

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Кафедра “Технология машиностроения”**

## **ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ**

### **Методические указания**

к выполнению *лабораторной работы* для студентов  
специальности 072000 “Стандартизация и сертификация”,  
специальности 120100 “Технология машиностроения”

**Курган 2004**

Кафедра технологии машиностроения

Дисциплина “Методы и средства измерений, испытаний и контроля”

Специальность 0720000 “Стандартизация и сертификация”

Специальность 1201000 «Технология машиностроения»

Составили:     *доцент, канд.техн.наук* Остапчук А.К.  
                      *доцент, канд.техн.наук* Марфицын В.В.  
                      *ст. преподаватель, канд.техн.наук* Губанов В.Ф.

Рекомендована методическим советом университета

“       ”       \_\_\_\_\_ 2004 года

*Работа выполнена при равноценном участии авторов*

## Цель работы

Ознакомить студентов с принципом измерения, конструкцией и порядком работы межцентромера модели МЦ-400Б.

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА

1.1. Прибор модели МЦ-400Б предназначен для контроля колебания измерительного межосевого расстояния за оборот колеса  $F''_{ir}$ , что входит в комплекс контроля кинематической точности зубчатых колес по ГОСТу 1643—81.

1.2. Колебания измерительного межосевого расстояния на одном зубе  $f''_i$ , что определяет циклическую погрешность колес и характеризует плавность работы по ГОСТу 164—72.

1.3. Верхнего  $A_{a''e}$  и нижнего  $A_{a''i}$  предельного отклонения измерительного межосевого расстояния от номинального, что позволяет определить максимальную и минимальную величину бокового зазора за оборот колеса.

На приборе можно контролировать цилиндрические насадные прямозубые, узкие косозубые зубчатые колеса внешнего зацепления 7-й степени точности.

При использовании сменных наладок на приборе можно контролировать валковые зубчатые колеса 7-й степени точности, конические зубчатые колеса 8...9-й степени точности, червячные пары 7...8-й степени точности, колеса малого диаметра 7...8-й степени точности и колеса внутреннего зацепления 8-й степени точности.

## 2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1. Модули контролируемых колес, мм .....	1...10
2.2. При контроле цилиндрических насадных колес диаметры контролируемых колес, мм .....	20...320
2.3. При контроле колес внутреннего зацепления межосевое расстояние, мм .....	60...310
2.4. При проверке цилиндрических насадных колес малого диаметра межосевое расстояние, мм .....	20...40
2.5. При контроле валковых колес:	
а) наибольший диаметр проверяемых колес, мм .....	185
б) длина проверяемых колес, мм .....	100...320

2.6. При контроле конических зубчатых колес	
а) межосевой угол зацепления, град .....	90
б) диаметры контролируемых колес, мм .....	20...320
2.7. При контроле червячных пар:	
а) наибольший диаметр проверяемого червяка, мм .....	100
б) наибольшая длина проверяемого червяка, мм .....	240
2.8. Цена деления измерительной головки, мм .....	0,001
2.9. Габаритные размеры прибора, мм .....	1000×320×305
2.10. Масса прибора, кг .....	200

### 3. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА

3.1. Прибор состоит из следующих основных узлов - МЦ-400Б.01.000 - станина с наладкой для контроля измерительного межосевого расстояния зубчатых колес наружного зацепления.

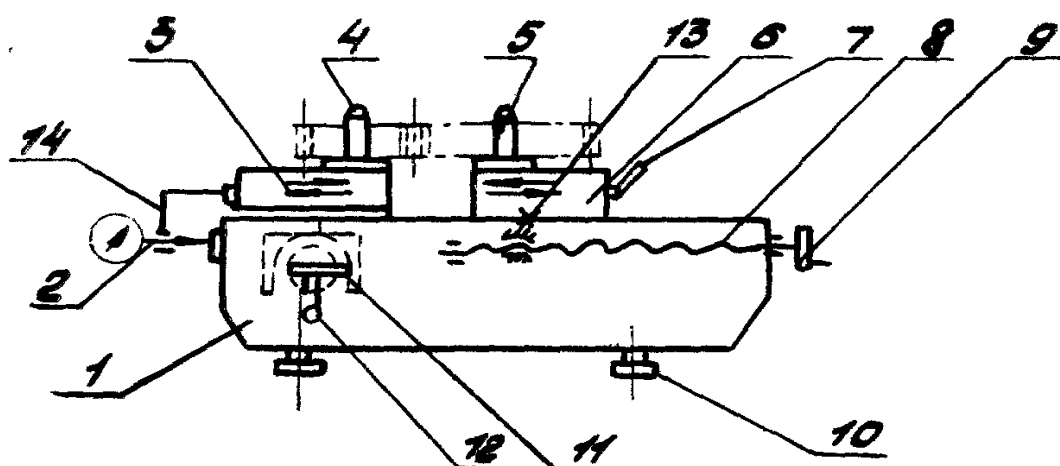
По требованию заказчика с прибором поставляются:

- наладка № 1 - для контроля измерительного межосевого расстояния валковых зубчатых колес;
- наладка № 2 - для контроля межосевого угла конических зубчатых колес;
- наладка № 3 - для контроля измерительного межосевого расстояния червячных пар;
- наладка № 4 - для контроля измерительного межосевого расстояния зубчатых колес внутреннего зацепления;
- наладка № 5 - для контроля измерительного межосевого расстояния зубчатых колес малого диаметра.

При поставке прибора с любой из вышеуказанных наладок № 1, 2, 3, 4 с прибором поставляется узел МЦ-400М.04.000 — кронштейн, на котором крепятся данные наладки.

Прибор смонтирован на жесткой литой станине 1 (рис. 1), установленной на домкратах 10. Домкраты, регулируемые по высоте, дают возможность установить станину в горизонтальной плоскости без перекоса, что обеспечивает функционально правильное положение всех взаимодействующих неподвижных и подвижных частей. На верхней плоскости станины вмонтирован уровень, по которому проверяется правильная установка прибора в горизонтальной плоскости.

На станине 1 установлена измерительная каретка 3, которая смонтирована на шариковых направляющих, что дает возможность каретке перемещаться влево и вправо.



**Рис. 1. Конструкция межцентромера**

Справа на приборе смонтирована установочная каретка 6, которая при помощи винта 8 и гайки 13 вращением маховика 9 перемещается в ту или другую сторону. Каретка стопорится рукояткой 7. Измерительная каретка 3 несет оправку 4, на которой устанавливается измерительное колесо. Установочная каретка 6 несет оправку 5, на которой устанавливается проверяемое колесо. При повороте рукоятки 12 вправо пружиной 11 создается измерительное усилие для контроля зубчатых колес внешнего зацепления, и измерительное колесо поджимается к проверяемому, создавая плотное, беззазорное зацепление.

Поворотом рукоятки 12 влево создается измерительное усилие для контроля зубчатых колес внутреннего зацепления.

Контролируемое колесо вращается вручную. Колебание измерительного межосевого расстояния регистрируется по индикатору 2.

3.2. Установка индикатора. При измерении насадных цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления, зубчатых колес малого диаметра, конических зубчатых колес и червячных пар кронштейн 1 (рис. 2а) индикатора 2 жестко крепится болтами 3 к измерительной каретке 4. Измерительный наконечник индикатора 2 приводится в соприкосновение с торцом регулируемого упора 6, когда измерительная каретка находится в крайнем правом положении.

При измерении колес внутреннего зацепления необходимо отвернуть болты 3 (рис. 2б), крепящие кронштейн индикатора, и, повернув его на 180°, жестко закрепить на станине 6 болтами 3.

Установка измерительного межосевого расстояния производится по линейке и нониусу или по блоку плоскопараллельных концевых мер.

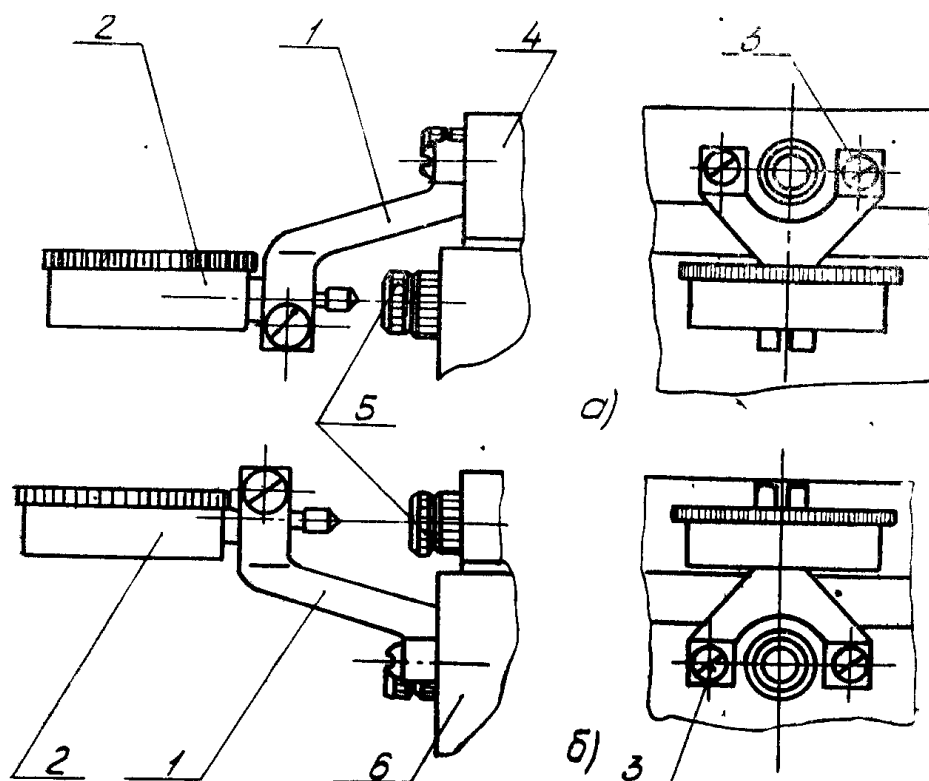


Рис. 2. Установка индикатора

#### 4. ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ И РАБОТЫ ПРИБОРА ПРИ КОНТРОЛЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МЕЖОСЕВОГО РАССТОЯНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ НАСАДНЫХ, ВАЛКОВЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ

**4.1.** Для измерения на приборе двухпрофильного контроля предельного отклонения измерительного межосевого расстояния необходимо установить измерительное межосевое расстояние, которое, рассчитывается по формуле:

$$a = \frac{m_n (Z_K \pm Z_H) \cos \alpha_t}{2 \cos \beta \cdot \alpha} \quad t \omega m \quad (1)$$

и

$$\text{inv } \alpha_t \omega m = \frac{2X \sum \text{tg} \alpha_n}{Z_k \pm Z_u} + \text{inv} \alpha_t, \quad (2)$$

где + - для колес наружного зацепления;  
 - - для колес внутреннего зацепления;  
 а - измерительное межосевое расстояние;  
 $m_n$  - модуль нормальный;  
 $Z_k$  - число зубьев проверяемого колеса;  
 $Z_n$  - число зубьев измерительного колеса;  
 $\alpha_t$  - угол профиля исходного контура в торцовом сечении;  
 $\alpha_{ном}$  - угол зацепления при двухпрофильном контроле;  
 $\beta$  - угол наклона зубьев на делительном цилиндре.

$$Tg\alpha_t = \frac{tg\alpha_n}{\cos\beta} \quad (3)$$

где  $\alpha_n$  - угол профиля исходного контура в нормальном сечении;  
 $X_\Sigma$  - суммарный коэффициент сдвига.

$$X_\Sigma = X_k + X_u + \frac{A_{не}}{m}, \quad (4)$$

где:  $X_k$  - относительный сдвиг проверяемого колеса;  
 $X_u$  - относительный сдвиг измерительного колеса;  
 $A_{не}$  - наименьшее смещение исходного контура по ГОСТу 1643-72.

Установка межосевого расстояния производится по блокам концевых мер длины, которые рассчитываются по следующим формулам.

Номинальный блок концевых мер

$$b_n = a - \frac{d_1 + d_2}{2}, \quad (5)$$

где  $a$  - номинальное измерительное межосевое расстояние;  
 $d_1$  и  $d_2$  - диаметры контрольных оправок.

Блок концевых мер, соответствующий минимальному отклонению измерительного межосевого расстояния:

$$b_{min} = b_n - A_{a''i} \quad (6)$$

Блок концевых мер, соответствующий максимальному межосевому расстоянию:

$$b_{max}=b_n+A_{a''e} \quad (7)$$

где  $A_{a''i}$  и  $A_{a''e}$  – соответственно, нижнее и верхнее предельные отклонения межосевого расстояния (выбирается по ГОСТу 1643-72).

Для настройки номинального межосевого расстояния по номинальному блоку концевых мер необходимо установить между оправкой, установленной на измерительной каретке, и оправкой, установленной на установочной каретке, номинальный блок, рассчитанный по формуле (1). Перемещают установочную каретку до тех пор, пока рабочие измерительные плоскости концевых мер не войдут в контакт обеими оправками и стрелка индикатора не сделает примерно, два оборота. В этом положении измерительную головку поставить на «0». После этого установочную каретку застопорить.

#### ***Нониус линейки регулируемый.***

Для проверки нулевой установки нониуса следует набрать блок плоскопараллельных концевых мер  $b_n$  мм и установить между оправками измерительной и установочной кареток. Затем закрепить нониус так, чтобы на линейке был установлен размер  $a$ , равный

$$a=b_n+\frac{d_1+d_2}{2}, \quad (8)$$

где  $d_1$  - диаметр оправки измерительной каретки;

$d_2$  - диаметр оправки установочной каретки.

**4.2.** В соответствии с ГОСТами 1643—72 и 9178—59 под колебанием измерительного межосевого расстояния на одном зубе  $f_i''$  понимается разность между наибольшим и наименьшим действительными межосевыми расстояниями при безазорном зацеплении измерительного зубчатого колеса с контролируемым при повороте последнего на один угловой шаг.  $f_i''$  является одним из показателей плавности работы колеса.

При определении  $f_{ir}''$  необходимо знать угол зацепления  $\alpha_{tom}$  при измерении и угол зацепления  $\alpha_{too}$  в обработке.

Если  $\alpha_{tom}=\alpha_{too}$ , то контакт измерительного колеса с контролируемым происходит в точках, которые обрабатывались одновременно, ввиду чего циклическая ошибка, а также  $f_{ir}''$  не будут выявляться.

Если  $\alpha_{tom} \neq \alpha_{too}$ , то выявляемая величина циклической ошибки, а также  $f_{ir}''$  будут зависеть от разности  $(\alpha_{too}-\alpha_{tom})$ .

*Например*, при проверке колеса на межцентромере имело место:

- |        |                              |                     |
|--------|------------------------------|---------------------|
| 1. При | $\alpha_{tom}=23^{\circ}40'$ | $f_{ir}''=0,170$ мм |
| 2. При | $\alpha_{tom}=21^{\circ}$    | $f_{ir}''=0,070$ мм |



3. При  $\alpha_{\text{тоm}} = 20^\circ$   $f_{\text{ir}}'' = 0,050$  мм

Поэтому в ГОСТ 1643—72 и 9178—59 имеется указание, что при неравенстве углов зацепления при измерении  $\alpha_{\text{тоm}}$  и в обработке  $\alpha_{\text{тоо}}$  колебание измерительного межосевого расстояния на одном зубе не должно превышать  $1,25 f_i''$ .

Максимальная циклическая погрешность, а также  $f_{\text{ir}}''$  выявляются при проверке в том случае, когда соблюдено условие:

$$\alpha_{\text{тоо}} - \alpha_{\text{тоm}} = \frac{1}{4} * \frac{360^\circ}{Z_{\partial k}}, \quad (9)$$

где  $Z_{\partial k}$  - число зубьев делительного колеса станка.

Угол зацепления в обработке  $\alpha_{\text{тоо}}$  зависит от способа нарезания колеса. При нарезании колеса червячной фрезой или гребенкой  $\alpha_{\text{тоо}} - \alpha = 20^\circ$ . При нарезании колеса долбяком  $\alpha_{\text{тоо}}$  определяется по формулам, приведенным в проверочном расчете нормализованных долбяков (справочник «Производство зубчатых колес» под редакцией проф. Б. А. Тайца, Машгиз, 1963 г.).

Угол зацепления при двухпрофильном контроле  $\alpha_{\text{тоm}}$  определяется по формулам:

1. Для прямозубых колес:

$$\text{inv } \alpha_{\text{тоm}} = \frac{2X \Sigma \text{tg } \alpha}{Z_k \pm Z_u} + \text{inv } \alpha, \quad (10)$$

$$X_{\Sigma} = X_k + X_u + \Delta X_k + \Delta X_u$$

$$\Delta X_u = \frac{A_{\partial}}{m}; \quad \Delta X_k = \frac{A_{\text{не}}}{m};$$

2. Для косозубых колес:

$$\text{inv } \alpha_{\text{тоm}} = \frac{2X \Sigma \text{tg } \alpha_n}{Z_k \pm Z_u} + \text{inv } \alpha_t, \quad (11)$$

$$X_{\Sigma n} = X_{kn} + X_{un} + \Delta X_{kn} + \Delta X_{un}$$

$$\Delta X_{un} = \frac{A_{\partial}}{m_n}; \quad \Delta X_{kn} = \frac{A_{\text{не}}}{m_n};$$

$$Tg\alpha_t = \frac{tg\alpha_n}{\cos\beta},$$

где  $X_z(X_{zn})$  - суммарный коэффициент сдвига;

$X_{и} (X_{ин})$  - коэффициент сдвига измерительного колеса;

$X_k (X_{kn})$  - коэффициент сдвига проверяемого колеса;

$\Delta X_{и}$  и  $\Delta X_k$  ( $\Delta X_{ин}$  и  $\Delta X_{kn}$ ) - дополнительные коэффициенты сдвига;

$m (m_n)$  - модуль проверяемого колеса;

$A_{\partial}$  - действительное смещение исходного контура измерительного колеса (маркируется на торце измерительного колеса).

$A_{не}$  - наименьшее смещение исходного контура проверяемого колеса (принимается по ГОСТам 1643—72 и 9176—59);

$Z_k$  - число зубьев проверяемого колеса;

$Z_{и}$  - число зубьев измерительного колеса;

$\alpha$  - угол исходного контура ( $20^\circ$ );

$\alpha_n$  - угол исходного контура в нормальном сечении ( $20^\circ$ );

$\alpha_t$  - угол исходного контура в торцовом сечении;

$\beta$  - угол наклона зубьев.

В том случае, когда определить узлы зацепления в обработке  $\alpha_{too}$  и при измерении  $\alpha_{tom}$ , а затем сравнить их не представляется возможным, необходимо полученные при измерении значения сравнить с  $1,25 f_i''$ .

Требуемый угол зацепления  $\alpha_{tom}$  при проверке  $f_{ir}''$  может быть получен измерением толщины зуба регулируемого измерительного колеса, при этом, смещение исходного контура регулируемого измерительного колеса должно отвечать условию:

$$A_{\partial u} = m \frac{(\text{inv}\alpha_{tim} - \text{inv}\alpha_{too})(Z_k + Z_u)}{2tg\alpha_{too}} - A_{\partial k}, \quad (12)$$

где  $\alpha_{tom}$  - угол зацепления при измерении;

$\alpha_{too}$  - угол зацепления при обработке;

$A_{\partial k}$  - действительное суммарное смещение исходного контура у контролируемого зубчатого колеса (включая коррекцию и наименьшее смещение).

Установив тангенциальный зубомер, настроенный по ролику, на зуб колеса, регулируют толщину зуба до момента, когда показания зубомера станут равны величине  $A_{\partial k}$ , рассчитанной по формуле (2).

Конструкция регулируемых измерительных колес разработана БВ МС и ИП (для  $m=2...10$ ) и регламентируется ГОСТом 6512—58.

Контроль  $f_{ir}''$  производится одновременно с контролем  $f_{ir}''$ , для чего используются те же измерительные средства.

### 4.3. Контроль колебания измерительного межосевого угла за оборот колеса $\Delta_0 \varphi_{и}$

ГОСТы 1758—56 и 9368—60 устанавливают нормы точности на изготовление прямозубых конических колес и комплексы контроля, обеспечивающие их проверку. Один из таких комплексов контролирует колебание измерительного межосевого угла (ИМУ). Под колебанием измерительного межосевого угла за оборот колеса  $\Delta_0 \varphi_{и}$  понимается разность измерительных межосевых углов: — наибольшего и наименьшего - за полный оборот контролируемого колеса. Под измерительным межосевым углом  $\varphi_{и}$  понимается межосевый угол при плотном сопряжении точного колеса с измеряемым зубчатым колесом, имеющим наименьшее утонение зубьев.

$\Delta_0 \varphi_{и}$  является одним из двух компонентов комплекса ( $\Delta_0 \varphi_{и}$  ;  $\Delta \varphi$  - для прямозубых колес), служащего показателем кинематической точности.

Фактическая величина  $\Delta_0 \varphi_{и}$  , входящего в комплекс, может превосходить допустимую величину по ГОСТам 1758—56 и 9368— 60 при соблюдении условия

$$\Delta_0 \varphi_{и} + \frac{\Delta \varphi_{\Sigma} \cdot r_{\partial}}{206} \leq \delta F_{\Sigma}, \quad (13)$$

Рекомендуется при контроле обеспечивать осевое перемещение колесу с большим углом при вершине делительного конуса. При этом достигается оптимальное направление действия распорного усилия, возникающего в зацеплении, относительно направления осевого перемещения.

Колебание измерительного межосевого угла за оборот колеса  $\Delta_0 \varphi_{и}$  согласно ГОСТам 1758—56 и 9368—60 допускается определять по осевому перемещению одного из колес в плотном зацеплении.

При ИМУ, равном  $90^\circ$ , имеет место зависимость

$$\Delta_0 a_{и} = \frac{\Delta_0 \varphi_{и}}{\cos \varphi_{\partial}}, \quad (14)$$

где  $\Delta_0 a_{и}$  - осевое перемещение одного из колес (за оборот колеса);

$\Delta_0 \varphi_{и}$  - колебание измерительного межосевого угла за оборот колеса;

$\varphi_{\partial}$  - угол делительного конуса колеса.

Допуски  $\delta_0 a_{и}$  и  $\delta_0 \varphi_{и}$  и связаны аналогичной зависимостью

$$\delta_0 a_{и} = \frac{\delta_0 \varphi_{и}}{\cos \varphi_{\partial}}, \quad (15)$$

где  $\Delta_0 \varphi_{и}$  (через  $\Delta_0 a_{и}$ ) определяется с помощью прибора. Таким образом, величины перемещений оси измерительного колеса находятся пересчетом значений измерительного межосевого угла по следующим формулам:

$$\delta_0 a_{и} = \frac{\delta_0 \varphi_{и}}{\cos \varphi_{\partial}}, \quad \delta_v a_{и} = \frac{\delta_v \varphi_{и}}{\cos \varphi_{\partial}}, \quad (16)$$

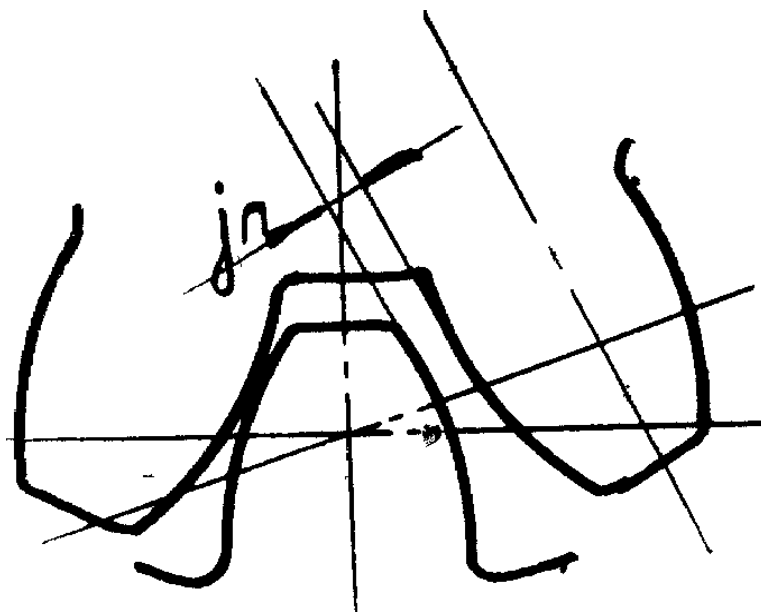
$$\Delta_b a_{и} = \frac{\Delta_b \varphi_{и}}{\cos \varphi_{\partial}}, \quad \Delta_n a_{и} = \frac{\Delta_n \varphi_{и}}{\cos \varphi_{\partial}},$$

где  $\delta_0 a_{и}$  - линейное перемещение оси измерительного колеса, отсчитываемое в направлении, перпендикулярном к этой оси;  
 $\delta_v a_{и}$  - угловое отклонение одной из осей, выраженное в линейных величинах длины, равной длине образующей делительного конуса;  
 $\delta_0 \varphi_{и}$  - допуск на колебание измерительного межосевого угла за один оборот колеса;  
 $\delta_v \varphi_{и}$  - допуск на колебание измерительного межосевого угла на одном зубе;  
 $\Delta_b \varphi_{и}$  ;  $\Delta_n \varphi_{и}$  - предельные отклонения измерительного межосевого угла.

#### 4.4. Измерение бокового зазора

Боковой зазор (рис.3) в зубчатом соединении - кратчайшее расстояние по нормам между двумя боковыми сторонами зубьев, которые не соприкасаются в зацеплении. Рекомендуется контролировать, замеряя действительную толщину зуба по диаметру делительной окружности (например, штангензубомером) - разница между расчетной шириной зуба и действительной (допуск на изготовление всегда направлен в минус) и определяет собой величину бокового зазора.

Вышеописанная методика определения действительного размера бокового зазора приемлема только для идеальных зубчатых колес, зубья которых нарезаны без погрешностей направления и формы. Реальные зубчатые колеса всегда имеют погрешности. Поэтому, величина бокового зазора, определенная методом замера толщины зуба, не соответствует фактически существующей в зацеплении, так как не учитывает вышеуказанные погрешности изготовления зубьев. Влияние погрешности направления и формы зубьев на величину бокового зазора хорошо видно на рис. 4.



**Рис. 3. Схема определения бокового зазора**

Из-за погрешности изготовления зубчатых колес боковой зазор - это переменная величина, изменяющаяся за оборот колеса.

Фактическую величину бокового зазора и колебание ее значения за оборот колеса лучше всего измерять на межцентромерах.

Замерив на межцентромере при плотном двухпрофильном зацеплении фактическое максимальное и минимальное расстояния между осями зубчатых колес контролируемой пары  $a_{\phi}$  и зная номинальное расчетное межосевое расстояние  $a_n$ , мы можем определить максимальное и минимальное радиальное перемещение одного из колес  $\Delta r$  за счет выбирания бокового зазора (см. рис. 5).

$$\Delta r_{\max} = a_n - a_{\phi \max}$$

$$\Delta r_{\min} = a_n - a_{\phi \min}$$

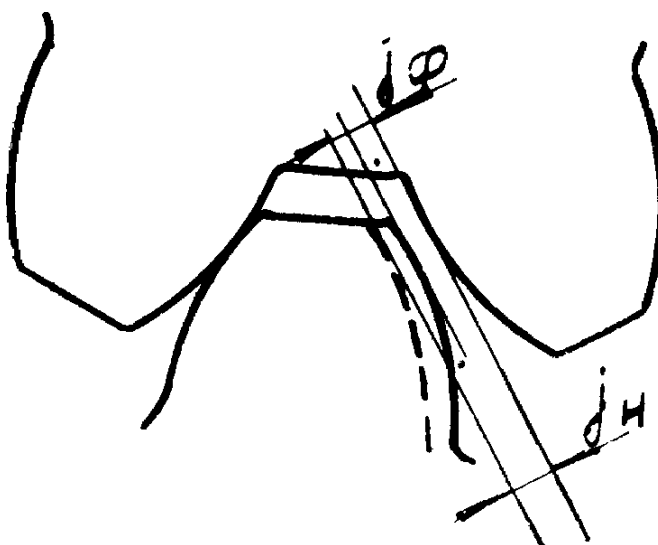
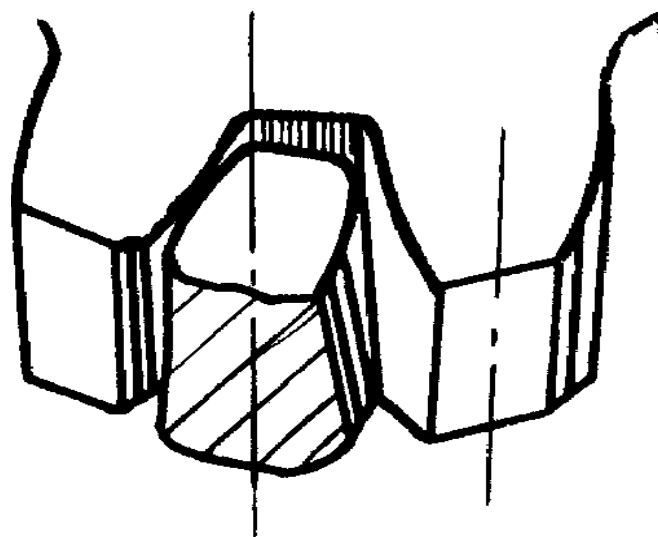
Так как по ГОСТу 13754—68 угол исходного контура зубчатых колес равен  $40^\circ$ , то боковой зазор (см. рис. 6) будет равен

$$j_n = 2 \Delta r \cos 70^\circ \quad (17)$$

Преимущества измерения бокового зазора на межцентромере перед другими способами контроля заключаются в следующем.

1. Достигаются высокая производительности контроля и высокая точность замеров.

2. Зная  $\Delta r_{\max}$  и  $\Delta r_{\min}$ , мы легко определим изменение величины бокового зазора в зацеплении за один оборот колеса.



**Рис. 4. Влияние погрешности направления и формы зубьев на величину бокового зазора**

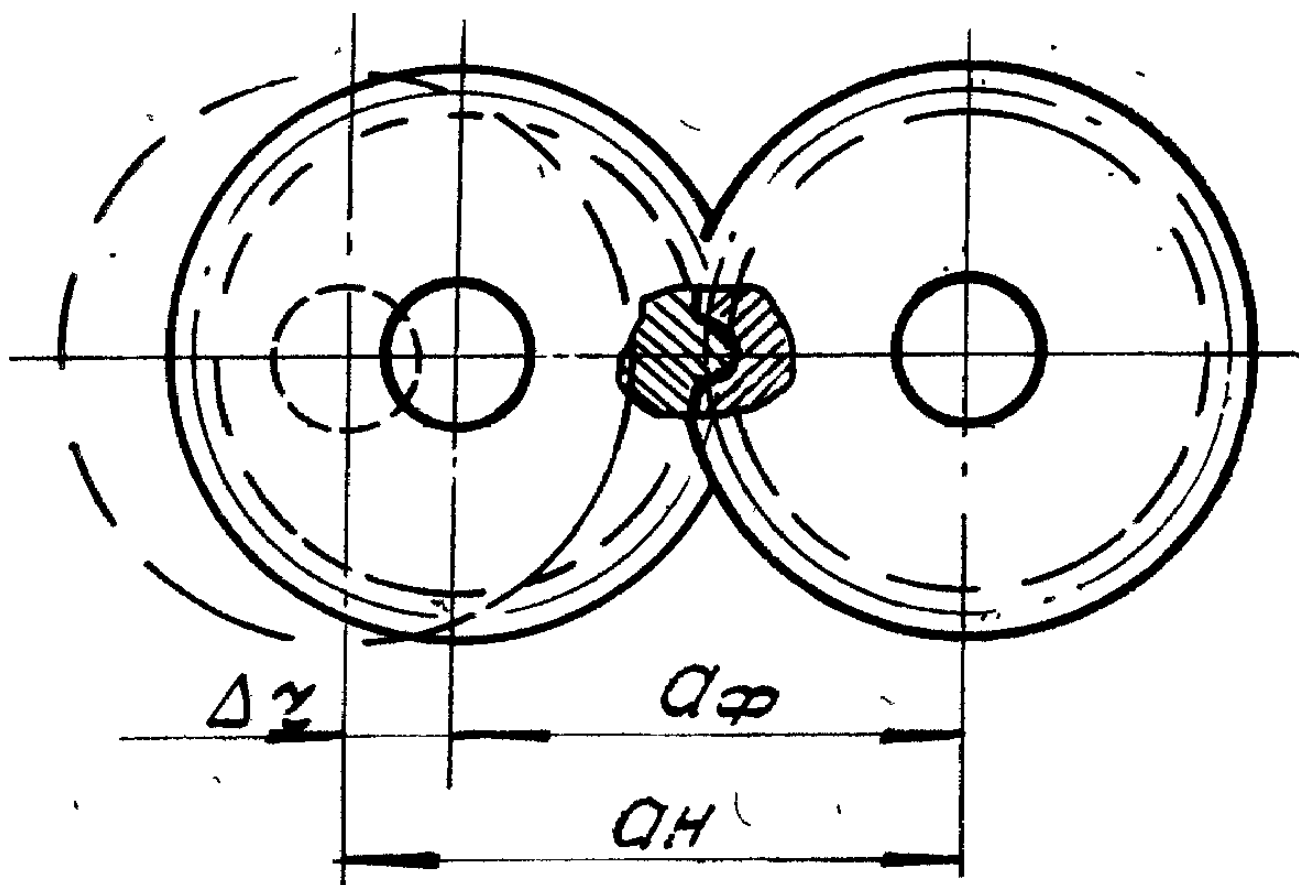
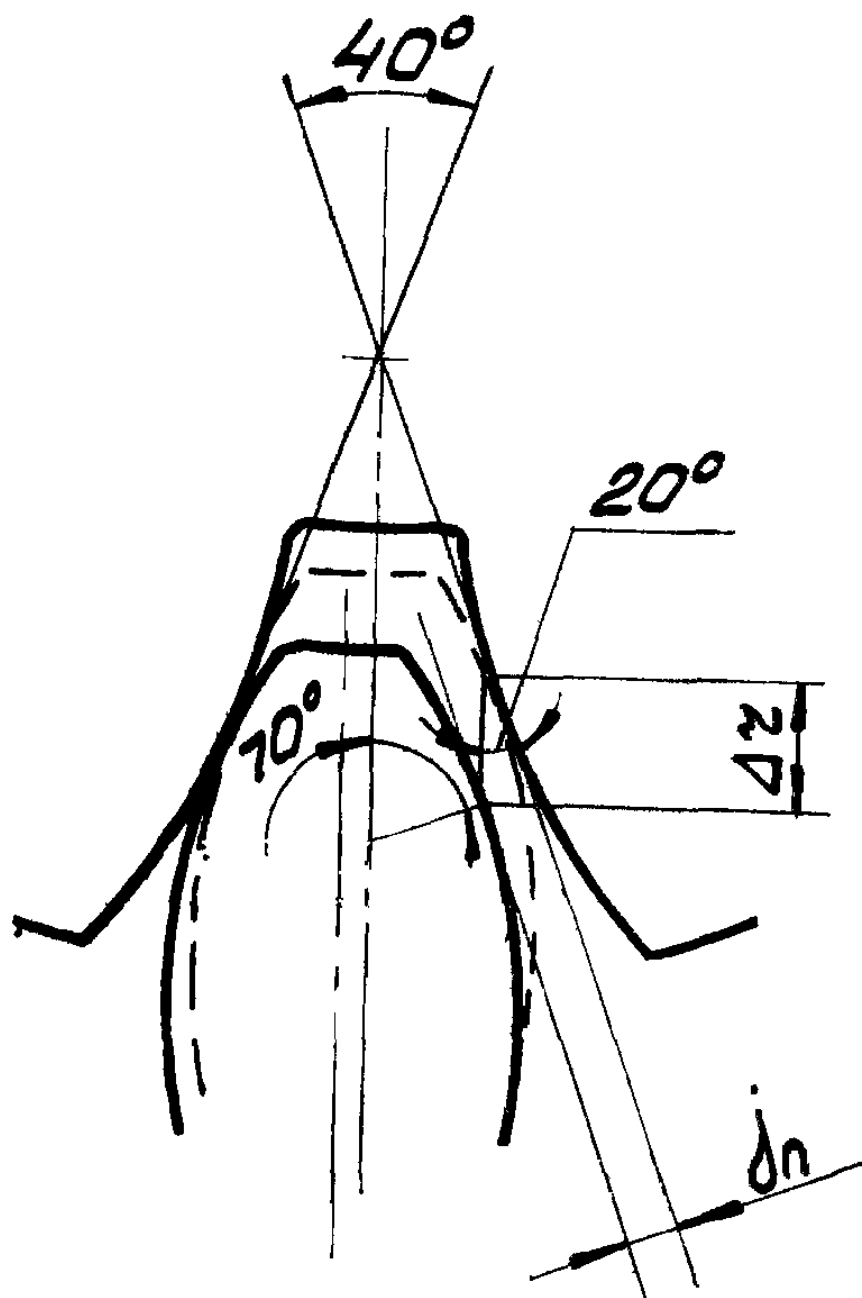


Рис. 5. Схема определения максимального и минимального  
Расстояний между осями зубчатых колес



**Рис. 6. Схема определения бокового зазора**

#### **4.5. Наладка для контроля измерительного межосевого расстояния колес малого диаметра**

Наладка состоит из двух кронштейнов 4 и двух специальных оправок 3, установленных на измерительной и установочной каретках. Сверху кронштейны прижимаются винтами 2 (рис. 7) и колпачком Б.

В призме кронштейнов винтами крепятся оправки 1 и 1'. На оправке 1' устанавливается измерительное колесо, а на оправке 1 - проверяемое.



Кронштейны с оправками выставляются с помощью конических штифтов 5 и двух винтов с гайками.

Ввиду того, что конфигурация колес может быть самой различной, завод-изготовитель комплектует прибор только оправками для установки эталонных колес и контрольных дисков для проверки прибора с посадочным -  $\varnothing 20$  мм.

Контроль колес малого диаметра производится согласно разделу 4 «Принцип измерения и работы прибора при контроле цилиндрических насадных, валковых колес и колес внутреннего зацепления».

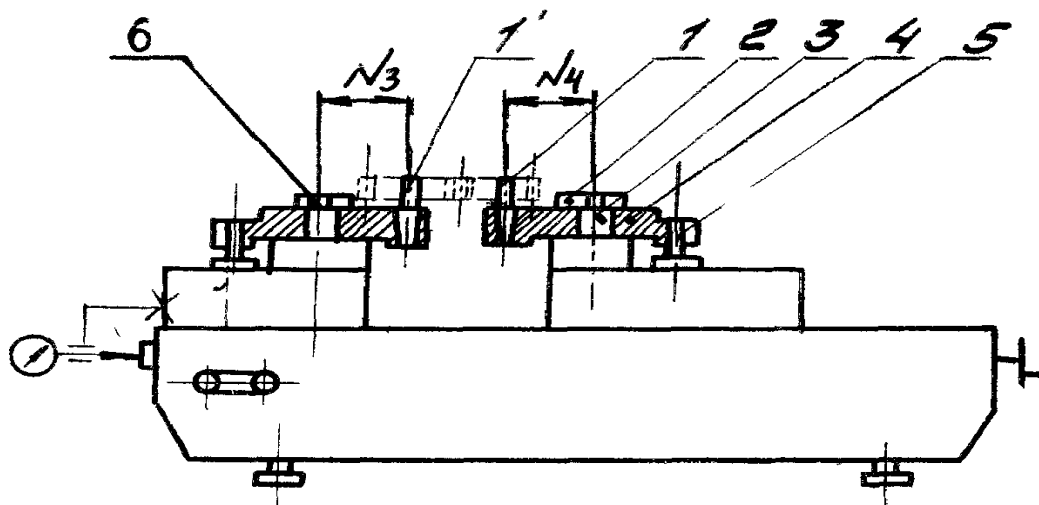
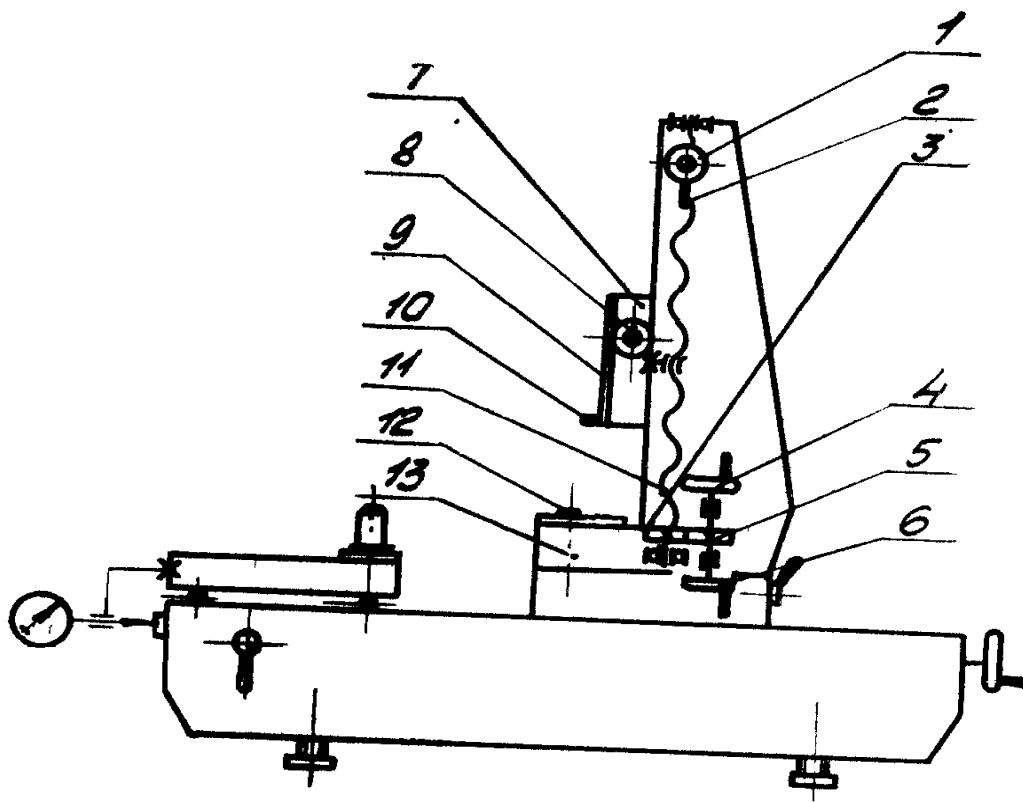


Рис. 7. Наладка для контроля измерительного межосевого расстояния

#### 4.6. Установка и описание конструкции кронштейна МЦ-400М.04.000

При укомплектовании прибора наладками 1, 2, 3, 4 с прибором поставляется кронштейн МЦ-400М.04.000. Кронштейн служит для крепления наладок и устанавливается для наладок 1, 2, 3 на установочной каретке (рис. 8), а для наладки 4—на измерительной каретке (рис. 9). Кронштейн центрируется на каретках установочной оправкой 12 и коническим штифтом и закрепляется винтами.

На подвижной каретке 7 кронштейна 13, перемещающейся в вертикальной плоскости от ходового винта 11, вращение на ходовой винт передается через зубчатые колеса 3 и 5 от маховиков 6 и 4 в зависимости от того, на какой каретке установлен кронштейн, установочной или измерительной, устанавливают измерительные наладки 1, 2, 3, 4.



**Рис. 8. Схема установочной каретки**

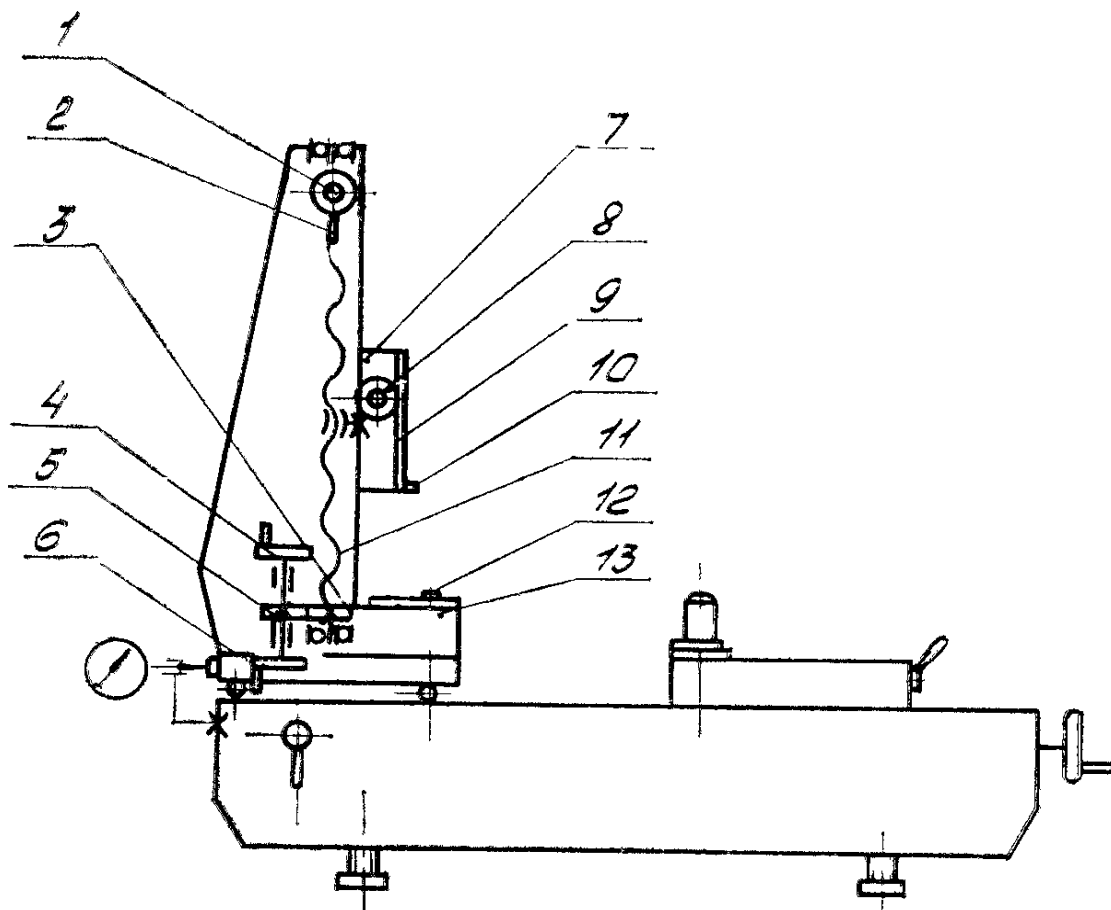
Точная подача каретки 7 по высоте осуществляется с помощью червячной пары рукояткой 1. Переключение с грубой подачи на точную производится рукояткой 2. Каретка 7 фиксируется в нужном положении винтом 8. Сменные наладки крепятся на каретке 7, базируя ее по направляющей 9.

#### **4.7. Наладка для контроля измерительного межосевого расстояния валковых зубчатых колес**

Для проверки валковых зубчатых колес прибор снабжается кронштейном 2 для установки контролируемого валкового колеса, устанавливаемого на измерительной каретке, и кронштейном 8, устанавливаемым на установочную каретку. На кронштейн 8 крепится кронштейн 7 для установки измерительного колеса (рис.10).

Цилиндрическая часть центра 1 служит для центрирования кронштейна 2. По вертикальным направляющим кронштейна 2 вручную перемещается бабка 4 с подвижным центром 6, центр крепится в нужном положении рукояткой 5. Кронштейн 2 крепится к каретке винтами.

Установку и описание конструкции кронштейна 8 см. в разделе 7. На направляющую планку 9 (см. рис. 8) кронштейна 8 надевается наладка 7 до упора 10 и крепится стяжными болтами 11 и гайками 9.



**Рис. 9. Наладка 4 на измерительной каретке**

#### **4.8. Наладка для контроля измерительного межосевого угла конических зубчатых колес**

Наладка состоит из кронштейна 3 и оправки 2 с посадочным диаметром 40 мм для установки измерительного или проверяемого колеса. Наладка устанавливается на кронштейн 5 до упора 6 по направляющей и крепится гайками 4. Измерительное колесо улавливается на оправку 1 измерительной каретки.

#### **4.9. Контроль измерительного межосевого угла конических зубчатых колес**

Для контроля конических колес (рис. 11) по линейке 1 и конусу 2 устанавливается расстояние  $P$ :

$$P = K + N + C_2, \quad (18)$$

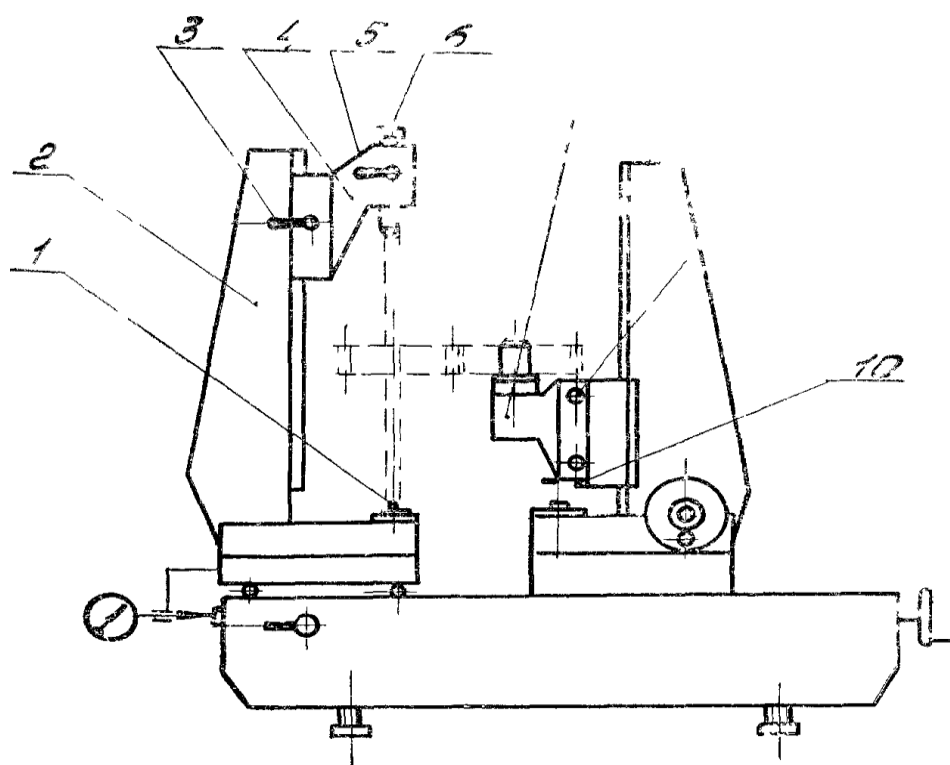


Рис 10

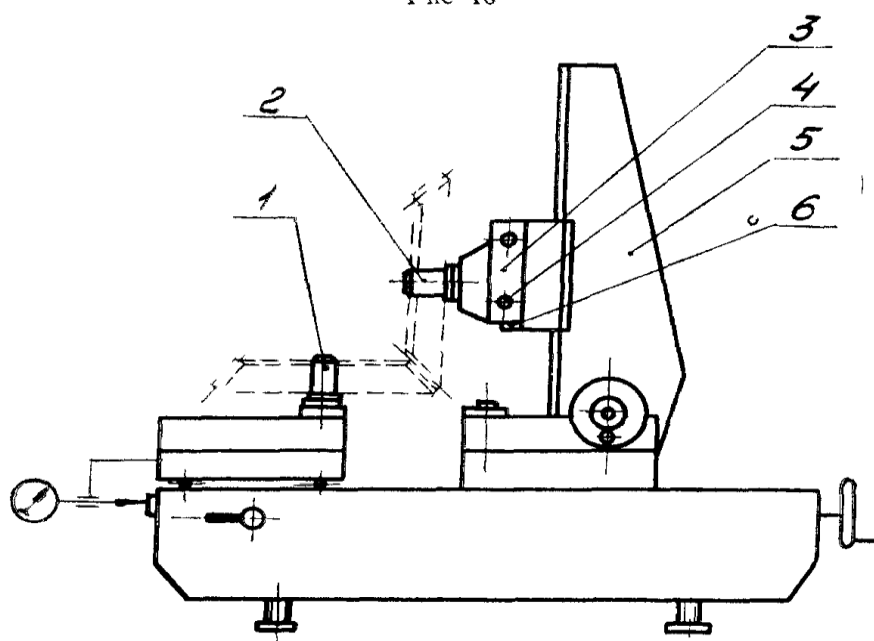
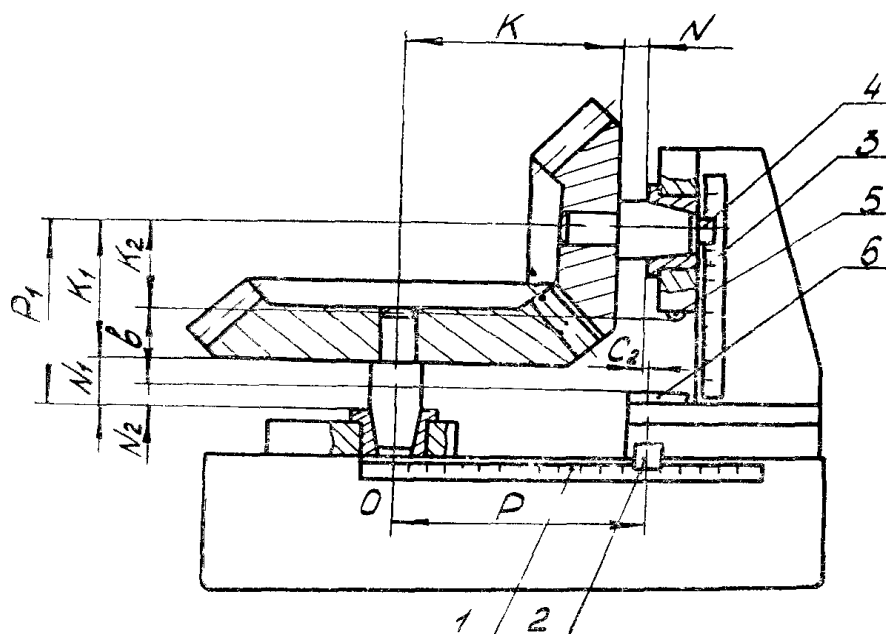


Рис. 10. Наладки для контроля измерительного межосевого угла

где  $K$  - расчетное расстояние от базового торца оправки до оси сопряженного колеса,

$N$  - расстояние от базового торца оправки до торца втулки, аттестуется потребителем для каждой оправки,

$C_2$  - расстояние от торца втулки до оси установочной каретки, аттестуется на заводе-изготовителе.



**Рис. 11. Схема контроля измерительного межосевого угла**

По линейке 3 и нониусу 4 устанавливается размер  $P_1$ , определяемый по формуле:

$$P_1 = N_1 + K_1 , \quad (19)$$

где  $N_1$  - расстояние от базового торца оправки до торца втулки, аттестуется потребителем на каждую оправку;

$K_1$  - расчетное расстояние от базового торца оправки до оси сопряженного колеса.

При установке размера  $P_1$  по блоку плоскопараллельных концевых мер блок подсчитывается по следующей формуле:

$$b = P_1 - N_2 - K_2 , \quad (20)$$

где  $N_2$  - расстояние от торца втулки оправки измерительной каретки до плоскости планки опорной 6 кронштейна, аттестуется на заводе-изготовителе;

$K_2$  - расстояние от оси оправки до упора сферического кронштейна 5, аттестуется на заводе-изготовителе.

Пересчет колебания измерительного межосевого угла за оборот колеса  $\delta_0 \varphi_{и}$  в значении осевого перемещения меньшего (измерительного) колеса из пары  $\delta_0 a_{и}$  производится по формуле:

$$\delta_0 a_{и} = \frac{\delta_0 \varphi_{и}}{\cos \varphi_k}, \quad (21)$$

где  $\cos \varphi_k$  - половина угла при вершине делительного конуса меньшего колеса.

#### 4.10. Наладка для контроля измерительного межосевого расстояния червячных пар

Наладка состоит из кронштейна 4, по направляющим которого перемещаются бабки левая и правая (на рис.12 показана левая бабка 2). Наладка устанавливается на кронштейн 3 и крепится стяжными болтами и гайками 5. Червяк устанавливается в центрах бабок. Вращение червяка осуществляется ручным приводом через маховичок.

Установка червяка по высоте осуществляется по линейке и нониусу, которые крепятся на кронштейне 3 и каретке 5.

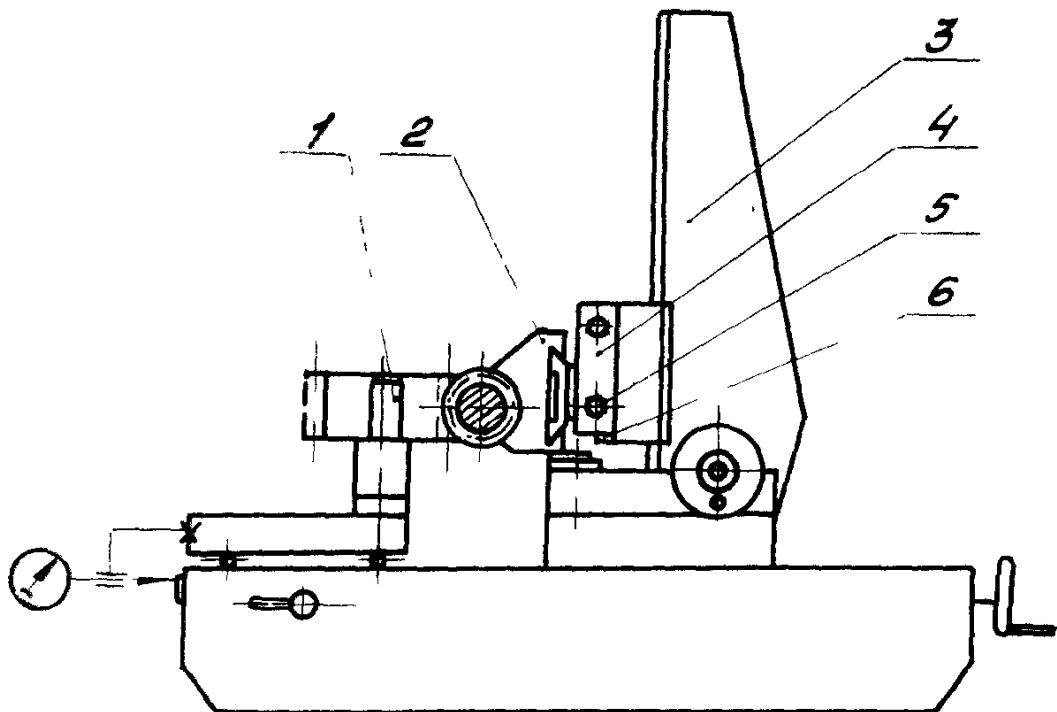


Рис. 12. Наладка для контроля измерительного межосевого расстояния

#### 4.11. Контроль измерительного межосевого расстояния червячных пар

Для контроля червячные пар (рис. 13) по линейке 1 и нониусу 2 устанавливаем размер  $P$ , равный:

$$P = a + C_1 \text{ мм}, \quad (22)$$

где  $a$  - межосевое расстояние;

$C_1$  - расстояние от оси червяка до оси оправки установочной каретки, аттестуется заводом-изготовителем.

Расчет измерительного межосевого расстояния « $a$ » производится по формуле:

$$a = m_x \left( \frac{g + Z_k}{2} \right) + X, \quad (23)$$

где  $m_x$  - модуль осевой;

$Z_k$  - число зубьев проверяемого колеса;

$g$  - коэффициент, равный отношению:

$$g = \frac{d}{m_x}, \quad (24)$$

где  $d$  - диаметр делительного цилиндра измерительного червяка;

$X$  - коэффициент сдвига (смещения, коррекции).

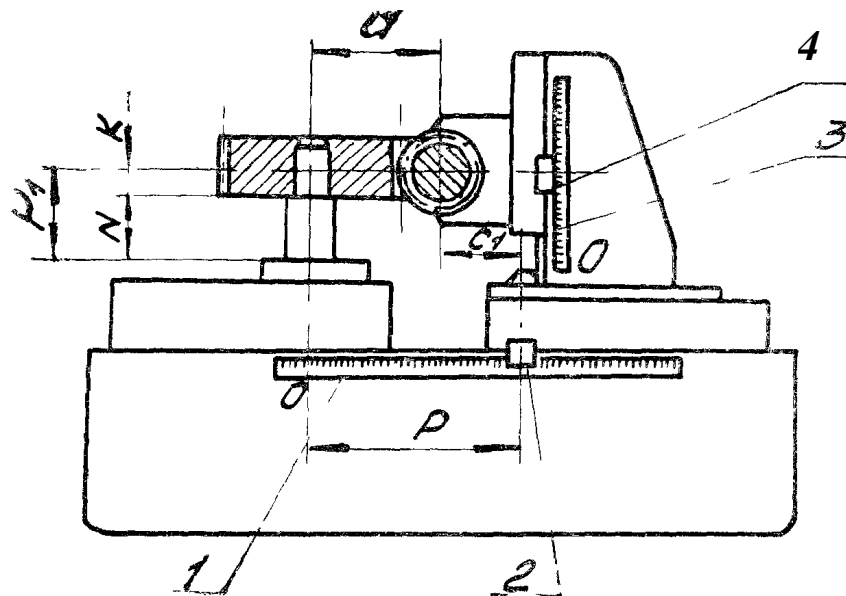


Рис. 13. Схема контроля измерительного межосевого расстояния

При помощи линейки 3 и нониуса 4 устанавливается размер  $P_1$ , рассчитываемый по формуле:

$$P_1 = N + K + 1, \quad (25)$$

где  $N$  - расстояние между базовым торцом оправки и торцом втулки, аттестуется потребителем для каждой оправки;

$K$  - расстояние, подсчитываемое для каждого колеса, в зависимости от его конструкции;

1 - поправка, равная 10 мм, связанная с конструкцией прибора.



## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

<b>ЦЕЛЬ РАБОТЫ.....</b>	
<b>1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИБОРА.....</b>	
<b>2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА.....</b>	
<b>3. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРА.....</b>	
<b>4. ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ И РАБОТЫ ПРИБОРА ПРИ КОНТРОЛЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО МЕЖОСЕВОГО РАССТОЯНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ НАСАДНЫХ, ВАЛКОВЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ВНУТРЕННЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ.....</b>	

**Остапчук Александр Константинович**

**Марфицын Валерий Владимирович**

**Губанов Виктор Федорович**

## **ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ**

### **Методические указания**

к выполнению *лабораторной работы* для студентов  
специальности 072000 “Стандартизация и сертификация”,  
специальности 120100 “Технология машиностроения”

Редактор ***Н.М.Кокина***

---

Подписано в печать		Бумага тип. № 1
Формат 60x84 1/16	Усл. печ. л.	Уч.-изд. печ. л.
Заказ	Тираж 75	Цена свободная

---

Издательство Курганского государственного университета  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25  
Курганский государственный университет, ризограф