

А. Г. ГРИГОРЕНКО

ДИСТАНЦИОННЫЙ КРЕНОМЕТР

Дистанционный кренометр представляет собой усовершенствование ранее предложенного автором прибора [1] и предназначен для измерения приращения крена инженерных сооружений. Опытный образец кренометра изготовлен в экспериментальных мастерских Днепропетровского инженерно-строительного института.

Датчиком прибора является электрический конденсатор, одна из пластин которого крепится к его основанию, а другая — к нижней части маятника. Маятник прибора представляет собой металлический параллелепипед размерами $10 \times 10 \times 1,5$ см, в верхнюю грань которого вмонтирована треугольная призма из высокопрочной стали. Рабочие части лезвия, образующие ось качания маятника, располагаются на боковых частях призмы.

Штатив кренометра состоит из основания трапециевидной формы (основание — 26 см, высота — 26 см, верхняя — грань 6 см) и вертикальных стоек. На концах стоек укреплены гнезда, также из высокопрочной стали; эти гнезда служат опорой для лезвий призм маятников.

На одном штативе перпендикулярно друг к другу подвешивается два маятника, что дает возможность с помощью одного прибора измерять приращения кренов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Установка кренометра в рабочее положение производится с помощью трех подъемных винтов. От внешних воздействий маятники предохраняются колпаком.

Если кренометр установить на сооружении, которое подвержено крену, то вместе с ним будет наклоняться и сам инструмент. Маятники под действием силы тяжести все время будут находиться в отвесном положении. Следовательно, зазор между пластинами конденсатора будет изменяться, что повлечет за собой изменение его емкости.

Для измерения изменений емкости применен известный из радиотехники измеритель малых емкостей [2].

В основу работы такого прибора положена зависимость

$$I = f(c), \quad (1)$$

где I — ток в измерительном приборе; c — емкость конденсатора кренометра.

Диапазон измерения емкости таким прибором находится в пределах от 10—20 до 100 нФ и зависит от емкости контрольных конденсаторов, по которым устанавливается цена деления шкалы измерительного прибора.

Принципиальная схема такого прибора представлена на рис. 1. Здесь P_1 — переключатель рода работы. Контрольные емкости $C_5—C_6$ предназначены для проверки начала шкалы, а емкости $C_7—C_8$ — для проверки конца шкалы. Переменное сопротивление R_1 служит для балансировки мостовой схемы, а R_5 — для регулировки чувствительности.

Конденсатор кренометра подключают к зажимам C , а переключатель Π_1 ставят в правое положение и сопротивлением R_5 добиваются максимальной чувствительности прибора (устанавливают стрелку микроамперметра на конечное деление шкалы). Затем переключатель Π_1 переводят в среднее положение и сопротивлением R_1 стрелку микроамперметра устанавливают на нуль шкалы.

После этого переключатель Π_1 фиксируют в левом положении и по шкале микроамперметра отсчитывают показание.

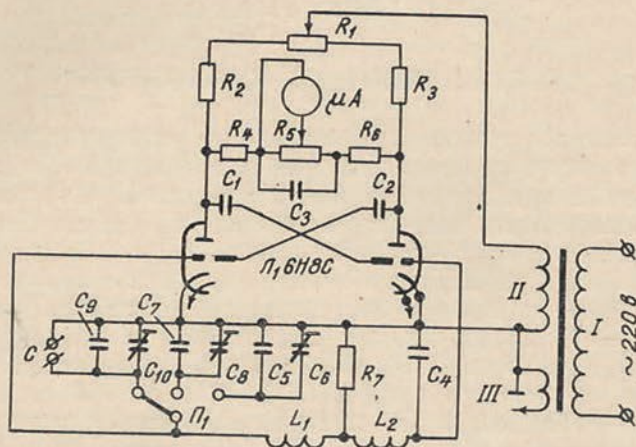


Рис. 1. Электрическая схема измерителя.

Величины электрических деталей регистрирующего прибора следующие:

$$R_1 = R_5 = 20 \text{ ом}; \quad R_2 = R_3 = R_4 = R_6 = R_7 = 15 \text{ ом};$$

$$C_1 = C_2 = C_4 = 330 \text{ нф}; \quad C_5 = C_9 = 310 \text{ нф}; \quad C_7 = 410 \text{ нф}; \quad C_6 = C_8 = C_{10} = 8 \div 25 \text{ нф}$$

Для повышения точности измерений прибор необходимо питать стабилизированным напряжением.

Известно, что емкость конденсатора

$$c = \frac{S}{4\pi a}, \quad (2)$$

где S — площадь пластин конденсатора; a — зазор между пластинами.

Отклонению маятника кренометра на угол $\Delta\varphi$ будет соответствовать изменение зазора между пластинами конденсатора на величину Δa . Соответствующее изменение емкости получим из (2) путем дифференцирования:

$$dc = -\frac{S}{4\pi a^2} da, \quad (3)$$

или, с учетом (2), находим

$$dc = -\frac{1}{a} c da. \quad (4)$$

Учитывая, что перемещения незначительны, равенство (4) можем переписать в виде

$$\Delta c = -\frac{1}{a} c \Delta a. \quad (5)$$

С другой стороны,

$$\Delta a = r \Delta \varphi, \quad (6)$$

где r — расстояние от оси качания маятника до центра пластин конденсатора.

Тогда из равенства (5) и (6) получаем

$$\Delta \varphi = -\frac{a}{cr} \Delta c. \quad (7)$$

Обозначим

$$-\frac{a}{cr} = K \quad (8)$$

и назовем ее постоянной кренометра. Величина Δc есть разность емкостей между моментами наблюдений и равна

$$\Delta c = c_2 - c_1. \quad (9)$$

Следовательно, равенство (7) примет вид

$$\Delta \varphi = K(c_2 - c_1). \quad (10)$$

Отсюда видно, что крен сооружения пропорционален показанию микроамперметра регистрирующего прибора. Поэтому равенство (10) можно представить в виде

$$\Delta \varphi = N(S_2 - S_1), \quad (11)$$

где N — цена одного деления шкалы микроамперметра в *сек. дуги/дел*; S_1 — отсчет по шкале микроамперметра в первом цикле наблюдений; S_2 — отсчет по шкале микроамперметра во втором цикле наблюдений.

Цена деления N легко определяется на обычном геодезическом экзаменаторе.

В результате лабораторных исследований кренометра оказалось, что шкала микроамперметра не является линейной, что наглядно доказывается с помощью графика градуировки прибора (рис. 2). Это также видно из формулы (2).

В связи с этим, точность измерения приращения кренов на разных участках шкалы микроамперметра различна и находится в пределах $2'',0-0'',4$.

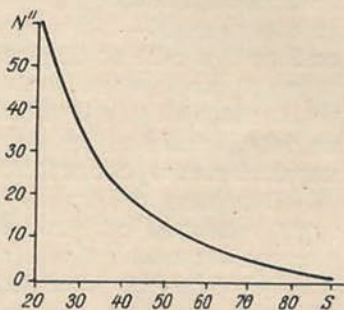


Рис. 2. График градуировки кренометра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоренко А. Г. Об исследовании крена сооружений. Известия вузов, «Строительство и архитектура», вып. 10, 1965.
2. Цветнов С. Измеритель малых емкостей. «Радио», 1965, № 2.

Работа поступила
12 ноября 1968 года