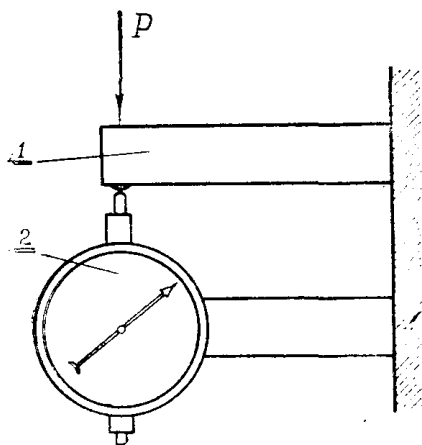


## ВЛИЯНИЕ ПРИРОСТА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСИЛИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ УПРУГОГО ДИНАМОМЕТРА

Г. Л. КУФАРЕВ

(Представлено проф. докт. техн. наук А. М. Розенбергом)

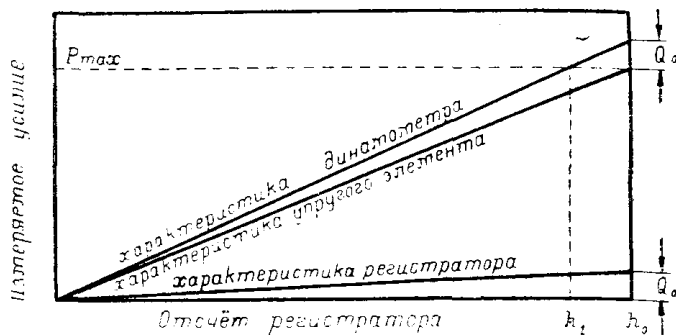
Упругим динамометром будем называть такой динамометр, в котором усилие измеряется по величине перемещения какого-либо упругого элемента под действием измеряемой силы. Так, на принципиальной схеме упругого динамометра (фиг. 1) величина силы  $P$  оценивается по перемещению упруго изгибающейся балки 1, которое фиксируется регистратором 2.



Фиг. 1

Если перемещение упругого элемента измеряется таким способом, при котором прирост измерительного усилия, т. е. усилия, необходимого для перемещения регистратора, ничтожно мал, то характеристика динамометра будет совпадать с характеристикой деформируемого упругого элемента (под характеристикой динамометра понимается связь между измеряемым усилием  $P$  и отсчетом регистратора  $h$ ). Если же прирост измерительного усилия регистратора  $Q_0$  при измерении силы до ее максимального значения  $P_{max}$  оказывается существенным по сравнению с измеряемой силой, то характеристика динамометра будет определяться как сумма характеристик упругого элемента и регистратора и расположится более круто (фиг. 2). В этом случае нагружению упругого элемента силой  $P_{max}$  будет соответствовать отсчет регистра-

ра будет определяться как сумма характеристик упругого элемента и регистратора и расположится более круто (фиг. 2). В этом случае нагружению упругого элемента силой  $P_{max}$  будет соответствовать отсчет регистра-



Фиг. 2

тора  $h_1$  меньший, чем  $h_0$ , который имел бы место при отсутствии прироста измерительного усилия.

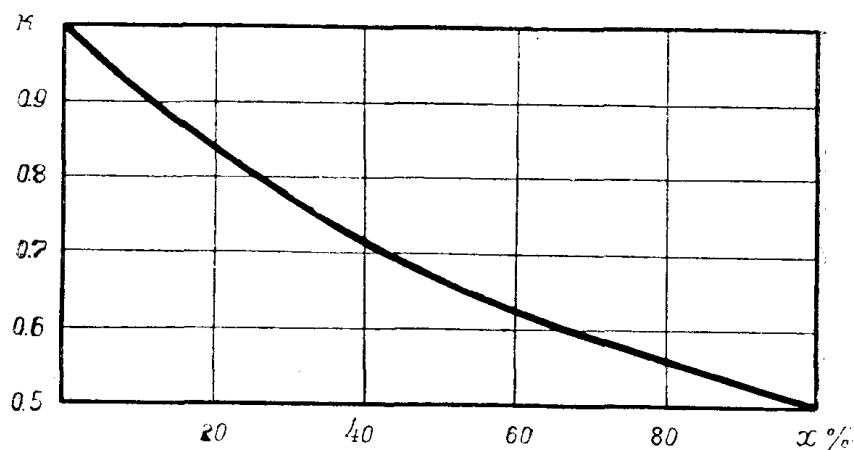
Нетрудно подсчитать, какую долю отсчет  $h_1$  составит от величины  $h_0$ . Пусть сила  $Q_0$  составляет  $x$  процентов от  $P_{max}$ , т. е.

$$Q_0 = \frac{x}{100} \cdot P_{max}.$$

Тогда

$$k = \frac{h_1}{h_0} = \frac{P_{max}}{P_{max} + Q_0} = \frac{1}{1 + \frac{x}{100}}.$$

Графически эта зависимость представлена на фиг. 3.



Фиг. 3

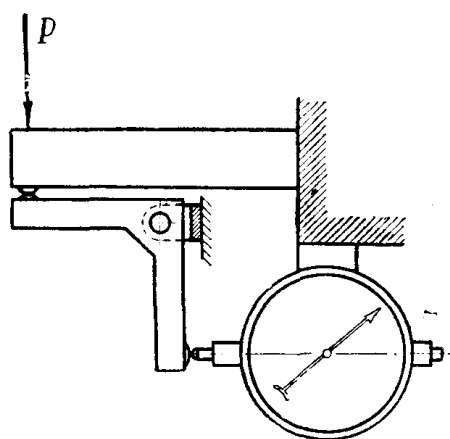
Если передача упругого перемещения на регистратор будет осуществляться через равноплечий рычаг (фиг. 4), то характеристика динамометра останется прежней, так как и в этом случае прирост измерительного усилия при максимальной нагрузке  $P_{max}$  будет равен  $Q_0$ .

В ряде случаев, когда желательно увеличить чувствительность динамометра, упругое перемещение передается на регистратор через увеличивающий механический рычаг. При этом следует иметь в виду, что не всегда постановка в схему упругого динамометра увеличивающего механического рычага ведет к повышению его чувствительности.

О рациональности применения для этой цели механического рычага можно говорить лишь в приложении к конкретному случаю измерения силы конкретным регистратором.

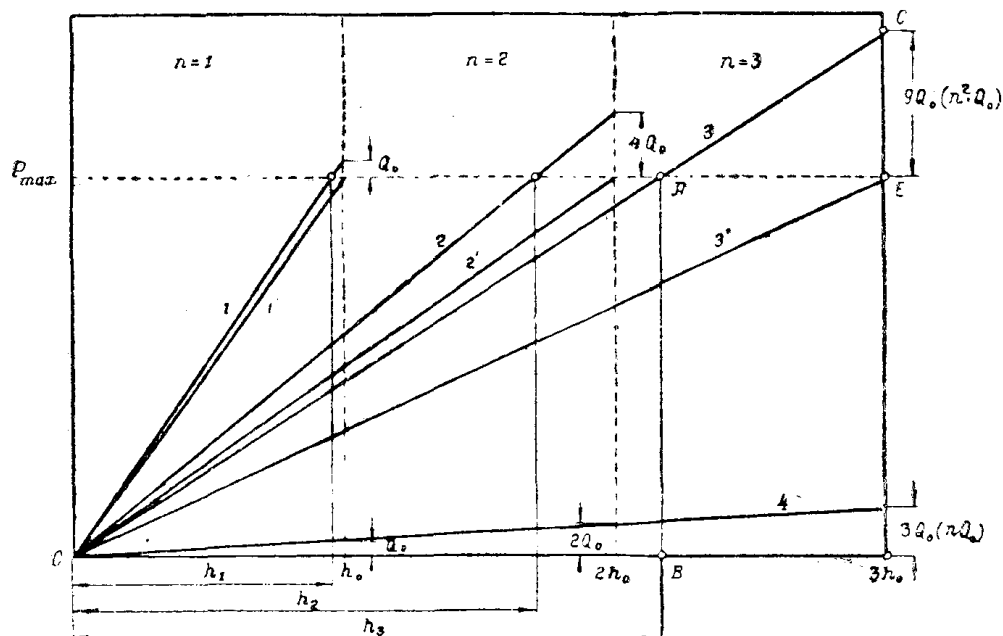
Пусть (фиг. 5) максимальное измеряемое усилие равно  $P_{max}$  кг.

Под действием силы  $P_{max}$  упругий элемент динамометра прогибается на величину  $h_0$ . Измерение перемещения  $h_0$  данным регистратором требует прироста измерительного усилия на величину  $Q_0$  кг, что составляет  $x$  процентов от максимального измеряемого усилия  $P_{max}$ .



Фиг. 4

Прямые 1', 2', 3' являются характеристиками динамометра при передаточном отношении механического рычага  $n=1, 2, 3$  в случае, если бы для измерения получаемых перемещений  $h_0, 2h_0, 3h_0$  не требовалось увеличения измерительного усилия.



Фиг. 5

Прямые 1, 2, 3 являются действительными характеристиками динамометра с регистратором, требующим прироста измерительного усилия на величину  $Q$  кг при измерении перемещения  $h_0$ .

Прямая 4 является характеристикой регистрирующего прибора.

Характеристики 2 и 3 получаются таковыми в результате того, что удвоенная или утроенная сила  $Q_0$ , которая соответствует удвоенной или утроенной величине  $h_0$  за счет механического рычага, еще раз удваивается или утраивается при передаче на упругий элемент через рычаг с соотношением плеч 2/1 или 3/1. Таким образом, из фиг. 5 следует, что при измерении постоянной силы  $P_{max}$  в случае, когда прирост измерительного усилия оказывается существенным, отсчет регистрирующего прибора ( $h_1, h_2, h_3$ ) растет медленнее, чем передаточное число рычага ( $n=1, 2, 3$ ). Подобным же образом можно рассуждать в общем случае, когда передаточное отношение механического рычага равно  $n$ .

В этом случае величина  $k$  определится следующим образом:

$$k = \frac{h}{h_0} = \frac{n P_{max}}{P_{max} + n^2 Q_0} = \frac{n}{1 + n^2 \frac{x}{100}} \quad (1)$$

Графически эта зависимость для  $x=0, 1, 2, 5, 10\%$  представлена на фиг. 6.

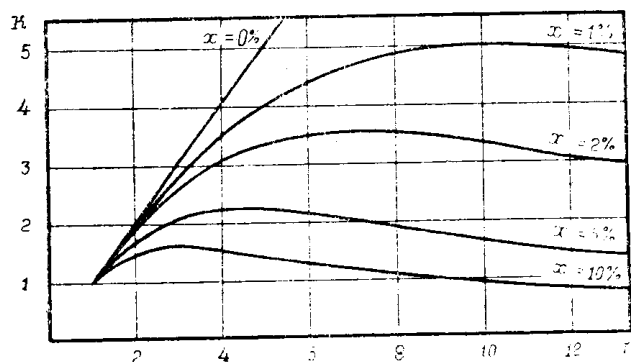
Из графика следует, что при каждом данном значении  $x$  увеличивать  $n$  имеет смысл лишь до определенного предела ( $n_{k_{max}}$ ), которому соответствует максимально возможное увеличение  $k_{max}$ .

Исследуя зависимость (1) на максимум, получим

$$n_{k_{max}} = \frac{10}{\sqrt{x}}$$

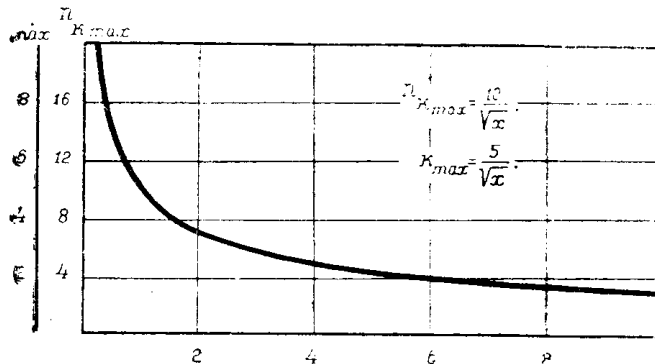
Подставляя это значение  $n$  в зависимость (1), найдем

$$k_{max} = \frac{10}{2\sqrt{x}} = \frac{n_{k_{max}}}{2}$$



Фиг. 6

Фиг. 7 позволяет для каждого значения  $x$  сказать, какое увеличение можно получить с помощью механического рычага и каким следует для этого выбрать его передаточное отношение.



Фиг. 7

В заключение следует заметить, что все приведенные рассуждения справедливы только в случае прямолинейной характеристики регистратора перемещений и не учитывают возможных потерь в системе динамометра. Если же в системе имеются потери (трение, изгиб рычагов и т. п.), то передаточное отношение  $k$  окажется ниже приведенных значений.