

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

**Цель работы:** изучить методы и средства контроля зубчатых колес. Проанализировать требования к точности зубчатых колес. Измерить параметры, характеризующие точность зубчатых колес. Дать заключение о годности зубчатого колеса по контролируемым параметрам.

### 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Зубчатые передачи широко применяются как в машинах, так и в приборах. По эксплуатационному назначению можно выделить четыре основные группы передач: отсчетные, скоростные, силовые и общего назначения. Точностные требования к передачам устанавливают исходя из их назначения. Установлено двенадцать степеней точности зубчатых колес и передач, обозначаемых в порядке убывания: 1, 2, 3, ... 12. Для каждой степени точности установлены нормы допускаемых отклонений параметров, определяющих кинематическую точность колес и передачи, плавность работы и контакт зубчатых колес и передач, что позволяет назначить различные нормы и степени точности для передач в соответствии с их эксплуатационным назначением.

Лабораторная работа состоит из трех заданий:

Контроль параметров кинематической точности зубчатых колес;

Контроль параметров плавности работы зубчатых колес;

Контроль параметров, характеризующих нормы базового зазора.

Объект контроля: прямозубое цилиндрическое колесо

$m = 2 \dots 5$  мм,  $z_n = 20 \dots 40$ , степень точности зубчатого колеса

4 ... 9, вид сопряжений и допуск базового зазора – произвольные.

### 2 КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Средства измерений и вспомогательные устройства: межцентромер, нормалемер, колеса измерительные, плоскопараллельные концевые меры длины и принадлежности к ним.

**Межцентромер** (рис. 1) имеет основание 1, плавающий суппорт 2, смонтированный на шариках, жесткий суппорт 3, устанавливаемый в требуемое положение по шкале 4 и нониусу 5 при помощи винта с маховичком 6 и стопора 7.

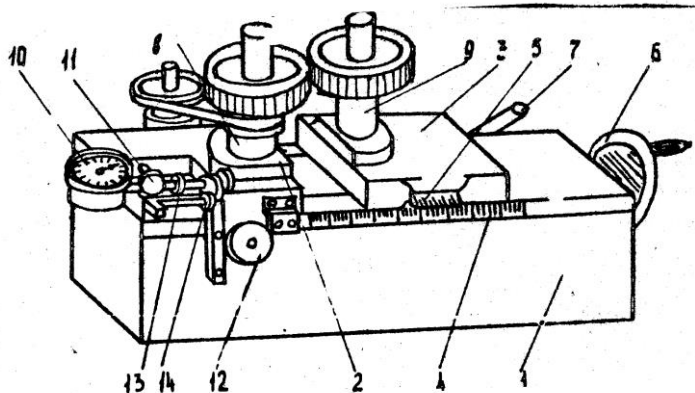


Рис. 1. Межцентромер

Оправки 8 и 9 жестко связаны с суппортами 2 и 3; на оправку 8 са-  
 жается измерительное колесо, на оправку 9 проверяемое колесо. Суп-  
 порт 2 под действием пружины, находящейся внутри него, прижимает  
 измерительное колесо к проверяемому колесу, создавая плотное за-  
 цепление.

Индикатор 10, закрепленный в державке 11, регистрирует отклоне-  
 ния и колебание измерительного межцентрового расстояния при про-  
 ворачивании колес относительно друг друга.

**Нормалемер** (рис. 2) состоит из цилиндрической пустотелой штан-  
 ги I, по которой перемещается разрезная втулка 2, четко соединенная с  
 переставной измерительной губкой 3.

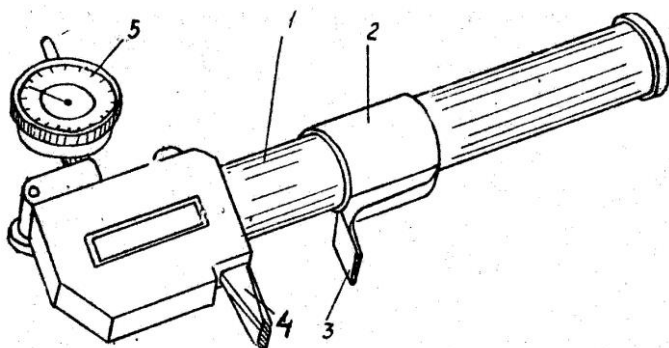


Рис. 2. Нормалемер

Подвижная измерительная губка 4, укрепленная на двух параллельных пружинах, может перемещаться параллельно оси штанги и передавать свое перемещение индикатору 5 через угловой рычаг. Нормалемер настраивают на требуемый размер по концевым мерам, перемещаемым между его губками.

Измерение колебаний межосевого расстояния и длины общей нормали осуществляются методом непосредственной оценки.

Контроль кинематической точности зубчатого колеса осуществляется с использованием двух показателей, составляющих комплекс, достаточный для оценки колеса по норме кинематической точности.

При измерении межосевого расстояния на межцентромере измеряемое и контрольное зубчатые колеса устанавливают на оправке межцентромера. Перемещая его подвижную каретку, вводят колесо в двухпрофильное зацепление, поворачивает контролируемое зубчатое колесо на полный оборот и фиксируют размах показаний индикатора, характеризующий колебание измерительного межосевого расстояния за оборот колеса.

При измерении колебания длины общей нормали, губки нормалемера настраивают на произвольную общую нормаль колеса. Число зубьев  $Z_n$ , определяющих длину нормали, рассчитывают по формуле

$$Z_n = Z / 9 + 0,5,$$

где  $Z$  – число зубьев колеса.

Рассчитанное значение  $Z_n$  округляют до ближайшего большего условного числа.

Колебание измерительного межосевого расстояния определяют как алгебраическую разность между наибольшим и наименьшим показаниями прибора за полный оборот контролируемого колеса. При контроле межосевого расстояния записывают измеренные значения наибольшего в наименьшего отклонений и колебание межосевого расстояния.

Колебание длины общей нормали определяют как алгебраическую разность между наибольшим и наименьшим отклонениями от произвольного значения, на которое был настроен нормалемер. В качестве результатов измерений фиксируют все измеренные отклонения от настроенного размера общей нормали.

Результаты намерений проставляют с указанием погрешностей.

### **Порядок выполнения работы**

Проанализировать требования к точности зубчатого колеса.

Оценить погрешности измерений.

Измерить отклонения межосевого расстояния от произвольно настроенного размера и определить колебание межосевого расстояния.

Рассчитать число зубьев, укладываемых на длине общей нормали колеса.

Настроить прибор на произвольную общую нормаль и измерить отклонение длин общих нормалей от настроенного значения. Определить значение колебания длины общей нормали.

Сравнить измеренные значения колебания межосевого расстояния и длины общей нормали с предельными допускаемыми значениями.

Дать заключение о годности зубчатого колеса по норме кинематической точности.

### 3 КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ПЛАВНОСТИ РАБОТА ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Средства измерений и вспомогательные устройства: шагомер тангенциальный, принадлежности к шагомеру, набор концевых мер длины.

**Шагомер тангенциальный**, используемый для проверки основного шага, изготавливают трех моделей (рис. 3):

БВ - 1086 для  $m = 2 - 10$  мм;

БВ - 1081 для  $m = 10 - 16$  мм;

БВ - 1101 для  $m = 10 - 36$  мм.

Чувствительный измерительный наконечник I прибора подвешивается на плоских пружинах и связан со встроенной в корпус прибора двухсторонним отсчетным устройством с ценой деления 0,001 мм. Измерительный наконечник 2 может перемещаться при помощи винта 3 и стопорится винтом 4. Специальный опорный наконечник 5 поддерживает прибор при измерении колеса. Наконечник 5 может перемещаться винтом 6 и поворачиваться вокруг оси при помощи винта 7. Стопором служит маховик 8. Перед измерением прибор настраивают на номинальное значение основного шага  $a = m \pi \cos \alpha_0$  при помощи державки 9, в которую закладываются струбцина 10 с блоком концевых мер и специальными боковиками. Блок помещают между боковиками II и 12 и зажимают винтом 13.

Прибор устанавливается в струбцине 10 таким образом, чтобы неподвижный измерительный наконечник 2 поместился между роликами и бовиком 12, а подвижный измерительный наконечник I контакти-

ровал с боковиком II. При помощи винта 3 отсчётному прибору сообщается натяг на один оборот стрелки.

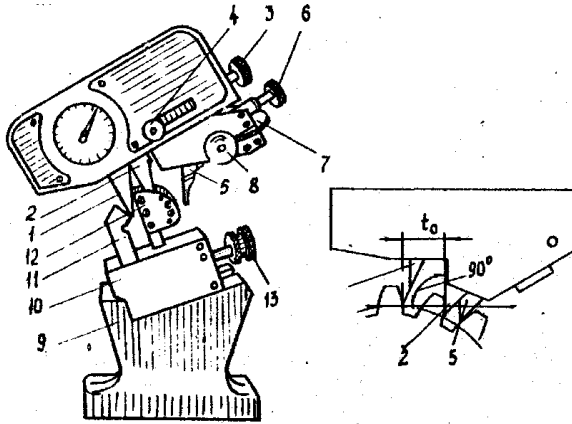


Рис. 3. Шагомер тангенциальный

После закрепления винта 4 отсчетный прибор окончательно устанавливается на нулевое положение. Настроенный прибор переносится на зубчатое колесо и устанавливается таким образом, чтобы измерительные наконечники 1 и 2 касались одноименных профилей двух соседних зубьев колеса по нормали к их профилям, а упор 5, устанавливаемый винтами 5 и 7 и касающийся своим концом противоположного профиля третьего зуба, обеспечивал полное прилегание неподвижной губки к профилю зуба. Наконечники закрепляются винтами 4 и 8. Отклонение стрелки отсчетного прибора покажет отклонение основного дуга от номинального.

При измерении шагомером шага зацепления используется метод сравнения с мерой.

Перед началом измерений шага зацепления шагомер настраивают по блоку концевых мер длины, установленному в струбцину со специальными боковиками из принадлежности к шагомеру. Шаг зацепления  $P_a$  определяют из зависимости:

$$P_a = m \pi \cos \alpha$$

С помощью настроенного шагомера измеряют шаги зацепления зубчатого колеса по "правам", и "левым" профилями зубьев, если требованиями к точности колеса не предусмотрен контроль только по од-

ной стороне профиля и фиксируют значения отклонений шагов от номинального.

Из измеренных значений отклонений шага зацепления отыскивают максимальное, которое подлежит сравнению с предельным отклонением шага по заданной степени точности.

Результаты измерений представляют с указанием значений погрешностей.

#### **Порядок выполнения работы.**

Проанализировать требования к точности зубчатого колеса, подлежащего контролю.

Оценить погрешности измерений.

Настроить прибор на номинальный шаг зацепления и измерить отклонения шагов по "правому" и "левому" профилям. Определить максимальное отклонение шага зацепления.

Сравнить измеренные значения шага зацепления с предельными допускаемыми значениями.

Дать заключение о годности колеса по норме плавности работы.

### **4 КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ НОРМЫ БОКОВОГО ЗАЗОРА ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА**

Средства измерений: штангензубомер, штангенциркул.

**Штангензубомер** – прибор для определения толщины зубьев цилиндрических зубчатых колес по постоянной хорде (рис. 4).

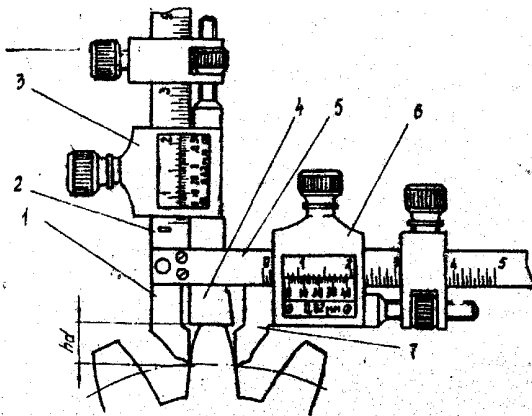


Рис. 4. Штангензубомер

Он состоит из двух взаимно-перпендикулярных линейек 2 и 5. Линейка 2 имеет неподвижную губку I, имеющую измерительную плоскость. По линейке 5 с нанесенной шкалой перемещается рамка 6 и подвижная губка 7, представляющая вторую измерительную плоскость. По вертикальной линейке перемещается рамка 3 с упором 4, определяющим высоту до хорды зуба. Перед измерением упор 4 по нониусу рамки 3 устанавливают на размер, соответствующий высоте  $h_c$ , на которой предполагается измерить длину хорды зуба, и закрепляют в этом положении. Затем измерительные губки I и 7 сводятся до касания с профилем зуба колеса и производится измерение. Длину измеряемой хорды отсчитывают непосредственно по нониусу рамки 6 штангензубомера.

Невысокая точность измерений штангензубомером связана с базированием прибора по окружности зубчатого колеса, а также с наличием кромочного контакта измерительных губок с поверхностью зубьев.

При измерении толщины зуба используется метод непосредственной оценки.

Перед началом, измерений прибор настраивают на расчетное значение высоты постоянной хорда  $h_c$  от окружности выступов, которое определяют из зависимости:

$$h_c = d_{ad} / 2 - G,$$

где  $d_{ad}$  – действительное значение наружного диаметра;

$$G = d/2 + (\pi/8 \sin 2\alpha + x \sin^2 \alpha)m,$$

$d$  – диаметр делительной окружности

$x$  – коэффициент смещения.

Определив  $d_{ad}$  с помощью штангенциркуля, находят значение  $h_c$ . Упор прибора устанавливают по нониусу на расчетное значение  $h_c$ . Измеряют толщину постоянной хорды диаметрально расположенных зубьев на нескольких взаимно-перпендикулярных диаметрах.

#### **Оформление результатов измерений.**

Для оформления результатов измерений необходимо использовать расчетные формулы:

длина постоянной хорды

$$S_c = 1,387m_n,$$

где  $m_n$  - нормальный модуль;

наибольшая и наименьшая допустимая толщина зуба по постоянной хорде:

$$S_{c \max} = S_c - E_{cSnp},$$

$$S_{c \min} = S_c - (E_{cSnp} + T_{c \text{ пр}}).$$

Входящие в расчетные формулы наименьшие отклонения толщины зуба  $E_{cSnp}$  и допуск толщины зуба  $T_{c \text{ пр}}$  находят следующим образом: определяют значения  $E_{cs}$  и  $T_c$  из стандартов, исходя из допуска радиального биения зубчатого венца  $Fr$ , вида сопряжения, вида допуска бокового зазора и степени точности зубчатого колеса, а затем - производственные отклонения и допуск толщины зуба.

При измерении толщины зуба с использованием в качестве измерительной базы диаметра выступов производственное отклонение и допуск толщины зуба определяют по формулам:

$$E_{ce \text{ пр}} = IE_{ce}I + 0,09T_{ce},$$

$$T_{ce} = 0,8T_c.$$

Результаты измерений толщины ряда зубьев необходимо представить в виде табл. 1.

Таблица. 1. Результаты измерений толщины зубьев

Номер зуба	
c, мм	

### Порядок выполнения работы

Проанализировать основные требования к точности зубчатого колеса, подлежащего контролю.

Оценить погрешность измерений.

Определить расчетное значение высоты до постоянной хорды.

Определить допустимую толщину зуба.

Полученные значения толщины зубьев по постоянной хорде сравнить с наибольшим и наименьшим допустимым значениями.

Дать заключение о годности зубчатого колеса по контрольному параметру.

## 5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какими параметрами характеризуется кинематическая норма точности зубчатых колес?

2. Какими параметрами характеризуется плавность работы зубчатых колес?

3. Какими параметрами характеризуется боковой зазор зубчатой пары?

4. Укажите приборы и инструменты для контроля: кинематической нормы точности зубчатых колес, плавности работы зубчатых колес, бокового зазора зубчатой пары. Конструкция приборов, принцип их работы, метрологические характеристики.

5. Укажите приборы и инструменты для контроля кинематической нормы точности зубчатых колес. Конструкция приборов, принцип их работы, метрологические характеристики.

6. Укажите приборы и инструменты для контроля плавности работы зубчатых колес. Конструкция приборов, принцип их работы, метрологические характеристики.

7. Укажите приборы и инструменты для контроля бокового зазора зубчатой пары. Конструкция приборов, принцип их работы, метрологические характеристики.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анухин, В. И. Допуски и посадки: учеб. пособие / В. И. Анухин. – 5-е изд. – СПб: Питер, 2012. – 256 с.

2. Колчков, В. И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В. И. Колчков. – М.: ФОРУМ; Инфра-М, 2013. – 432 с.

3. Ганевский, Г. М. Допуски и посадки и технические измерения в машиностроении : учеб. пособие для сред. проф. образования / Г. М. Ганевский, И. И. Гольдин. – Москва: ПрофОбрИздат, 2002. – 288 с.

4. Соломахо, В. Л. Нормирование точности и технические измерения : учеб. пособие / В. Л. Соломахо, Б. В. Цитович, С. С. Соколовский. – Минск : Изд-во Гревцова, 2011. – 360 с.

5. Аристов А.И. Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 256 с.

6. Ганевский, Г. М. Лабораторно-практические работы по предмету «Допуски и технические измерения»: учеб. пособие / Г. М. Ганевский. – М.: Высш. шк., 1988. – 64 с.