

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии машиностроения,  
металлообрабатывающих станков и комплексов

К.В. МАРУСИЧ,  
Л.А. НИКИФОРОВА, А.В. ЭТМАНОВ

# **ЮСТИРОВКА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ  
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ**

Рекомендовано к изданию Редакционно – издательским советом  
государственного образовательного учреждения высшего профессионального  
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2009

УДК 681.2 (07)  
ББК 34.9 я 7  
Ю 90

Рецензент

кандидат технических наук, доцент В.Н. Михайлов

Ю 90      **Юстировка измерительных средств: методические указания для выполнения лабораторной работы / К.В. Марусич, Л.А. Никифорова, А.В. Этманов. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009 – 27 с.**

В методических указаниях рассмотрено понятие юстировка, основные принципы юстировки приборов и конструкции некоторых юстировочных устройств измерительных средств.

Методические указания для выполнения лабораторной работы по дисциплинам «Метрология, стандартизация и сертификация» и «Технические измерения и приборы» предназначены для студентов, обучающихся по специальностям 151001, 151002, 220301, 230104, 150205, 160201 и 160800 для всех форм обучения.

ББК 34.9 я 7

© Марусич К.В., Никифорова Л.А.,  
Этманов А.В., 2009

© ГОУ ОГУ, 2009

## Содержание

Введение.....	4
1 Цель работы.....	5
2 Общие положения.....	5
3 Назначение юстировочных устройств.....	5
4 Основные принципы юстировки.....	7
5 Классификация и краткая характеристика конструкций юстировочных устройств измерительных средств.....	12
5.1 Устройства для установки и настройки измерительных средств в позицию измерения.....	13
5.2 Устройства для установки относительного положения измерительных, опорных, базировочных и рабочих поверхностей измерительных средств.....	17
5.3 Устройства для регулирования перемещений деталей и узлов измерительных средств.....	19
5.4 Устройства для регулирования и стабилизации измерительного усилия.....	20
5.5 Юстировочные устройства для воздействия на точность измерительных средств.....	22
6 Контрольные вопросы.....	25
7 Содержание отчёта.....	26
Список использованных источников.....	27

## Введение

Современное машиностроение характеризуется высокой производительностью и точностью изготовления деталей, сборки узлов, механизмов и машин. Важная роль во всем цикле изготовления продукции отводится вопросам оптимального выбора метода и средств измерения и контроля точностных параметров изделий, их физико-механическим и качественным показателям, параметрам технологических процессов изготовления и испытания.

Поэтому необходимость надлежащей организации контроля и ремонта самих измерительных средств очевидна. Отсюда вытекает основная задача метрологии – обеспечение и поддержание единства измерений.

Решение задачи единства измерений включает совершенствование методов воспроизведения единиц измерений и системы надежной передачи их значений от государственных эталонов до мер и приборов, применяемых в промышленности.

Поверку мер и измерительных приборов проводят на основе определенных инструкций и правил в метрологических институтах и лабораториях по утвержденным в надлежащем порядке графикам. Выбор методики поверки определяется степенью достоверности при приемлемой трудоемкости.

Достоверность измерения на контрольно-измерительных приборах достигается совокупностью операций, среди которых все большее значение приобретает юстировка. Она непосредственно связана с проектированием измерительных средств, разработкой технологических процессов их изготовления, сборкой и контролем, их эксплуатацией и исследованием.

На всех перечисленных этапах перед проектировщиком, конструктором и исследователем возникает множество разнообразных вопросов юстировки, от правильного решения которых во многом зависит технологичность конструкции измерительных средств, их себестоимость, а также качество, надежность и долговечность в работе.

Юстировка нередко представляет сложную техническую задачу. Причина кроется в недостаточной теоретической разработанности отдельных вопросов юстировки приборов, вследствие чего на практике некоторые юстировочные задачи приходится решать опытным путем, который не всегда является наилучшим.

## **1 Цель работы**

Ознакомление с понятием «юстировка», принципами юстировки, юстировочными устройствами. Приобретение навыков юстировки различных измерительных приборов.

## **2 Общие положения**

Измерение – один из древнейших процессов. Достоверность измерения на контрольно-измерительных приборах достигается совокупностью операций, среди которых большое значение занимает юстировка.

Юстировка средств измерений – совокупность операций по доведению погрешностей средств измерений до значений соответствующих техническим требованиям. Юстировка имеет своей целью приведение измерительных средств в рабочее состояние.

Юстировку выполняет инструктор – юстировщик, выявляющий дефекты и осуществляющий поверку исследуемого прибора, и механик-юстировщик, устраняющий дефекты.

Юстировочные устройства – специально предусмотренные в конструкции измерительного средства дополнительные устройства, позволяющие установить такое взаимное положение деталей и узлов автоматического измерительного средства, при котором обеспечивается наиболее эффективная его работа.

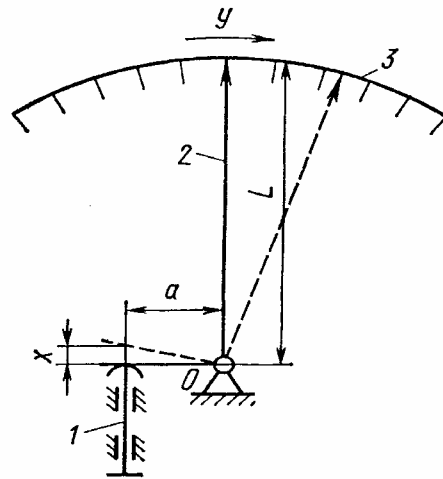
## **3 Назначение юстировочных устройств**

Погрешность показаний приборов, зависит от большого числа параметров, определяющих точность его работы. Это и технологические погрешности, которые вызывают погрешности размеров, погрешность формы и взаимного расположения рабочих поверхностей, и их шероховатость, это погрешности выбора конструктивной схемы прибора и погрешности отсчета по шкале, температурные погрешности и другие.

На всех стадиях производства возникает основная задача – как получить наивысшую оптимальную точность прибора при наименьших затратах.

Например, с целью уменьшения технологических погрешностей показаний прибора можно уменьшить допуски на изготовление деталей прибора. Однако этот путь не всегда является целесообразным.

Рассмотрим рычажную систему, используемую в различных измерительных приборах и преобразователях, представленную на рисунке 1.



1 – измерительный шток; 2 – стрелка; 3 – отсчётная шкала.  
Рисунок 1 – Рычажная передача измерительного прибора

Требуется определить погрешность в расположении опоры O относительно оси измерительного штока 1 при заданной предельной погрешности показаний стрелки 2.

Уравнение связи перемещения измерительного штока  $x$  и указателя  $y$  имеет вид:

$$y = \frac{L}{a} \cdot x,$$

где  $L$  – большое плечо рычага (стрелка);  
 $a$  – малое плечо рычага.

Дифференцируя уравнение по  $a$ , получим:

$$dy = -\frac{Lxd a}{a^2},$$

Предположим, что максимальное отклонение стрелки от нуля равно 50 делениям шкалы 3 ( $y = 50$ ), а предельная погрешность не должна превышать 0,5 деления шкалы. Тогда из выше приведенного уравнения получим:

$$\Delta a = -0,001 \cdot a, \text{ а при } a = 10 \cdot \Delta a = 0,01$$

Получить размер с точностью 10 мкм очень трудно. Иногда сам размер  $a$  принимают равным 0,1 мм, тогда  $\Delta a = 1$  мкм. Выполнить его с такой точностью почти невозможно. Высокое требование к точности в данном случае заставляет искать другие пути решения задачи.

Второй путь снижения влияния технологических погрешностей на показания прибора заключается в том, что при разработке его метрологической схемы и при проектировании предусматривают возможность юстировки, т. е. выверки и регулировки прибора и его узлов при изготовлении и эксплуатации и приведения его к требуемой точности.

В этих случаях детали прибора целесообразно изготавливать в пределах сравнительно больших допусков, но с незначительными погрешностями формы и расположения поверхностей. Точность показаний прибора обеспечивается плавной регулировкой взаимного расположения его деталей и узлов, специальными регулировочными и котирующими устройствами и компенсаторами. Устройства и компенсаторы, кроме компенсации погрешности изготовления и сборки, позволяют компенсировать и износ подвижных деталей в процессе эксплуатации прибора, повышая эффективность его использования.

#### **4 Основные принципы юстировки**

Юстировочные устройства вводят в следующих случаях:

- заданы строгие допуски на замыкающее звено;
- встречаются длинные размерные цепи;
- в размерной цепи имеются звенья, отклонения которых превосходят допуск на замыкающее звено;
- сборочные базы не вполне определены или недостаточно точны;
- в процессе эксплуатации недопустимо нарушается рабочее состояние прибора и требуется его выверка.

Основными причинами, вызывающими необходимость ремонта и юстировки деталей и узлов измерительных приборов, находящихся в эксплуатации, являются следующие:

- износ измерительных наконечников;
- износ контактов отдельных деталей, входящих в узлы, влияющие на передаточное отношение приборов;
- нарушение взаимного расположения деталей или узлов, влияющих на стабильность и точность показаний прибора;
- нарушение плавности взаимного перемещения деталей в приборе;
- нарушение измерительного усилия;
- загрязнение оптических и коррозия металлических деталей;
- поломка деталей;
- неправильная регулировка.

В настоящее время лучше всего разработаны и решены вопросы юстировки оптических приборов, в частности, на первой стадии юстировки – на стадии геометрической юстировки.

Задача геометрической юстировки состоит в том, чтобы установить основные оптические детали и узлы в правильное взаимное положение – в соответствии со схемой оптики. Следующая стадия юстировки, которую можно назвать специальной юстировкой, имеет целью приведение прибора в рабочее состояние с тем, чтобы он удовлетворял всем требованиям технических условий.

Геометрическая юстировка включает выполнение четырех основных операций:

- фокусировку изображения, устранение параллакса шкал и сеток, регулировку масштаба изображения и увеличения оптической системы;

- центрирование узлов системы относительно заданных направлений и осей;

- ориентирование изображений или траекторий его перемещения в поле зрения системы относительно заданного направления или заданной линии;

- обеспечение качества изображения, даваемого оптической системой.

Перечисленные операции, кроме последней, выполняют с помощью малых перемещений и поворотов оптических элементов. Юстировка измерительных приборов для линейных и угловых измерений, включая оптические и оптико-механические, основана на тех же общих принципах.

Рассмотрим основные из этих принципов.

1 Установка положения плоскости детали относительно заданной прямой или плоскости тремя юстировочными винтами. Например, положение плоской миллиметровой шкалы *1* универсального микроскопа, представленного на рисунке 2, по отношению к оптической оси отсчетного микроскопа *2* с окулярным спиральным микрометром регулируется тремя винтами *3*.

Конденсор осветительной системы в старой модели универсального микроскопа, представленный на рисунке 3, устанавливается в определенное положение при помощи фланца с тремя котиловочными винтами.

2 Поступательное перемещение детали в определенном направлении осуществляют одной или двумя парами соосных и направленных друг против друга юстировочных винтов (рисунок 4 *а*). В отдельных случаях в каждой паре один винт может быть заменен пружиной (рисунок 4 *б*).

На таком принципе построена юстировка положения внутренней призмы *1* в корпусе наружной призмы *2* миниметра. Схема представлена на рисунке 5. Перемещение внутренней призмы осуществляют направленными друг против друга юстировочными винтами *3* и *4*, которые имеют обычно резьбу, с мелким шагом. Регулировка малого механического плеча в трубке оптиметра производится одним коти-



вочным винтом 2, расположенным против пружины 1. Схема представлена на рисунке 6.

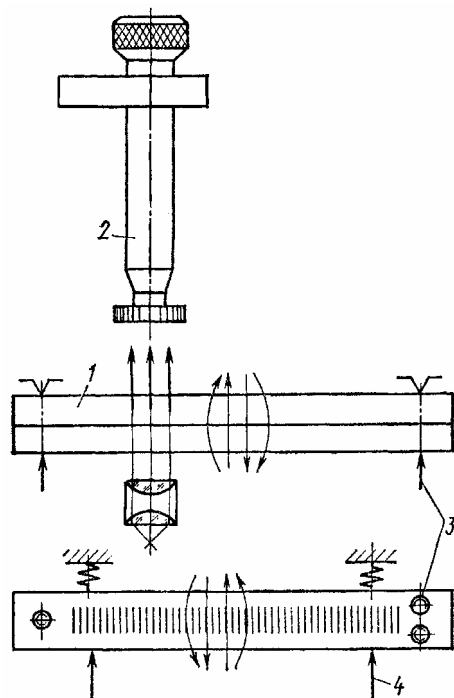


Рисунок 2 – Регулировка шкалы отсчетного микроскопа

При двух парах соосных винтов оси их должны быть параллельны. Наряду с поступательным перемещением детали (узла) можно производить ее поворот. Схема представлена на рисунке 4 в и г.

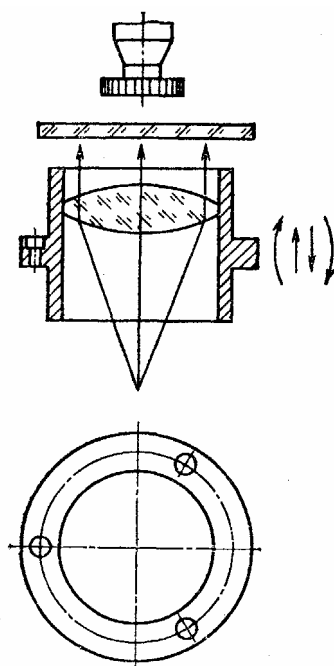


Рисунок 3 – Юстировка положения фланца универсального микроскопа

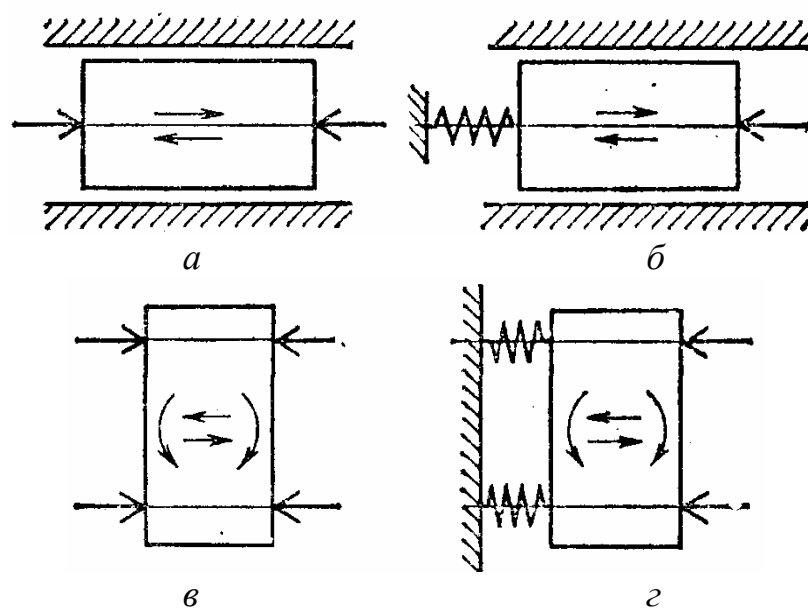
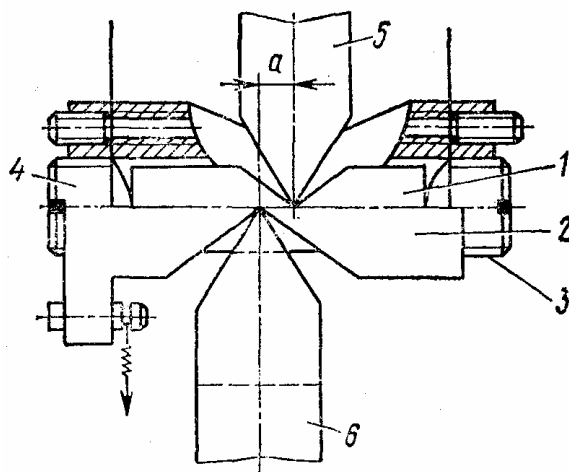


Рисунок 4 – Перемещение детали в определенном положении

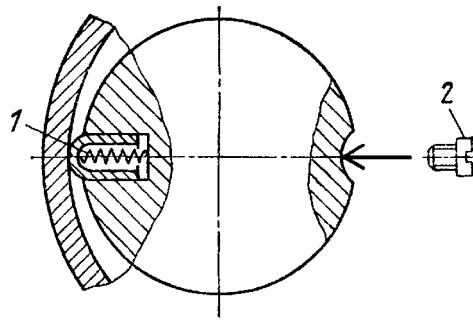
Положение штрихов миллиметровой шкалы универсального микроскопа (компаратора или длиномера) относительно штрихов штриховой сетки отсчетного микроскопа с окулярным спиральным микрометром устанавливают двумя юстировочными винтами 4, против которых расположены пружины (рисунок 2).



1 – призма внутренняя; 2 – призма наружная; 3 и 4 – юстировочные винты; 5 и 6 – ножи.

Рисунок 5 – Перемещение внутренней призмы микрометра

Поступательное перемещение детали в двух направлениях, чтобы установить одну из ее точек *A* в заданном положении, осуществляют двумя парам соосных юстировочных винтов 1 – 3 и 2 – 4. Схема представлена на рисунке 7 *a*. В каждой паре соосных винтов один из них может быть заменен пружиной (рисунок 7 *б*).



1- призма внутренняя; 2 – призма наружная; 3 и 4 – юстировочные винты; 5 и 6 – ножи.

Рисунок 6 – Перемещение внутренней призмы миниметра

На таком принципе построена юстировка, обеспечивающая совпадение оси вращения штриховой окулярной сетки в универсальном и инструментальном микроскопах с точкой пересечения штрихов. Юстировка выполняется четырьмя винтами. Схема представлена на рисунке 8.

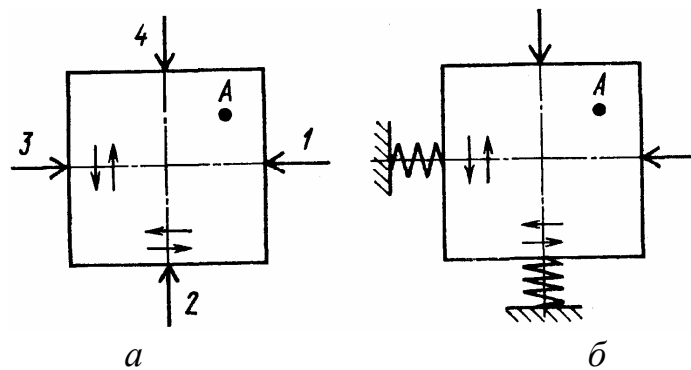


Рисунок 7 – Перемещение детали в одной плоскости

Рассмотренные основные принципы должны учитываться при конструировании измерительных приборов. Их применение позволяет по возможности обеспечить независимость выходных показателей прибора от точности изготовления его деталей и узлов.

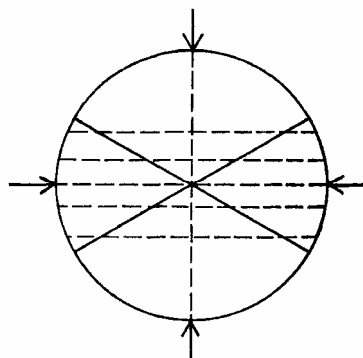


Рисунок 8 – Перемещение штриховой окулярной сетки в отсчетном микроскопе

Для полного решения юстировочной задачи необходимо выполнить следующее:

1 на основании изучения устройства прибора, принципа действия, его назначения, условия работы и технических требований строго сформулировать задачу юстировки, т.е. выделить те метрологические характеристики прибора, на которые могут влиять ошибки отдельных деталей и положение узлов, выявить конструктивные и юстировочные базы деталей, узлов и прибор в целом и установить требования к точности их взаимориентирования;

2 рассмотреть возможные подвижки основных оптических и механических деталей и узлов; найти величины их действительных подвижек-смещений и поворотов, влияющих на данные свойства и характеристики прибора; выбрать вид сборки, рассмотреть, в первую очередь, возможность сборки узла или всего прибора по принципу взаимозаменяемости. При неизбежности использования сборки с компенсацией наметить минимальное, но достаточное число юстировочных подвижек, желательно независимого действия;

3 Предложить способ поверки, позволяющий прямо или косвенно выявить, желательно в «чистом виде», погрешности, подлежащие устранению в процессе юстировки;

4 разработать методику юстировки, т.е. определить инструмент или дополнительные средства и наметить последовательность выполнения операций для достижения заданной точности;

5 предусмотреть надежную фиксацию юстированных деталей и узлов;

6 предусмотреть возможность сохранения или поддержания, или, наконец, периодического восстановления рабочего состояния прибора в условиях эксплуатации.

Последующей задачей является дальнейшая систематизация конструкций различных юстировочных узлов, позволяющих устранить или ограничить влияние различных погрешностей на результаты измерения

## **5 Классификация и краткая характеристика конструкций юстировочных устройств измерительных средств**

По назначению юстировочные устройства измерительных средств можно классифицировать следующим образом:

— устройства для установки измерительных приборов и преобразователей относительно контролируемой детали в позицию измерения;

— устройства для установки относительного положения измерительных опорных, базировочных и рабочих поверхностей измерительных средств;

— устройства, позволяющие уменьшить или исключить влияние различных факторов на точность измерения (влияние не равномерного измерительного усилия, зазоров, неравномерного распределения усилия зажимов, инерционности механических частей приборов);

— устройства для непосредственного воздействия на чувствительность измерительного прибора и другие.

### **5.1 Устройства для установки и настройки измерительных средств в позицию измерения**

К таким устройствам относятся различные типы стоек и штативов, представленных на рисунке 9.

Стойки имеют измерительные столы 2 и предназначены для установки как измерительных приборов, головок и преобразователей, так и контролируемой детали. Грубая установка осуществляется смещением кронштейна 3 (представленного на рисунке 9 *а*, *б* и *в*) по колонке 7 с фиксацией его положения при помощи зажимного винта 6.

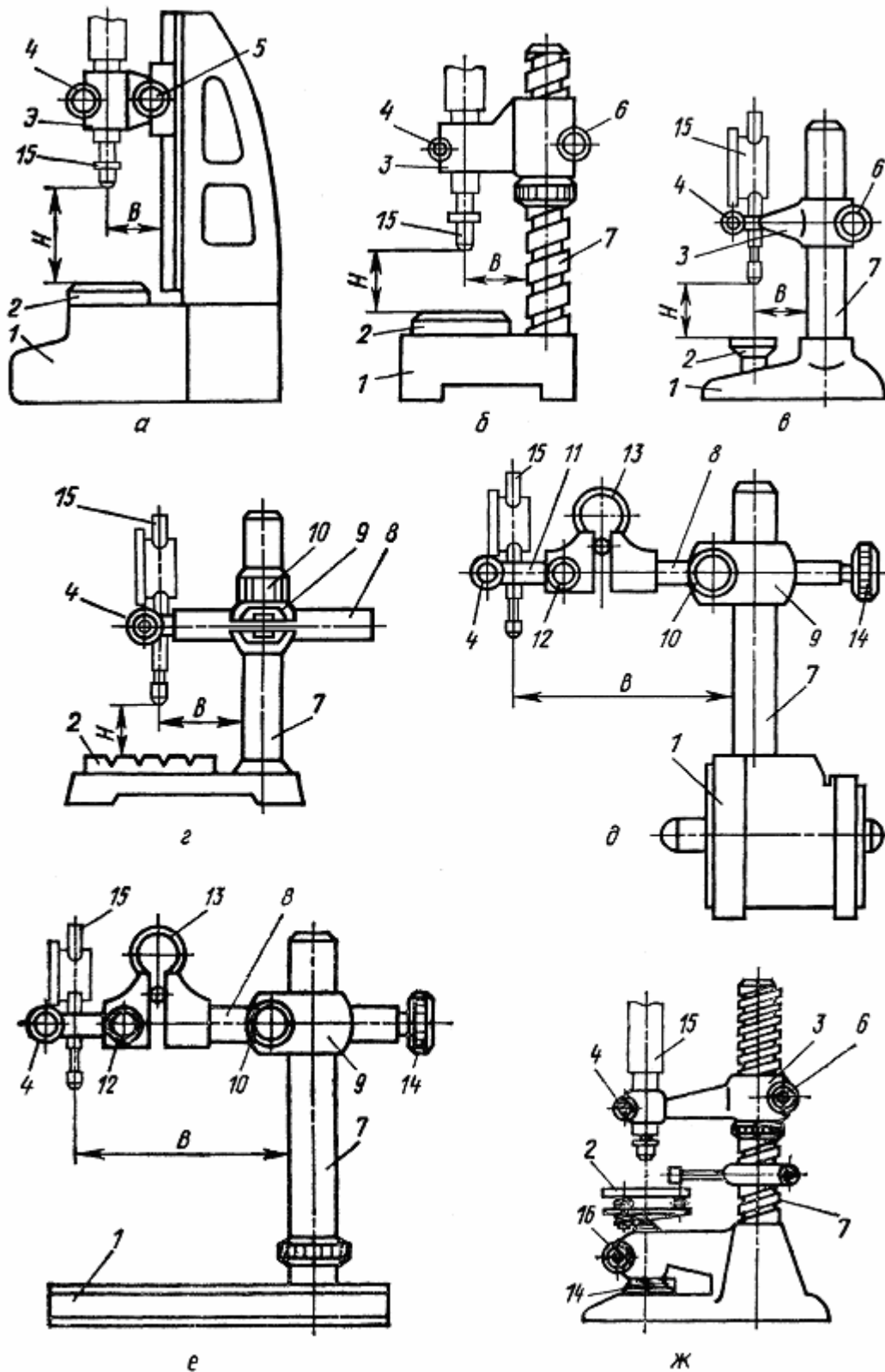
Точная установка, например, в универсальной стойке, представленной на рисунке 9 *ж*, производится смещением предметного измерительного стола 2 посредством винта 14 микрометрической подачи.

Стойки выпускают нескольких типов: С-I (рисунок 9 *а*), С-II (рисунок 9 *б* и *в*), С-III (рисунок 9 *г*), С-IV (рисунок 9 *д*). Первые два типа стоек имеют отверстия под измерительную головку диаметром 28H7, остальные диаметром 8H7.

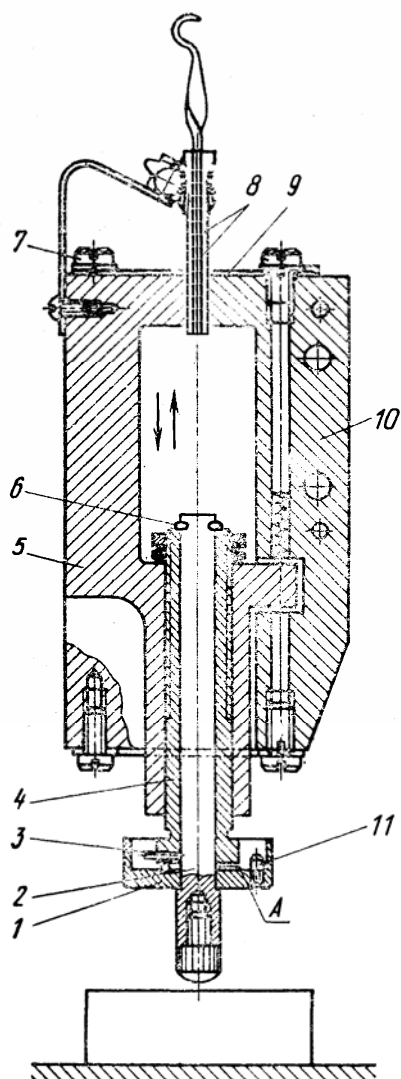
Стойки типа С-I имеют дополнительные сменные столы: круглый гладкий, круглый ребристый с выступающей сферической вставкой и круглый ребристый с выступающим средним ребром.

Штативы выпускают типов Ш-I (рисунок 9 *д*) для измерительных головок с ценой деления 0,001–0,005 мм и Ш-II для индикаторов с ценой деления 0,01 мм. Кроме того, имеются аналогичные штативы с магнитным основанием ШМ-I и ШМ-II (рисунок 9 *е*).

Использование стопорных винтов после точной настройки прибора на нулевой отсчет приводит к его смещению из-за незначительных деформаций детали. Для восстановления нулевого положения в ряде конструкций самих измерительных головок предусмотрены соответствующие устройства. К ним относятся простейшие устройства для поворота шкал (индикатор, ортотест и др.) и более сложные. Например, у пружинного прибора, представленного на рисунке 10, при контакте измерительного наконечника 2 с блоком мер или измерительным столом установка на нуль осуществляется сначала поворотом барабанчика 1 в пределах одного оборота на 0,02–0,03 мм за счет скоса торцевой поверхности *А*, а затем за счет перемещения втулки 4 при дальнейшем повороте барабанчика, когда штифт 11 коснется штифта 3. Как в первом, так и во втором случае перемещение передается подвижной скобе 5 и вызывает изгиб пружины 8, а следовательно, и смещение указателя относительно шкалы.



1 – основание; 2 – измерительный стол; 3 – кронштейн; 4 – винт крепления измерительной головки; 5 – маховик перемещения кронштейна; 6 – винт закрепления кронштейна; 7 – колонка; 8 – стержень; 9 – хомут; 10 – зажимной винт; 11 – державка; 12 – винт закрепления державки; 13 – пружинное кольцо; 14 – винт точной установки; 15 – измерительная головка; 16 – стопорный винт измерительного стола.  
 Рисунок 9 – Схемы установок измерительных головок на стойках и штативах



1 – барабанчик; 2 – измерительный наконечник; 3 – штифты; 4 – втулка; 5 – подвижная скоба; 6 – кольцо; 7 – винг; 8 – пружина; 9 – планка; 10 – корпус.

Риунок 10 – Узел пружинной передачи измерительной головки фирмы «Шеффильд»

Юстировочное устройство для точной настройки шкалы применяют в модели трубки оптиметра, представленное на рисунке 11. При повороте винта 1 поворачивается рычаг 6, а вместе с ним около шаровых штифтов 3 и оправа 2 с зеркалом 4. При этом происходит в поле зрения оптиметра смещение изображения шкалы относительно указателя. Упругое кольцо 5 служит для постоянного прижатия рычага 6, штифт 7 – для ограничения свинчивания.

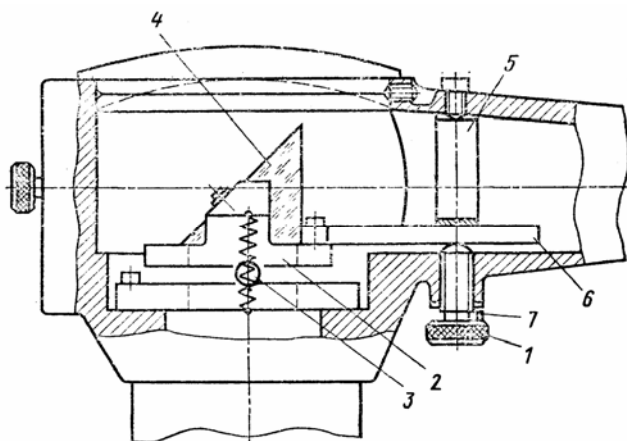


Рисунок 11 – Устройства для установки шкалы оптиметра в нулевое положение

Рассмотрим другое устройство для перемещения трубки оптиметра в кронштейне стойки, представленное на рисунке 12. Трубка оптиметра или другая измерительная головка устанавливается во втулку 5 кронштейна 1 и закрепляется винтом 4. Втулка перемещается вверх и вниз вместе с трубкой оптиметра при повороте кольца 2, имеющего две резьбы, – левую внутреннюю и правую наружную. При повороте кольца на один оборот втулка будет смещаться на величину суммы шагов указанных резьб. Шпонка 6, проходящая в прорези буртика втулки 5, препятствует ее повороту. Втулка в кронштейне фиксируется винтом 3.

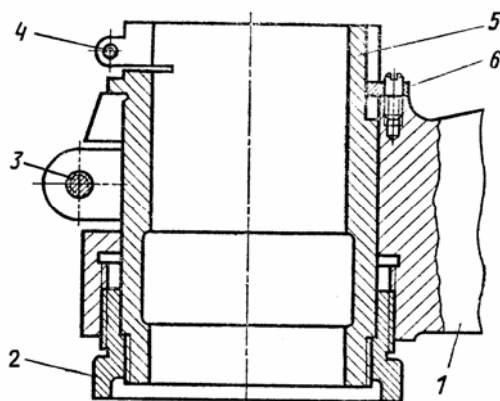


Рисунок 12 – Микрометрическое устройство установки шкалы оптиметра в нулевое положение

Электроконтактные измерительные преобразователи настраивают на предельные размеры измеряемой детали при помощи настроечных микрометрических винтов, которые имеют шкалы для грубой настройки. Точная настройка контактов осуществляется по концевым мерам.



В некоторых преобразователях для более плавного перемещения и регулирования контактов применяют дифференциальные настроечные микрометрические винты. Конструкция настроечного винта электроконтактного преобразователя представлена на рисунке 13. Настроечный винт *1* имеет две нарезки с шагом  $S_1$  и с шагом  $S_2$ . При повороте на один оборот винт *1* сместится в осевом направлении на  $S_1$ , а втулка *2*, которая движется только поступательно по второй резьбе винта, сместится в обратном направлении на величину шага  $S_2$ . В результате этого смещение  $\delta$  контакта *3* за один оборот винта будет равно разности шагов винта: т.е.  $\delta = S_1 - S_2$ .

При  $S_1 = 0,5$ ,  $S_2 = 0,45$  мм, если шкала головки настроечного винта имеет 50 делений, то цена деления шкалы будет:

$$i = 0,05/50 = 0,001 \text{ мм.}$$

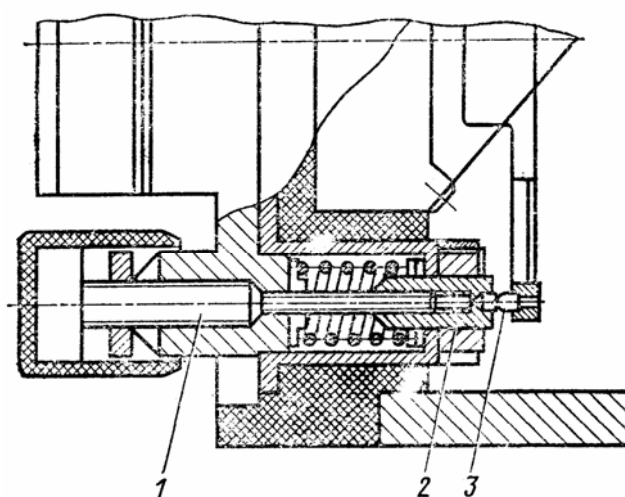


Рисунок 13 – Пример конструкции настроечного винта электроконтактного преобразователя

## 5.2 Устройства для установки относительного положения измерительных, опорных, базировочных и рабочих поверхностей измерительных средств

В измерительных средствах для контроля размеров и погрешностей формы деталей требуется выдерживать точное взаимное расположение плоскостей и прямых, например, параллельность измерительных поверхностей микрометров, штангенциркулей, перпендикулярность плоскостей измерительных столов, стоек приборов направлению перемещения измерительных штоков и др.

В конструкциях современных измерительных приборов используют опоры (рисунок 14) для регулирования положения по высоте и наклона детали *2* относительно детали *1*. Устройство состоит из разрезной втулки *3*, двух одинаковых шайб *4*, выполненных в виде шаро-

вых сегментов, и винта 5. При ослабленном винте 5 деталь 2 может наклоняться в пределах зазора между винтом, шайбами и втулкой.

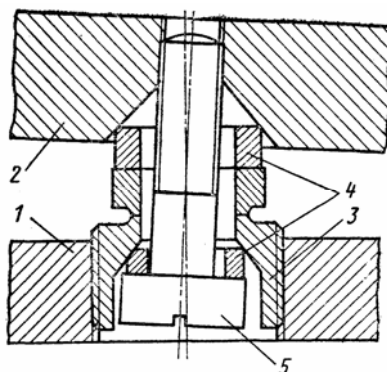


Рисунок 14 – Регулируемая опора

При установке отражательного зеркала трубки оптиметра параллельность отражательной поверхности *A* зеркала 2 и опорной поверхности *B* оправы 1 осуществляется при помощи винтов 3 (рисунок 15)

Конструкция подъемных винтов контрольно-юстировочных приборов состоит из винта 4, втулки 2, установленной в основание прибора 3, башмака 1 и винта 5. Конструкция представлена на рисунке 16.

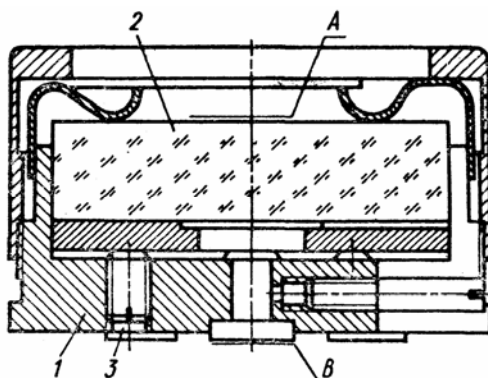
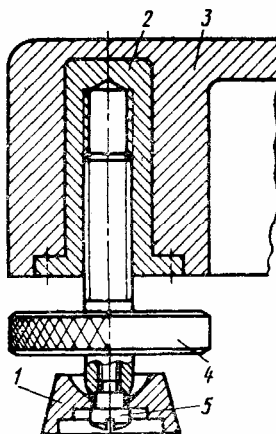


Рисунок 15 – Регулировка отражательного зеркала оптиметра



1 – башмак; 2 – втулка; 3 – корпус; 4 и 5 – винты.

Рисунок 16 – Конструкция подъемного винта

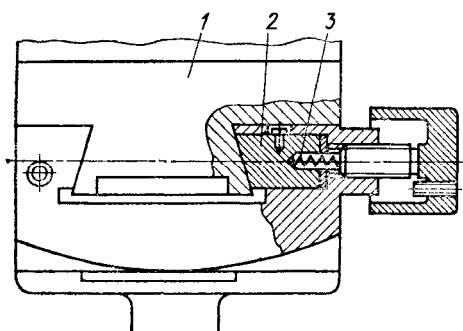
### 5.3 Устройства для регулирования перемещений деталей и узлов измерительных средств

Точность относительных перемещений деталей и узлов в контрольно-измерительных приборах регулируют при помощи различных юстировочных устройств для направляющих.

Направляющие – устройства, обеспечивающие вполне определенное прямолинейное или криволинейное перемещение одной детали по отношению к другой. Различают следующие виды направляющих:

- направляющие с трением скольжения (типа «ласточкин хвост»);
- направляющие с трением качения (подшипники качения);
- направляющие с внутренним молекулярным трением.

Для направляющих с трением скольжения предусмотрены еще и юстировочные устройства, которые позволяют компенсировать погрешности изготовления и износ. Конструкция направляющих «ласточкин хвост», представленная на рисунке 17, обычно служит для перемещения деталей и узлов приборов при помощи реечных или винтовых передач. Для компенсации износа имеется вкладыш 2, прижимаемый при помощи винта и пружины 3 к рабочей поверхности «ласточкина хвоста» колонки 1.



1 – коленка; 2 – вкладыш; 3 – пружина.

Рисунок 17 – Конструкция направляющих «ласточкин хвост»

Направляющие с шариками (рисунок 18) обычно применяют в приборах для быстрого и плавного перемещения узлов (например, в большой модели инструментального микроскопа).

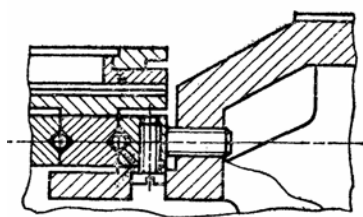
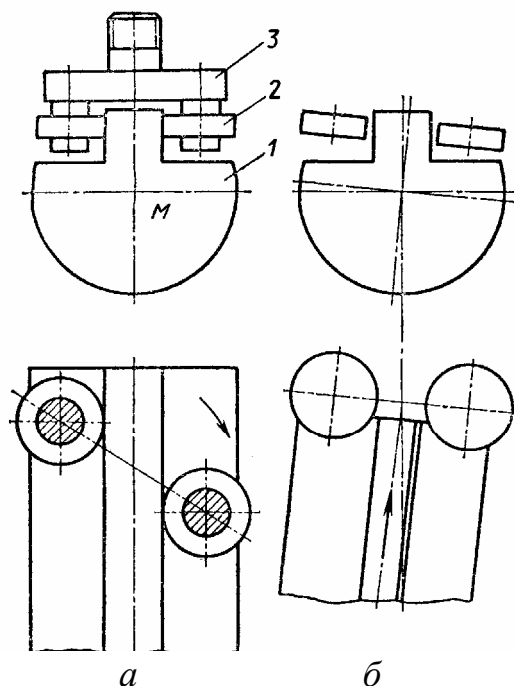


Рисунок 18 – Конструкция шариковых направляющих

Для перемещения частей приборов с большой массой применяют направляющие с шарикоподшипниками.

Юстировочное устройство перемещения измерительного шпинделя *1* в конструкции оптического длинномера состоит из двух роликов *2*, закрепленных на эксцентричных осях, установленных на поворотной детали *3*. Для правильной работы необходимо, чтобы ось вращения детали *3* проходила через центр поперечного сечения измерительного шпинделя *1*. Юстировочное устройство перемещения шпинделя оптического длинномера представлено на рисунке 19 *а*.



1 – шпиндель; 2 – ролики; 3 – поворотная деталь.

Рисунок 19 – Юстировочные устройства перемещения шпинделя

В направляющих обычного длинномера необходимо смещать два подшипника, что значительно сложнее. Юстировочное устройство перемещения шпинделя обычного длинномера представлено на рисунке 19 *б*.

Очень часто в измерительных приборах используют пружинные направляющие для относительно небольших поворотов деталей. Преимущества таких направляющих – отсутствие механического трения и зазоров. Отсюда – стабильность перемещения.

#### 5.4 Устройства для регулирования и стабилизации измерительного усилия

Постоянное измерительное усилие в определенных пределах обеспечивает стабильность измерений, устраняет влияние масляных пленок, охлаждающей жидкости и вибраций.

Однако, с другой стороны, измерительное усилие вызывает упругие деформации деталей и снижает точность измерений. Колебания измери-

тельного усилия совместно с силами трения в подвижных частях измерительных средств вызывают нестабильность показаний. Поэтому большое значение имеет стабилизация значения измерительного усилия на всем диапазоне измерений прибора. Обычно для создания измерительного усилия используют винтовые пружины, плоские пружины, стержневые пружины и грузы. Некоторые конструкции применения пружин для создания измерительного усилия представлены на рисунке 20.

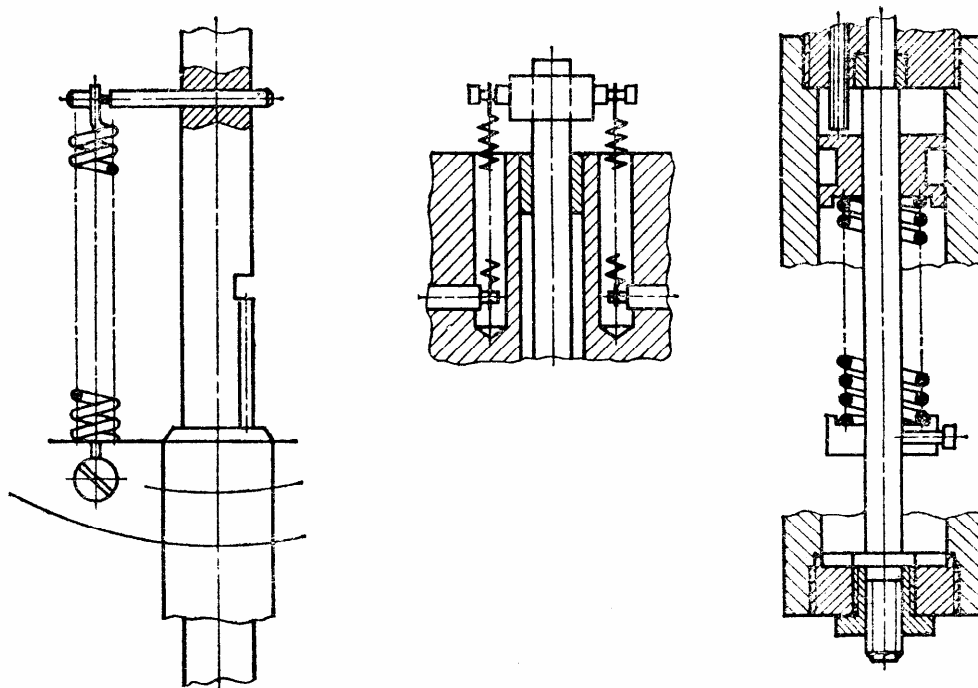


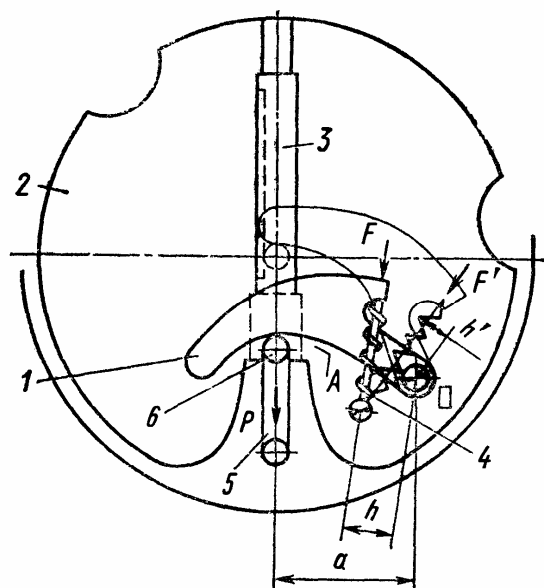
Рисунок 20 – Применение пружин для создания измерительного усилия

Определенный интерес представляет устройство для стабилизации измерительного усилия, применяемое в конструкции индикатора. Схема индикатора представлена на рисунке 21. Рычаг *1* опирается криволинейной поверхностью *A* на штифт *б* измерительного штока *3*. Измерительное усилие *P* создает пружина *4*. Усилие зависит от силы *F* растяжения пружины и от расстояний *a* и *h*, являющихся плечами сил *P* и *F* относительно оси поворота рычага:

$$P = \frac{Fh}{a}$$

При смещении измерительного штока *3* рычаг *1* поворачивается, изменяя силу растяжения пружины с *F* на *F'* и плечо *h* на *h'*. Расстояние *a* остается постоянным. Поверхность *A* рычага профилируется так, чтобы при изменении *F* и *h* оставалось постоянным их произведение

$Fh$ . В этом случае будет сохраняться постоянным измерительное усилие.



1- рычаг; 2 – диск; 3 – шток; 4 – пружина; 5 – измерительный шток; 6 – штифт.

Рисунок 21 – Схема индикатора

### 5.5 Юстировочные устройства для воздействия на точность измерительных средств

К этой группе устройств относятся устройства для непосредственного или косвенного воздействия на точность измерительных приборов.

К юстировочным устройствам непосредственного воздействия на точность измерительных средств относятся устройства для регулирования чувствительности или передаточного отношения.

К устройствам косвенного воздействия относятся устройства для регулирования точности положения и перемещений различных узлов и деталей измерительных средств, для регулирования зазоров в подвижных соединениях.

Конструкция устройств для регулирования чувствительности зависит от вида чувствительного элемента прибора.

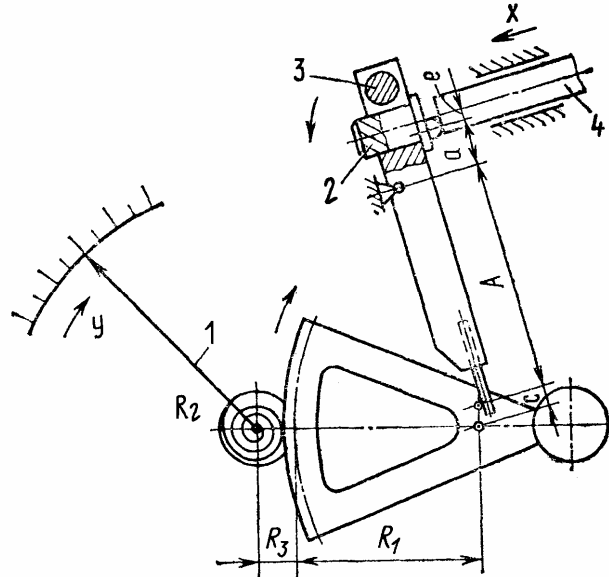
В рычажно-зубчатых и рычажно-оптических измерительных головках передаточное отношение регулируется изменением длин плеч рычагов при помощи резьбовых или эксцентриковых устройств.

В измерительных головках с пружинными чувствительными элементами передаточное отношение реализуется либо изменением натяжения скрученной пружины (оптикатор), либо изменением расстояния между плоскими пружинами.

В юстировочном устройстве миниметра (рисунок 5) передаточное отношение юстируется изменением малого плеча  $a$ . Для этого при

помощи винта 3 или 4 перемещают внутреннюю призму 1. Призма 1 имеет призматический вырез, куда упирается неподвижный нож 5. Втулка 2 также имеет призматический вырез, в который упирается подвижный нож 6, соединенный с измерительным наконечником.

В эксцентриковом котировочном устройстве для изменения передаточного отношения в рычажно-зубчатых измерительных головках, представленном на рисунке 22, передаточное отношение определяется следующим образом.



1 – стрелка; 2 – валик; 3 – стопорный винт; 4 – измерительный шток

Рисунок 22 – Котировочное устройство для регулирования передаточного отношения в рычажно-зубчатой измерительной головке

Предположим, что смещение измерительного штока 4 на величину  $x$  вызывает поворот указателя на угол  $\varphi$ . Тогда конец стрелки переместится на величину  $y = R\varphi$ .

Величина смещения измерительного штока:

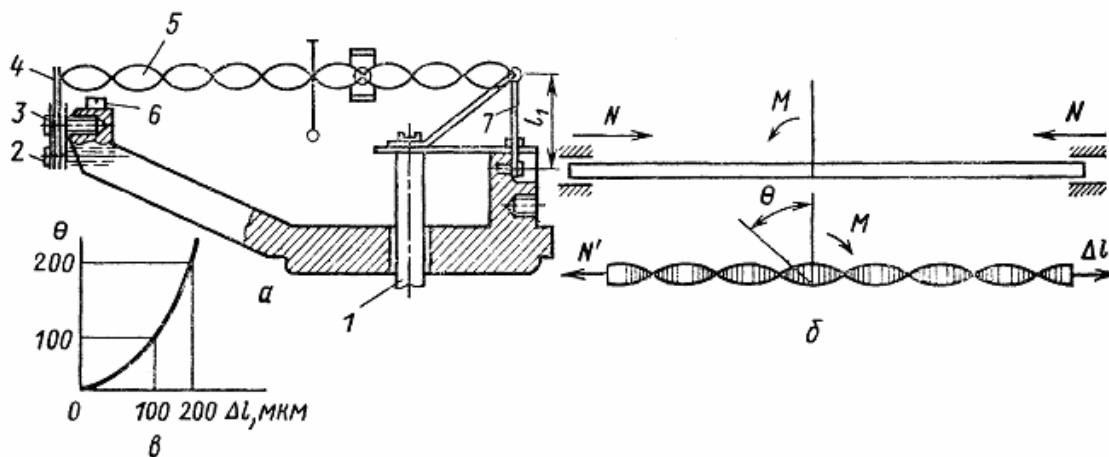
$$u = \varphi \frac{R_3}{R_1} \frac{C}{A} a,$$

а передаточное отношение

$$u = \frac{y}{x} = \frac{A}{a} \frac{R_1}{C} \frac{R_2}{R_3},$$

которое целесообразно изменять малым плечом  $a$  и которое меняется поворотом валика 2 с эксцентрично расположенной сферической опорой.

Чувствительным элементом головки микрометра (представленной на рисунке 23 а) является скрученная тонкая металлическая лента 5, которая характеризуется моментом закручивания среднего сечения ленты  $M$  и осевым смещением концов ленты  $N$  (рисунок 23 б). Опоры – плоские пружины 4 и 7.



1 – измерительный шток; 2, 3 – натяжные винты; 4, 7 – пластины; 5 – лента; 6 – винт точной регулировки.

Рисунок 23 – Юстировочное устройство передаточного отношения в микрометре

Передаточное отношение:

$$u = \frac{u_p}{\frac{1}{u_l} + \frac{\Delta P L_0^3}{3E_0 J_0}},$$

где  $u$  – отношение угла поворота среднего сечения ленты, на котором закреплена стрелка, к перемещению измерительного стержня;

$u_p$  – передаточное отношение рычажной пружины;

$u_l$  – отношение угла поворота  $\theta$  среднего сечения ленты к соответствующему изменению ее длины  $\Delta l$ , вызвавшему этот поворот;

$\Delta P$  – жесткость ленты при растяжении;

$E_0$  – модуль упругости материала пластинчатой опоры;

$J_0$  – момент инерции сечения пластинчатой опоры;

$L_0$  – вылет пластинчатой опоры.

На рисунке 23 в показана зависимость угла поворота  $\theta$  среднего сечения ленты от величины ее растяжения  $\Delta l$ . Чтобы получить равномерную шкалу, необходимо использовать линейный участок зависимости, т. е. прибор должен работать в пределах растяжения ленты от 100 до 200 мкм. Поэтому при регулировке ленты необходимо ее пред-



варительное натяжение, которое осуществляется винтами 2 и 3 при грубой регулировке и винтом 6 при точной. Регулировка винтами 2 и 3 дает возможность поворачивать пластину 4, тем самым изменяя натяжение пружины 5.

Известно, что передаточное отношение обычных механических рычагов определяется отношением длин плеч, т. е.  $u = L/a$  (рисунок 24 а). В оптической рычажной передаче (рисунок 24 б) вместо большого плеча используют луч, отраженный от зеркала, который и называют оптическим рычагом. Передаточное отношение  $u \approx 2L/a$ .

Оптический рычаг используется и в оптикаторе (рисунок 24 в), и в некоторых фотоэлектрических преобразователях.

К преимуществам оптического рычага необходимо отнести не только увеличение передаточного отношения, безинерционность системы, но и отсутствие параллакса.

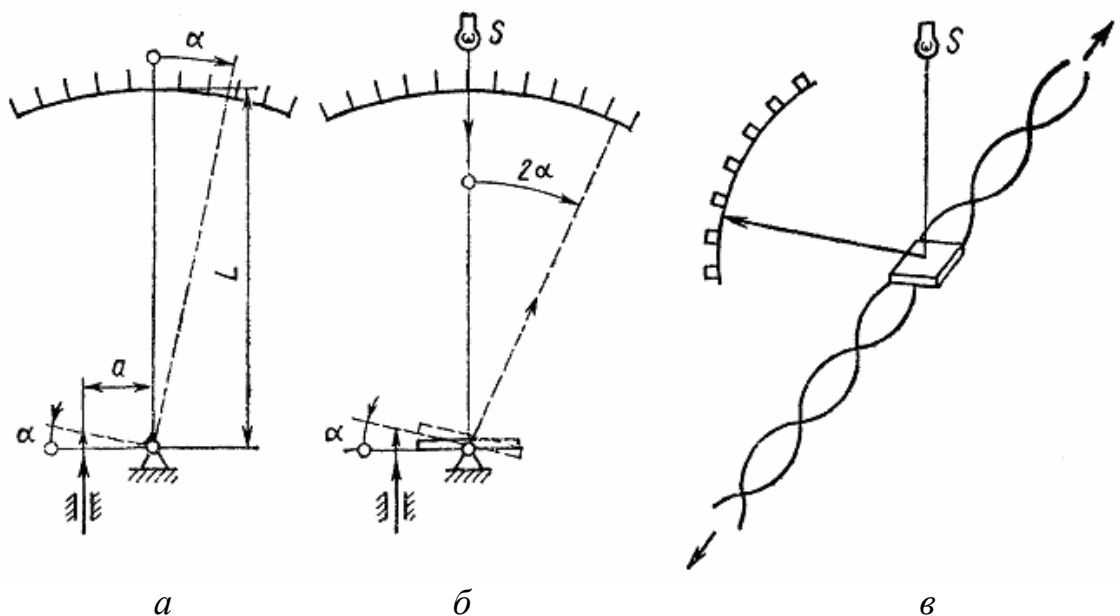


Рисунок 24 – Схемы передаточных механизмов

## 6 Контрольные вопросы

- 1 Что такое юстировка, ее цель?
- 2 Кто выполняет юстировку?
- 3 Дать определение юстировочным устройствам?
- 4 Рассказать о назначении юстировочных устройств?
- 5 Какие причины вызывают необходимость юстировки деталей и узлов приборов?
- 6 Классификация юстировочных устройств?
- 7 Перечислить основные устройства для установки и настройки средств измерения?
- 8 Какие основные устройства необходимы для установки относительного положения измерительных средств?

- 9 Какие устройства необходимы для перемещения деталей и узлов измерительных средств при регулировке?
- 10 Какие устройства стабилизируют значения измерительного усилия в средствах измерения?
- 11 Рассказать об юстировочных устройствах, воздействующих на точность измерительных устройств.

## **7 Содержание отчёта**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1 Дату выполнения работы.
- 2 Наименование лабораторной работы.
- 3 Цель лабораторной работы.
- 4 Письменные ответы на контрольные вопросы.
- 5 Подпись студента.
- 6 Подпись преподавателя и дату приема зачета.

## **Список использованных источников**

1 **Воронин, Ю.В.** Контроль измерительных приборов и специального инструмента: учебн. пособие для технических училищ / Ю.В. Воронин, А.А. Рубцов. – М.: Машиностроение, 1981. – 200 с.

2 Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебник для нач. проф. образования / С.А. Зайцев, Д.Д. Грибанов, А.Н. Толстов, Р.В. Меркулов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 464 с.