четвертой схем  $C_p = 1 \cdot 10^{-9}$  и для схем Хейланда и Шнирмана  $C_p = 0,25 \cdot 10^{-9}$ . Стало быть, и по признаку устойчивости нульпункта при изменении температуры эти две схемы оказываются наиболее выгодными.

Следует отметить, что для сейсмографа типа CU2 со стальными пружинами и имеющего

$$\mathfrak{M} \cong 10^8 \frac{b \cdot \text{сек}}{\text{см}} \quad L = 2,5 Hn_0 \cong 300 \frac{1}{\text{сек}}, \\ m \cong 1000 \text{ г} \quad \text{и} \quad a \cong 2 \cdot 10^{-4}$$

очень хорошая температурная устойчивость обеспечивается автоматически, так как в этом случае из формулы (11) найдем:

$$\frac{dx}{dt} \cong 4 \cdot 10^{-8} \frac{\text{см}}{\text{град}}.$$

К сожалению, положение меняется при желании получить

$$\mathfrak{M} \cong 2 \cdot 10^9 \frac{b \cdot \text{сек}}{\text{см}} \quad \text{и} \quad n_0 \cong 60 \frac{1}{\text{сек}},$$

то теперь получится

$$\frac{dx}{dt} \cong 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{см}}{\text{град}}.$$

Такой прибор окажется не годным для практической работы, так как его масса будет смещаться почти на 0,5 мм при изменении температуры на  $10^\circ$ .

Таким образом, при осуществлении низкочастотного и чувствительного сейсмографа применение эливарных пружин оказывается неизбежным.

### Глава III

#### РАСЧЕТ ЗАТУХАНИЯ

Со значительным приближением можно считать, что в сейсмографе, наполненном маслом, сила затухания создается за счет трения, сопровождающего выдавливание жидкости из рабочих зазоров прибора.

Исходя из этого предположения и считая движения жидкости ламинарными, легко решить уравнения Пуазеля для данного случая и получить выражение для силы затухания при двух связанных зазорах:

$$\mathfrak{D} = 16 \frac{\rho^4}{h^3 \eta} \mu \frac{1 + 3 \left( \frac{x}{h_{\text{жс}}} \right)^2}{\left[ 1 - \left( \frac{x}{h_{\text{жс}}} \right)^2 \right]^3}, \quad (13)$$



где  $\mathcal{N}$  — сила затухания;  
 $h_{жс} + x$  — высота одного зазора;  
 $h_{жс} - x$  — высота другого зазора;  
 $\mu$  — абсолютная вязкость;  
 $\rho$  — зависит от формы зазора.  
 Для круглой пластинки с радиусом  $r$

$$\rho^4 = r^4 \frac{\pi}{4}.$$

Для квадрата со стороной  $2a$

$$\rho^4 = a^4 \frac{4}{3}.$$

Для прямоугольника со сторонами  $2a$  и  $2b$

$$\rho^4 = a^5 \frac{3 + \left(\frac{a}{b}\right)^2}{6b} + b^5 \frac{3 + \left(\frac{b}{a}\right)^2}{6a}$$

Пользуясь известными формулами, легко получим коэффициент затухания для сейсмографа с четырьмя зазорами:

$$\alpha_t = \frac{32\rho^4 \mu_t}{h_{жс}^3 h_0 m} \frac{1 + 3 \left(\frac{x}{h_{жс}}\right)^2}{\left[1 - \left(\frac{x}{h_{жс}}\right)^2\right]^3}. \quad (14)$$

#### Глава IV

#### РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ СЕЙСМОГРАФА

Приведенные выкладки и рассуждения позволяют построить схему конструкторского расчета сейсмографа.

Эта задача естественно распадается на три части. Прежде [всего, необходимо, выбрав материал для магнита, пружин, магнитопроводов и т. д., рассчитать, хотя бы в первом приближении, основные размеры прибора. Затем, пользуясь найденными размерами, необходимо составить чертёж общего вида сейсмографа. Наконец, по чертежу общего вида следует выполнить контрольный расчет сейсмографа.

Будем считать заданными:

- $n_0$  — собственную частоту системы;
- $\alpha_t$  и  $\alpha_{t+\Delta t}$  — коэффициенты затухания при крайних температурах;
- $x_m$  — критическое смещение массы прибора;
- $L_m$  — самоиндукцию обмотки;
- $\mathfrak{M}$  — коэффициент электромеханической связи;

Кроме того, введем обозначения, где

- $B_r$  и  $\mu_m$  — индукция и проницаемость материала магнита;
- $B_{жс}$  и  $\mu_{жс}$  — индукция и проницаемость железа;
- $\mu_t$  и  $\mu_{t+\Delta t}$  — вязкости масла при крайних температурах, причем должно соблюдаться условие:

$$\frac{\mu_t}{\mu_{t+\Delta t}} \leq \frac{\alpha_t}{\alpha_{t+\Delta t}};$$

$h_{жс}$  — высота зазора затухания;

$h_m$  — высота магнитного зазора.

Будем также считать, что масса сейсмографа примерно в два раза больше массы магнита, а сопротивление переменному потоку примерно в шесть раз больше сопротивления рабочего зазора.

Теперь, воспользовавшись найденными ранее сопротивлениями, можно определить:

объем магнита

$$V_m = 2,55 \mathfrak{M}^2 \frac{x_m \sqrt{\mu_m}}{n_0 B_r L} 10^{-10} \text{ см}^3 \quad (\text{I})$$

массу сейсмографа

$$m \cong 2V_m \gamma \text{ gr}; \quad (\text{II})$$

сечение зазора

$$S_b \cong 2 \div 3 \sqrt{\frac{h_{жс}^3 n_0 m a_t}{32 \mu_t}}; \quad (\text{III})$$

поток через магнит

$$\varphi_0 = 0,69 \cdot 10^{-4} \mathfrak{M} \sqrt{\frac{S_b h_m}{L}}; \quad (\text{IV})$$

сечение магнита

$$S_m = \frac{\Phi_0}{B_r} \quad (\text{V})$$

длину магнита

$$l_m = \frac{V_m}{S_m}; \quad (\text{VI})$$

сечение магнитопровода

$$S_{жс} = \frac{\Phi_0}{2B_{жс}}; \quad (\text{VII})$$

число витков в обмотке

$$n = 2,17 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{h_m L}{S_b}}. \quad (\text{VIII})$$

Таким образом, с помощью формул (I) — (VIII) определяются основные размеры прибора, пользуясь которыми можно составить чертеж общего вида сейсмографа.

Рассчитывая по чертежу, легко определить:

$R_m$  — сопротивление магнита;

$R$  — сопротивление зазора;

$R_k + 2R_{жс}$  — сопротивление магнитопровода;

$2a$  и  $2b$  — стороны рабочего зазора;

$m$  — массу сейсмографа.

Таким образом, для контрольного расчета можно воспользоваться следующей таблицей формул:

сопротивление переменному потоку

$$R_{\sim} = 4R \div 4R_{жс} + 2R_k; \quad (\text{IX})$$

сопротивление постоянному потоку

$$R_{11}R = R_m + R + R_h + \frac{1}{2}R_{жс}; \quad (X)$$

приведенный радиус

$$\rho^4 = a^5 \frac{3 + \left(\frac{a}{b}\right)^2}{6b} + b^5 \frac{3 + \left(\frac{b}{a}\right)^2}{6a}; \quad (XI)$$

коэффициент электромеханической связи

$$\mathfrak{M} = 3,56 \cdot 10^4 \frac{\Phi_0}{S_b} \sqrt{\frac{L}{R_{\infty}}} \quad (XII)$$

критическое смещение массы

$$X_m = 0,63 \frac{n_0 R_{\infty} S_b^2}{\Phi_0} \sqrt{m R_{11}}; \quad (XIII)$$

коэффициент затухания

$$\alpha_t \geq \frac{32\rho^4 \mu_t}{h_{жс}^2 n_0 m}; \quad (XIV)$$

температурный коэффициент нуляпункта\*

$$\frac{dx}{dt} = 0,5 \cdot 10^{-12} \frac{\mathfrak{M}^2}{n_0^4 m L} \quad (XV)$$

## Глава V

### ПРИМЕР РАСЧЕТА

Применим приведенную схему расчета к конкретному случаю. Зададимся

$$\begin{aligned} n_0 &= 60 \text{ 1/сек}, \quad L = 3H, \quad h_m = 0,2 \text{ см} \\ \alpha_{+5} &\leq 5, \quad \mathfrak{M} \cong 15 \cdot 10^8 \text{ в сек/см}, \quad X_m \geq 0,15 \text{ см}; \\ \alpha_{+40} &\geq 1, \quad h_{жс} \geq 0,05 \text{ см}. \end{aligned}$$

Для магнита примем сталь „Магнито“ с  $B_r \cong 10^4 G$  и  $\mu_m \cong 2,5$ , для магнитопровода возьмем сталь „Армко“ с  $B_{жс} \cong 1,3 \cdot 10^4 G$ ,  $B_{max} \cong 1,5 \cdot 10^4 G$  и  $\mu_{жс} \cong 750$ . Для заполнения примем трансформаторное масло с  $\mu_{+5} = 0,42$  и  $\mu_{+40} = 0,088$ .

Тогда, пользуясь формулами (I) — (VIII) найдем:

Объем магнита . . . . .	$V_m \cong 80 \text{ см}^3$
Масса сейсмографа . . . . .	$m \cong 1300 \text{ г}$
Сечение рабочего зазора . . . . .	$S_b = 5 \text{ см}^2$
Магнитный поток через сейсмограф . . . . .	$\Phi_0 = 5,8 \cdot 10^4 G$
Сечение магнита . . . . .	$S_m = 5,8 \text{ см}^2$
Длина магнита . . . . .	$l_m = 13,8 \text{ см}$
Сечение магнитопровода . . . . .	$S'_{жс} = 2,2 \text{ см}^2$
Сечение полюсных башмаков . . . . .	$S''_{жс} = 3,9 \text{ см}^2$
Число витков в обмотке . . . . .	$n = 7200$

\* В формулах (I) — (XV) коэффициенты вычислены для схемы Шнирмана и для эливарных пружин.

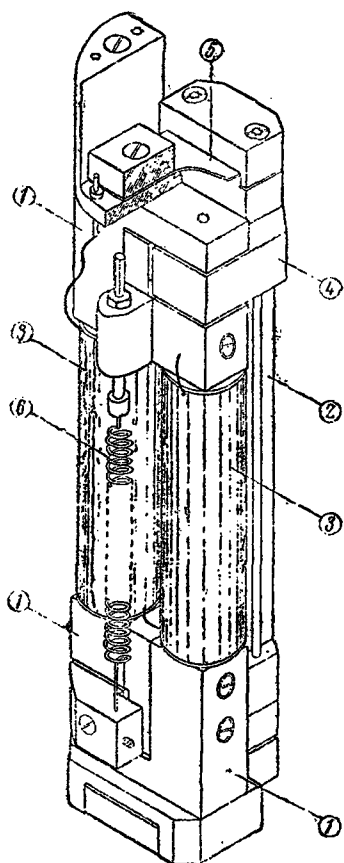
На фиг. 5 приведен общий вид сейсмографа, удовлетворяющего найденным размерам.

Рассчитывая по чертежу, получим

$$R_m = 1,15, \quad 2a = 2,5 \text{ см},$$

$$R = 0,04, \quad 2b = 2 \text{ см},$$

$$R_k + 2R_{эс} = 0,03 \quad m = 1200 \text{ г.}$$



Фиг. 5. Сейсмограф  
СП-45

- 1 — магнитопровод — армо;  
2 — магнит — магнито 627;  
3 — обмотка; 4 — плоской на-  
конечник; 5 — плоская пру-  
жина — элинвар; 6 — регули-  
ровочная пружина — элин-  
вар.

Далее пользуясь формулами (IX) и (XV), вычислим:

Коэффициент электромеханической связи . . . . .  $\mathfrak{M} = 14,3 \cdot 10^8 \text{ в сек/см}$

Критическое смещение массы . . . . .  $X_m = 0,13 \text{ см}$

Коэффициент затухания . . . . .  $\alpha_{+5} \cong 4,5 \text{ и } \alpha_{+40} \cong 0,9$

Температурный коэффициент нуля . . . . .  $\frac{dx}{dt} = 0,25 \cdot 10^4 \text{ см в } ^\circ\text{град}$

Таким образом, контрольный расчет удовлетворительно сходится с заданным, и начальная часть задачи конструктора может считаться выполненной.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из изложенного следует, что, повидимому, существует возможность построить сейсмограф с чувствительностью почти в 20 раз больше существующих, при неизменном весе системы, или соответственно выиграть в весе, сохраняя чувствительность.

Осуществление такого прибора было бы серьезным достижением. Именно эта задача и должна быть следующим этапом предпринятой работы.