

Проф. Г. В. ТРАПЕЗНИКОВ

**ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ПОПЕРЕЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ и СЖАТИИ**



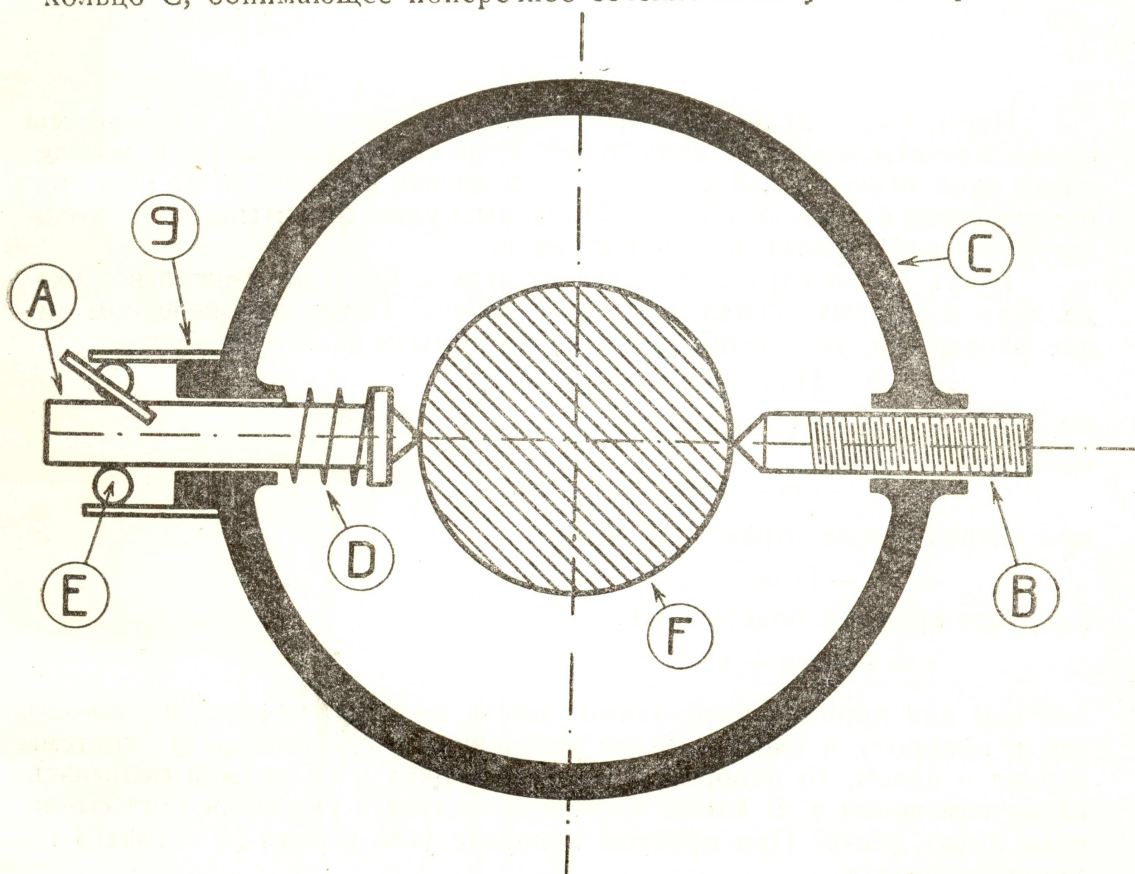
ТОМСК

1928

Прибор для определения поперечных деформаций при растяжении и сжатии.

Ведя в 1925 г. ряд экспериментальных работ по определению связи между упругими и пластическими деформациями, я встретился с необходимостью отсчета поперечных деформаций при растяжении и сжатии с точностью до 0.00002, а, в дальнейшем и до 0.00001 mm. Имеющийся в Механической Лаборатории СТИ прибор Пинегина-Мейера, для определения коэффициента Пуассона, не мог меня удовлетворить, так как он дает, в лучшем случае отсчет до 0.0001 mm. Это заставило меня сконструировать и выполнить прибор, дающий возможность определения деформаций с очень большой точностью. К описанию этого прибора я и перехожу, предпослав описанию конструкции и работы с ним, схему и теоретическое обоснование установки.

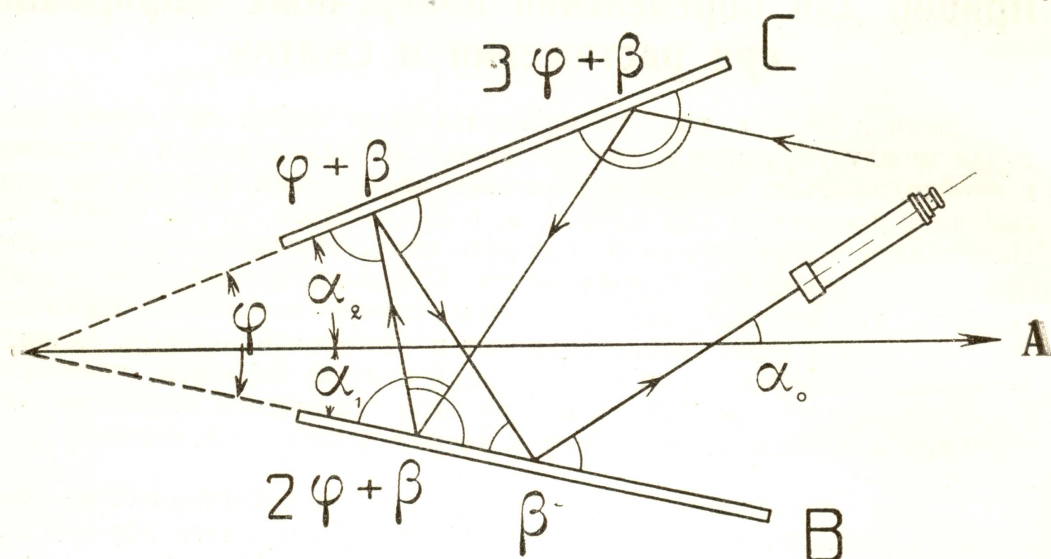
Схема показывает (черт. 1), что прибор представляет из себя кольцо С, обнимающее поперечное сечение испытуемого образца F.



Черт. 1.

Прикрепление к образцу достигается путем нажатия, с одной стороны установочным винтом В и, с другой, стержнем А, прижима-

емым к F пружиной D. К стержню A прижаты два ролика E, с зеркальцами, при помощи плоских пружин G, как это имеет место в приборе Баушингера. Луч от шкалы, прежде чем попасть в зрительную трубу, многократно отражается от зеркал, переходя от одного к другому и обратно. Для определения наилучшей установки зеркал прибора, рассмотрим ход луча в зеркалах.



Черт. 2.

Пусть (черт. 2) A будет некоторая условная ось, от которой мы будем отсчитывать углы хода лучей. Угол раствора зеркал B и C делится этой осью на два угла α_1 и α_2 и назван нами через φ . Ось трубы образует с осью A угол α_0 . Углы мы будем отсчитывать от положительного A, против часовой стрелки.

Пусть число отражений луча от зеркал будет m , считая входа луча в систему зеркал до выхода из нея. Тогда, при нечетном числе отражений, угол вышедшего из системы зеркал луча будет:

$$\alpha = \pi - [(m-1)\varphi + \beta + \alpha_1];$$

но $\beta = \alpha_0 + \alpha_1$ и $\alpha_1 + \alpha_2 = \varphi$

поэтому:

$$\alpha = \pi - (m-1)\varphi - \alpha_0 - 2\alpha_1$$

при четном числе отражений, имеем:

$$\alpha = \pi - [(m-1)\varphi + \beta - \alpha_1]$$

или, при прежней подстановке:

$$\alpha = \pi - m\varphi - \alpha_0$$

так как для прибора необходимо иметь полную нечувствительность его к повороту в плоскости его установки, т. е. к повороту системы зеркал в целом, то поворот всего угла зеркал φ не должен сказываться на изменении α . В каком из этих 2-х случаев указанное обстоятельство имеет место? При простом повороте угла зеркал ($\varphi = \text{const.}$) изменяется угол α_1 .

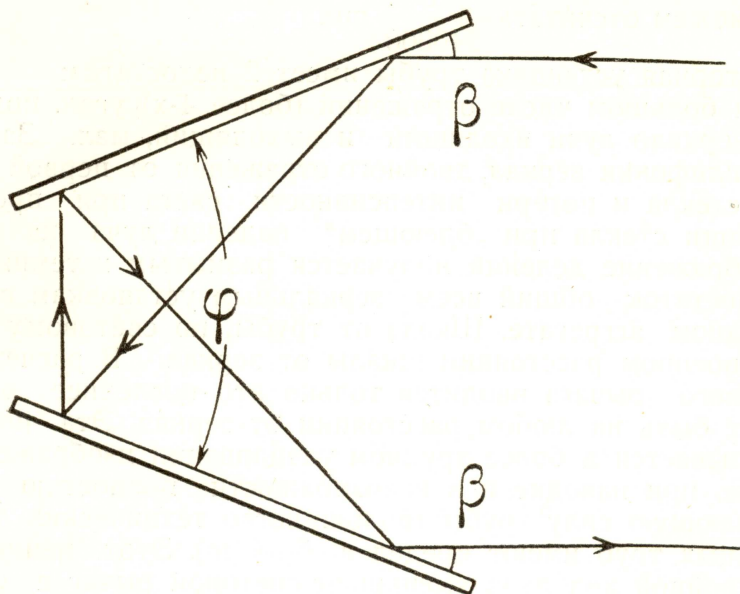
Имеем для приращений углов

$$\Delta \alpha = -2 \Delta \alpha_1 \text{ для нечетного числа отражений, и}$$

$$\Delta \alpha = 0 \text{ для четного.}$$

Отсюда следует, что только в случае четного числа отражений поворот всего прибора (образца или машины) не сказывается на отсчете. Поэтому число отражений обязательно должен быть четным.

Если при наблюдениях, как это почти всегда и делается, шкала прикреплена к трубе, то ось трубы выгоднее всего установить параллельно биссектору угла φ (черт. 3). Найдем угол, который должны



Черт. 3.

иметь зеркала между собой, при параллельности входящего и выходящего лучей.

при m отражениях имеем:

$$\pi - [(m-1)\varphi + \beta] = \beta$$

но здесь $\beta = \frac{1}{2}\varphi$;

поэтому:

$$\varphi = \frac{\pi}{m}$$

Увеличение прибора может быть получено таким образом:

Пусть μ — абсолютная поперечная деформация,

d — диаметр зеркального ролика,

n — число делений шкалы, соответствующее деформации μ ,

L — расстояние от зеркала (первого) до шкалы.

Пишем:

$$\frac{n}{2mL} = \frac{\mu}{d}$$

Увеличение:

$$\gamma = \frac{n}{\mu} = \frac{2mL}{d}$$

В моем приборе: $d = 3 \text{ mm}$

Берем в среднем: $L = 3000 \text{ mm}$.

Тогда

$$\gamma = 2000$$

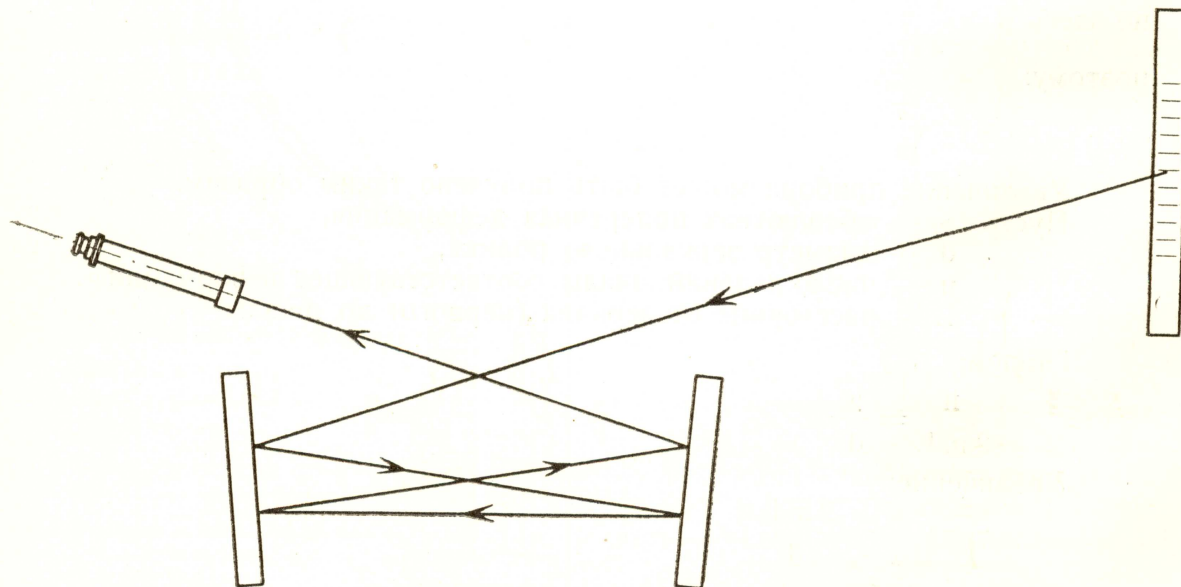
При 6-ти кратном отражении и возможности отсчета (нормальной) — 0.1 mm, имеем отсчет деформации до $\frac{1}{120000}$ mm. Как увидим дальше, при разделении шкалы и трубы мы имеем возможность, при том же видимом размере деления, шкалу отодвинуть вдвое далее; тогда мы сможем отсчитать $\frac{1}{240000}$ mm.

Биссекторная установка трубы имеет 2 недостатка:

1—При большом числе отражений (более 4-х), угол, под которым падают на зеркало лучи входящий и выходящий, мал. За счет неидеальной шлифовки зеркал, двойного отражения от первой и второй плоскости стекла и потери интенсивности света при прохождении большой толщи стекла при „бреющем“ падении луча на плоскость зеркал—изображение делений получается размытым и темным.

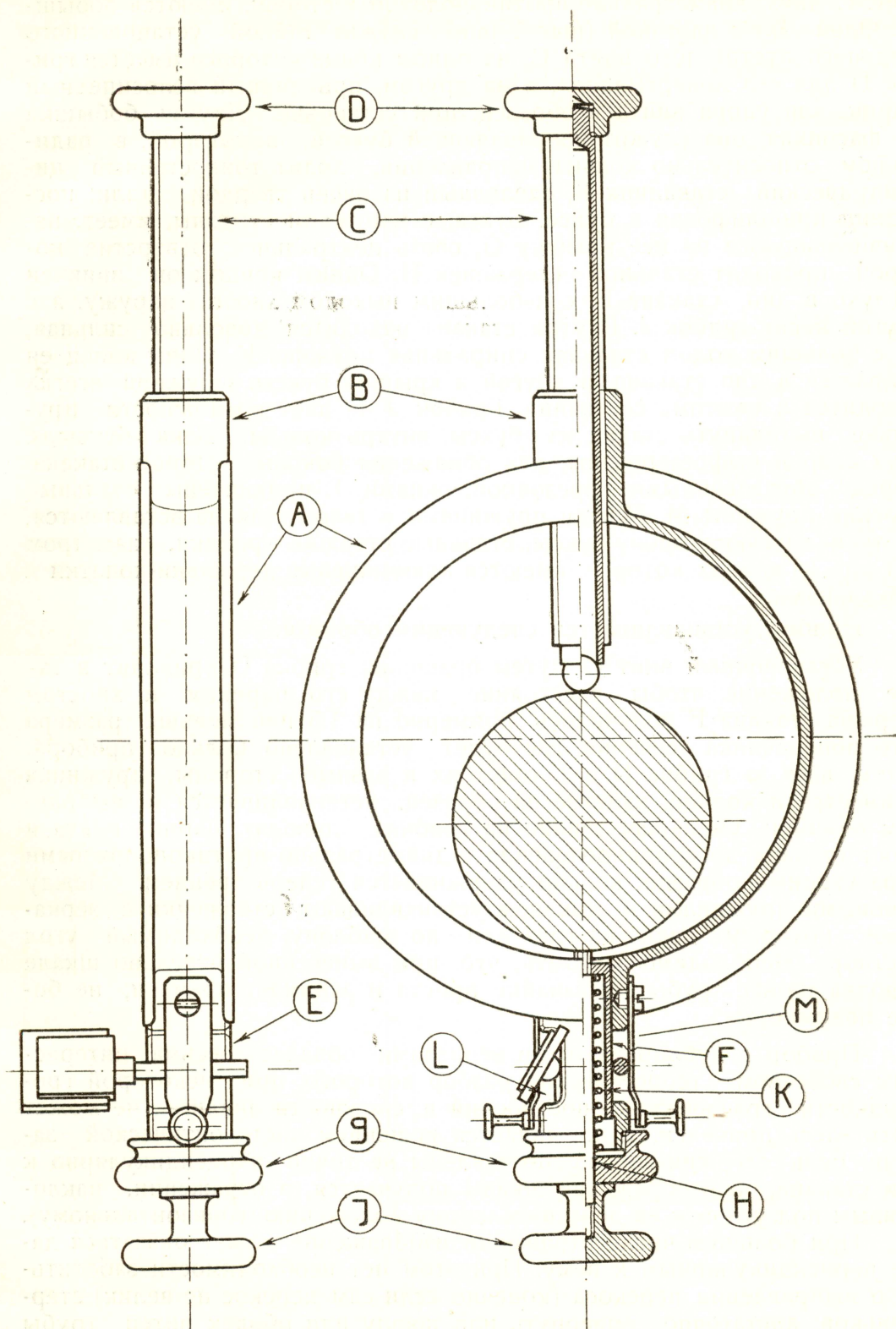
2—Недостаток общий всем зеркальным установкам с трубой и шкалой в одном агрегате. Шкала от трубы, по световому лучу отстоит на удвоенном расстоянии шкалы от зеркал. В расчет же, как плечо светового рычага вводится только это последнее расстояние. Труба может быть на любом расстоянии от зеркал. Эта потеря расстояния сказывается в более трудном улавливании изображения шкалы в зеркале, при наводке и в невозможности полностью использовать разрешающую силу трубы (большинство технических лабораторных зрительных труб имеют предел в 5—6 m). Этот, ненужный совершенно, двойной ход луча уменьшает световой рычаг и уменьшает видимые в трубу деления шкалы, затрудняя, тем самым, определение десятых долей, на глаз.

Все вышеприведенные обстоятельства заставляют отделить шкалу от трубы; такое отделение дает еще тот плюс, что наводка трубы упрощается, при этом, до минимума. Труба ставится вблизи прибора и ось ее располагается почти перпендикулярно к одному из зеркал (черт. 4).



Черт. 4.

При этом световой луч делает с плоскостями зеркал почти прямые углы; изображение получается светлое и резкое и при том же расстоянии шкалы от зеркал, деления шкалы вдвое (почти) большими. Переходим к описанию конструкции прибора. (Черт. 5).



Черт. 5.

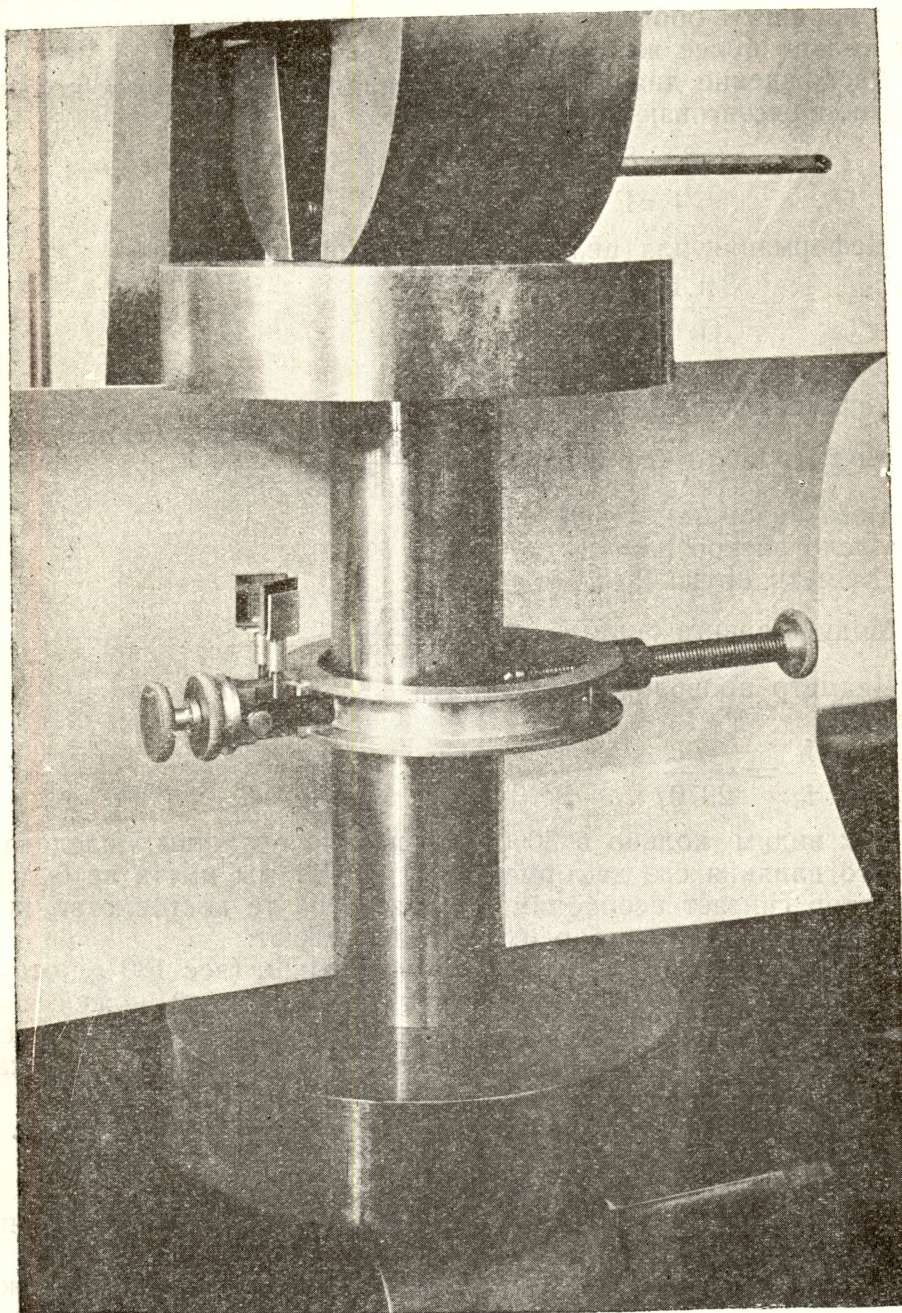
Прибор представляет из себя кольцо А, корытного сечения, отлитое из специально-составленного сплава (алюминий, цинк, мед, серебро) с удельным весом 3.4. Этот сплав тверд, прекрасно полируется, не окисляется во влажном воздухе и имеет серебристо-белый цвет. С двух, диаметрально-противоположных сторон, имеются бобышки. Одна В—с нарезкой (шаг 1 mm) служит гайкой установочного стального пустотелого винта С, на одном конце которого имеется грибок D для его повертывания, а на другом, припаянный велосипедный шарик, для упора винта в образец, при установке. Другая бобышка Е—фасонная; она служит направляющей буксой, в которой, в радиальном относительно кольца направлении, ходит тонкостенный цилиндрический стаканчик F, сделанный из очень твердой стали; последний пришлифован к буксе. Букса, с наружной стороны, имеет, навинчивающуюся на нее крышку G, свозь центральное отверстие которой проходит стальной стерженек H. Одним концом он ввинчен наглухо в дно стакана F, с небольшим выходом хвоста наружу, а с другой несет грибок J. Внутри стакана находится довольно сильная, но с большим ходом стальная спиральная пружина K. Один конец ее упирается в дно стакана, а другой в крышку буксы. Пружина всегда находится в сжатом состоянии. Грибок J не дает возможности пружинке вытолкнуть стакан из буксы, внутрь кольца. Бока буксы, с двух сторон выфрезерованы, для обнажения боковых сторон стакана. Перед образованными фрезой, окнами L привинчены стальные плоские пружины M. Между пружинами и телом стакана вставляются, по ту и другую сторону буксы, стальные стержни—ролики, диаметром в 3 mm, на концах которых имеются алюминиевые державки-лопатки с зеркальцами.

Прибор устанавливается следующим образом:

Установочный винт С, путем вращения грибка D приводят в такое положение, чтобы расстояние между его шариком и хвостом стержня стакана F получилось, примерно на 1.5 mm меньше размера того поперечника сечения, где будет установлено кольцо прибора. Затем, взяв за грибок D и J, тянут их в разные стороны; пружинка сжимается и кольцо, надетое на образец, устанавливается в выбранном сечении; уменьшая усилие на грибках, доводят шарик винта и хвост стакана до соприкосновения с диаметрально противоположными образующими образца; кольцо удерживается теперь трением. Между боковыми пружинами и стаканом устанавливают стерженьки с зеркалами, которым дают, на глаз или по шаблону, необходимый угол раствора. Необходимо заметить, что, при вынесенной отдельно шкале наводка на нее трубы необычайно проста и занимает времени, не более полуминутой.

Прибор с дублированными зеркалами обладает весьма интересным свойством, теоретический разбор которого, при некоторой громоздкости графических построений и сложности анализа не может быть здесь приведен, т. к. является решением чисто оптической задачи. Если стержни зеркал поставлены не точно перпендикулярно к оси стакана, то изображение шкалы получается, в отражении, наклоненным под углом к ее действительному положению (горизонтальному).

При большом числе отражений изображение может оказаться даже перпендикулярным к нему. При этом нет необходимости заботиться о выправлении перекоса (конечно если сам перекося не велик) стерженьков; достаточно повернуть или шкалу или ободок нитей трубы до взаимной параллельности нитей и делений шкалы. Второе, конечно,



Прибор для определения поперечных деформаций при растяжении и сжатии.

проще сделать. Несмотря на перекошенное изображение, шкалы во все время работы прибора, она не выйдет из поля зрения трубы.

Для того, чтобы оценить то влияние, которое может иметь деформация самого кольца, я приведу сравнение деформаций кольца и пружины стакана. При определении деформации кольца мы пренебрежем влиянием бобышек, с тем большим правом, что последние делают кольцо более жестким.

Расхождение диаметрально противоположных точек кольца, под действием растягивающей силы, будет:

$$f_k = \frac{(\pi^2 - 8) R^3}{4 \pi E J} P$$

Деформация для цилиндрической пружины будет:

$$f_n = \frac{8 n D^3}{G d^4} P$$

Здесь, при данных прибора:

Радиус кольца $R = 43.5 \text{ mm}$

Модуль Юнга сплава $E = 8230 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$

Мом. инерции. $J = 581 \text{ mm}^4$

Число витков $n = 12$

Диаметр пруж. $D = 5 \text{ mm}$

Модуль сдвига стали $G = 8300 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$

Диаметр проволоки $d = 0.75 \text{ mm}$

имеем:

$$\frac{f_k}{f_n} = \frac{l}{2970}$$

Как видим кольцо в 3000 раз жестче пружины, следовательно никакого влияния его деформации на отсчет мы иметь не будем.

Автор считает необходимым указать на те достоинства, которые, по его мнению, его прибор и установка имеют:

1—Солидность и легкость конструкции, (вес 180 g) отсутствие нежных и хрупких деталей в виде центриковых осей, ножей, рычагов, что исключает порчу в виде затупления, поломки, гнутия или смятия; отсутствие люфтов. Наиболее деликатная часть прибора—стакан—закрыт со всех сторон.

2—Отсутствие деликатных отделяемых после работы частей. Стерженьки с зеркалами могут не выниматься.

3—Отсутствие необходимости выверки.

4—Возможность работать с любой степенью увеличения при изменении числа отражений.

5—Легкая установка. Один установочный винт и стерженьки, зеркал, устанавливаемые в любом месте стакана.

6—1 труба и 1 шкала, вместо обычного двойного комплекта их. Отсюда, как следствие большая быстрота установки и работы, а значит и меньшая утомляемость экспериментатора.

7—Близость экспериментатора к машине и прибору при отсчетах, что имеет большое значение при работе одному.