

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Стандартизация, сертификация и управление качеством»

КОНТРОЛЬ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ВЕНЦА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов специальностей

200503, 151001, 151002, 190201, 190202, 190603, 190601, 280101, 190702



Курган 2009

Кафедра: «Стандартизация, сертификация и управление качеством»
Дисциплины: «Взаимозаменяемость» (специальность 200503);
«Методы и средства измерений, испытаний и контроля»
(специальность 200503);
«Метрология, стандартизация и сертификация»
(специальности 151001, 151002, 190201, 190202, 190601,
190603, 280101, 190702)

Составили: канд. техн. наук, доцент П.А. Гудков

Составлены на основы переработанных и дополненных методических указаний к выполнению лабораторной работы «Контроль радиального биения венца цилиндрических зубчатых колес» / П.А. Гудков. – Курган: КМИ, 1984.- 16с.

Утверждены на заседании кафедры «5» июня 2009 г.
Рекомендованы методическим советом университета

«6» 11 2009 г.

Содержание

1	Цель работы	4
2	Основные теоретические положения	4
2.1	Определение и обозначение радиального биения зубчатого венца колес	4
2.2	Методы измерения радиального биения зубчатого венца	6
3	Приборы для контроля радиального биения зубчатого венца колес	9
3.1	Принцип работы и конструктивные особенности приборов	9
3.2	Описание биенимера Б-10	10
4	Проведение и оценка измерений на биенимера	12
5	Перечень лабораторного оборудования	13
6	Инструкция по проведению работы	13
7	Содержание отчета	13
8	Контрольные вопросы	13
	Список литературы	14

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью выполнения лабораторной работы является закрепление теоретического материала раздела «Взаимозаменяемость зубчатых передач», приобретение практических навыков по настройке контрольных приборов, выполнению контрольных операций и оценке результатов контроля.

2 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Определение и обозначение радиального биения зубчатого венца колес

Взаимозаменяемость зубчатых передач может быть обеспечена только при условии соблюдения допусков на погрешности зубчатых колес в процессе их изготовления и сборки. В зависимости от характера действия при работе зубчатых колес все погрешности отнесены к четырем группам и регламентированы согласно ГОСТ 1643-81 соответствующими нормами: кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев, бокового зазора между нерабочими поверхностями зубьев. Раздельное нормирование точности зубчатых передач позволяет учитывать различные требования к их точности в зависимости от условий эксплуатации. Так, для обеспечения нормальной работы делительных, планетарных, отсчетных передач наиболее существенное значение имеет соблюдение норм кинематической точности, т.е. ограничение погрешности угла поворота зубчатых колес в пределах одного оборота. Одним из дифференцированных показателей точности цилиндрических зубчатых колес по нормам кинематической точности по ГОСТ 1643-81 является радиальное биение зубчатого венца, F_{Γ} . Данный показатель нашел широкое применение в практике зубообработки. Радиальное биение зубчатого венца совместно с другими показателями (колебание длины общей нормали и погрешности обката) входит в комплексы контролируемых параметров при оценке кинематической точности цилиндрических зубчатых колес 3 ... 8 степеней точности. Оценка же кинематической точности цилиндрических зубчатых колес 7 и 8 степеней точности с делительными диаметрами свыше 1600 мм до 6300 мм и колес 9 ... 12 степеней точности при делительных диаметрах до 6300 мм проводится только по радиальному биению зубчатого венца.

Радиальное биение зубчатого венца F_{Γ} по ГОСТ 1643-81 определяется как наибольшая в пределах зубчатого колеса разность расстояний от его рабочей оси до делительной прямой элемента нормального исходного контура (одиночного зуба или впадины), условно наложенного на профили зубьев колеса (рисунок 1). Радиальное биение зубчатого венца является дискретным проявлением колебания измерительного межосевого расстояния за оборот, т.е. дискретным изменением радиальной составляющей кинематической погрешности зубчатого колеса. Допуск на радиальное биение зубчатого венца согласно ГОСТ 1643-81 обозначается символом F_{Γ} .

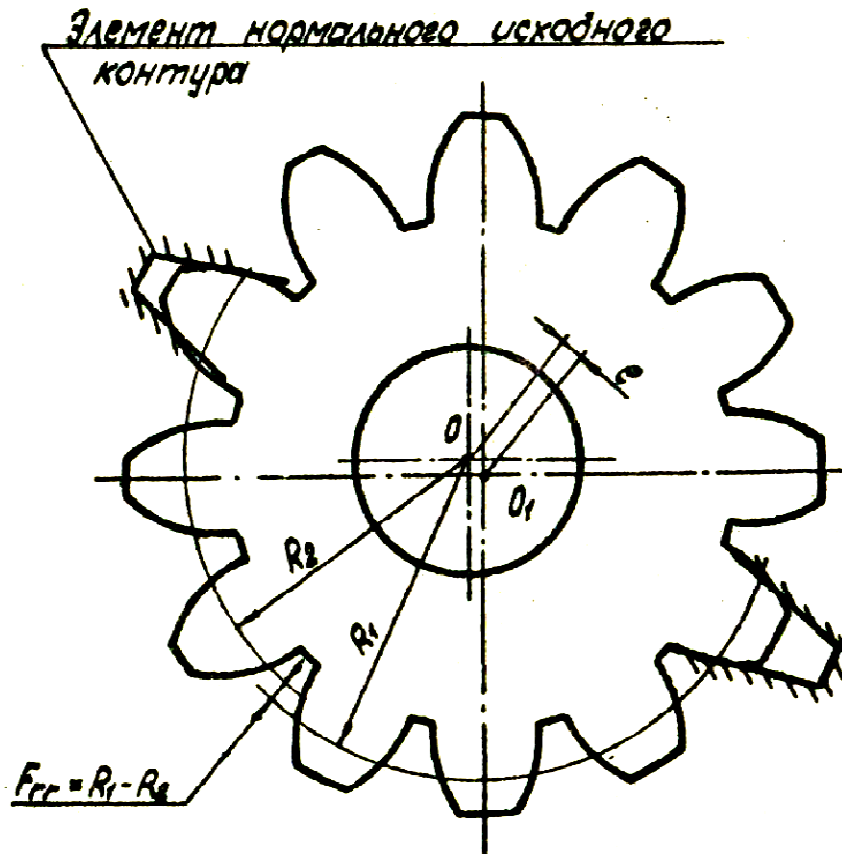


Рисунок 1 – Радиальное биение зубчатого венца

0 – ось базового отверстия; 0₁ – ось венца; e – эксцентриситет между осями

Причиной образования радиального биения зубчатого венца колес является несовпадение (эксцентриситет) осей базового отверстия и нарезанного венца, а также погрешность его формы. Технологическими источниками возникновения эксцентриситета осей венца и отверстия считаются: односторонний зазор между поверхностью базового отверстия и центрирующим элементом приспособления, торцовое биение колеса, смещение оси приспособления относительно оси вращения планшайбы станка, биение центров станка (в случае базирования детали по центровым отверстиям). Погрешность формы зубчатого венца появляется в результате произвольных колебаний расстояния между зуборезным инструментом и обрабатываемой деталью из-за нежесткости системы СПИД, радиального и осевого биения инструмента. Совместное действие при нарезании зубчатых колес многих технологических погрешностей служит причиной сложного характера изменения радиальных погрешностей венца. Радиальное биение зубчатого венца определяется по результатам контроля изменений положения измерительного наконечника, реализующего элемент нормального исходного контура, последовательно по всем впадинам зубьев (рисунок 2). Численное значение радиального биения венца равно разности максимальной и минимальной радиальных погрешностей с учетом их знака:

$$F_{rr} = \Delta R_{\max} - \Delta R_{\min}, \text{ мкм} \quad (1)$$

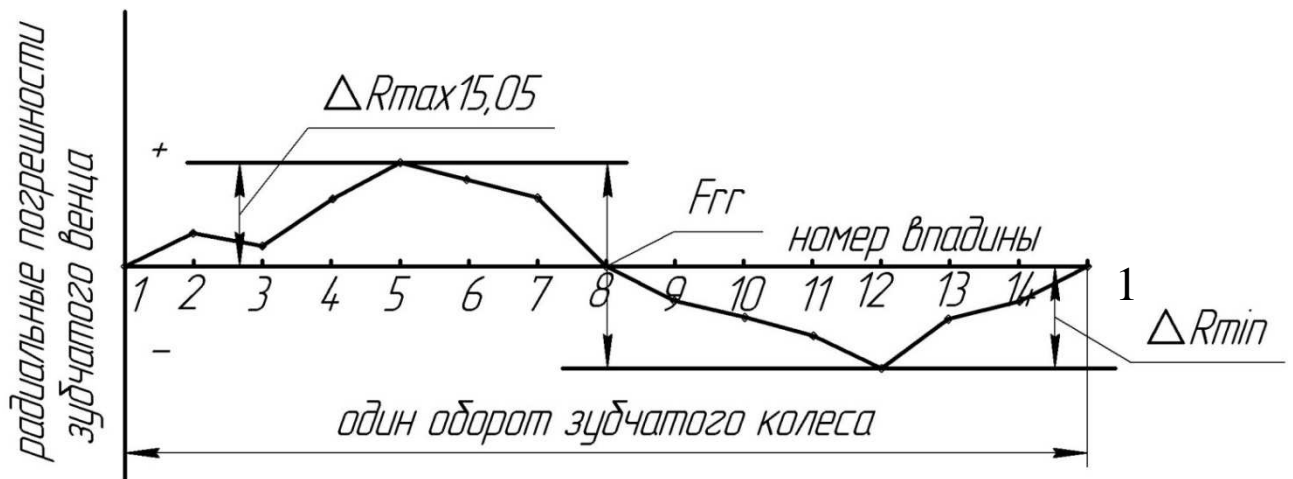


Рисунок 2 График радиальных погрешностей зубчатого венца

Действующим стандартом (ГОСТ 1643-81) в зависимости от степени точности величины модуля и размеров цилиндрических зубчатых колес установлены допуски на радиальное биение венца (таблица 1).

Таблица 1 - Значение допусков на радиальное биение зубчатого венца цилиндрических зубчатых колес

Делительный диаметр зубчатого колеса, мм	Допуски на радиальное биение венца, мкм											
	Модуль от 1 до 3,5 мм						Модуль св. 3,5 до 6,3 мм					
	Степени точности						Степени точности					
	7	8	9	10	11	12	7	8	9	10	11	12
До 125	36	45	71	100	125	160	40	50	80	125	160	200
Св. 125 до 400	50	63	80	112	140	180	56	71	100	140	180	224

2.2 Методы измерения радиального биения зубчатого венца

Контроль радиального биения зубчатого венца колес практически заключается в определении при помощи специальных измерительных наконечников положения постоянных хорд зубьев или впадин. В этом случае контакт наконечника с профилями зубьев должен происходить по точкам, соответствующих концам постоянных хорд.

Постоянной хордой впадины называется отрезок, соединяющий точки касания двух профилей впадины между зубьями колеса с зубом зубчатой рейки (элементом нормального исходного контура) при прохождении оси симметрии зуба рейки через ось зубчатого колеса. Соответственно с этим, постоянной хордой зуба называется отрезок, соединяющий точки касания двух профилей зуба колеса с зубчатой рейкой при прохождении оси симметрии впадины рейки через ось зубчатого колеса. Характерной особенностью этих точек является то, что они в ходе нарезания зубчатых колес обрабатываются одновременно при одном угловом положении заготовки. Только эти парные точки определяют положения режущего инструмента относительно колеса, любые другие точки на профилях зубьев получаются при разных угловых положениях колеса на станке и не могут характеризовать радиальные погрешности венца в полной мере, поскольку отклонения их положения частично вызваны тангенциальными погрешностями зубообработки (погрешностью обката). Условие касания измерительного наконечника профилей зубьев по точкам постоянных хорд принято потому, что в противном случае результаты контроля будут включать не только радиальные погрешности, но также и некоторую долю тангенциальных погрешностей, точность контроля будет снижена.

При измерении радиального биения зубчатого венца применяются измерительные наконечники с различной формой рабочих поверхностей (рисунок 3): конической, сферической, в виде одиночного зуба или впадины зубчатой рейки, цилиндрические ролики.

Контроль цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления может производиться при помощи конусных наконечников (рисунок 3, а) либо наконечников с формой зуба или впадины зубчатой рейки (рисунок 3, в, г). Подавляющее большинство отечественных приборов снабжается набором наконечников в виде наружного конуса (ГОСТ 8137-81), причем каждый наконечник из такого набора обеспечивает измерение колес соответствующего диапазона модулей.

Для цилиндрических колес внутреннего зацепления используют наконечники со сферической рабочей поверхностью (рисунок 3, б). Цилиндрические ролики (рисунок 3, д) могут применяться при контроле колес как внутреннего, так и наружного зацепления, особенно для деталей больших размеров в рабочем монтаже.

С целью обеспечения условий контакта по точкам постоянной хорды конусные и призматические (в виде зуба или впадины рейки) наконечники изготавливаются с углом при вершине, равным удвоенному углу исходного контура. Для зубчатых колес с углом исходного контура $\alpha=20^{\circ}$ конусные

наконечники имеют угол при вершине $2\alpha=40^0\pm 7'$. Если же угол при вершине наконечника значительно отличается от двойного угла исходного контура, то в процессе контроле будет обнаруживаться часть тангенциальных погрешностей обработки.

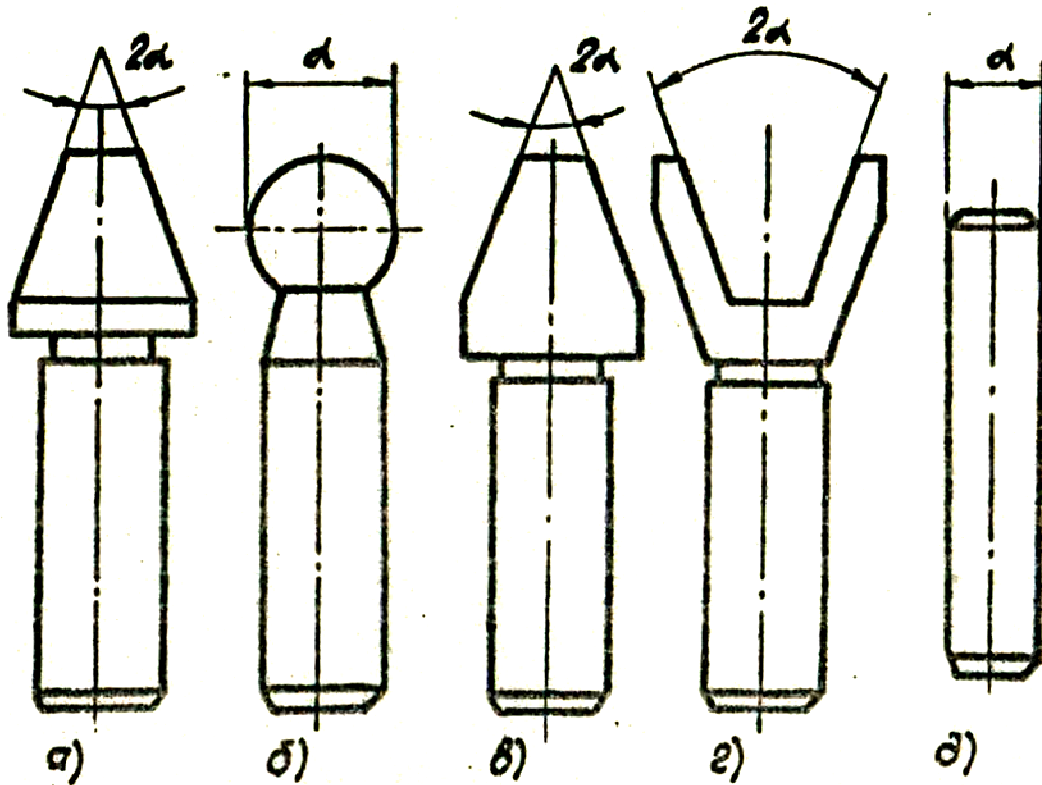


Рисунок 3 – Виды измерительных наконечников

Особенно необходимо остановиться на вопросе об использовании сферических или роликовых наконечников. Для некорригированных колес с $\alpha=20$, не имеющих утонения зубьев, по условиям максимальной точности измерений диаметр данных наконечников должен иметь величину:

$$\alpha = 0.5\pi m \cos \alpha = 1.475m . \quad (2)$$

Для корригированных зубчатых колес этот диаметр равен:

$$\alpha = 1.475m + 2E_{Hs} \cdot \sin \alpha , \quad (3)$$

где E_{Hs} – наименьшее дополнительное смещение исходного контура.

Такие диаметры наконечников считаются оптимальными, так как при контроле радиального биения венца исключается влияние тангенциальных погрешностей обработки. Поскольку зубчатые колеса различных типоразмеров имеют отличающиеся величины утонения и коррекции зубьев, то в каждом случае следует применять индивидуальные сферические или роликовые наконечники. Для контроля же колес внешнего зацепления такие наконечники применять не следует.

3 ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА КОЛЕС

3.1 Принцип работы и конструктивные особенности приборов

Проверка радиального биения венца зубчатых колес производится на специальных приборах - биениемерах. Инструментальной промышленностью выпускаются приборы для зубчатых колес модулем от 0,3 до 10 мм, диаметром делительной окружности от 5 до 320 мм. Типоразмеры, основные параметры и нормы точности биениемеров устанавливаются ГОСТ 5368-81 и ГОСТ 10387-81.

Кинематические схемы всех приборов сходны (рисунок 4), но конструктивно они отличаются. Биениемер обычно состоит из станины, имеющей центры, между которыми устанавливается оправка с контролируемым зубчатым колесом. Измерительная каретка снабжена штоком 1, на котором закреплен измерительный наконечник 2. Шток может отводиться от оси колеса в радиальном направлении и возвращаться под действием пружины 3. Во время отвода штока зубчатое колесо поворачивается на один угловой шаг (на одну впадину). Радиальное смещение измерительного наконечника во впадинах венца фиксируется индикатором 4. Размах отклонений стрелки индикатора при последовательной проверке всех впадин соответствует радиальному биению зубчатого венца.

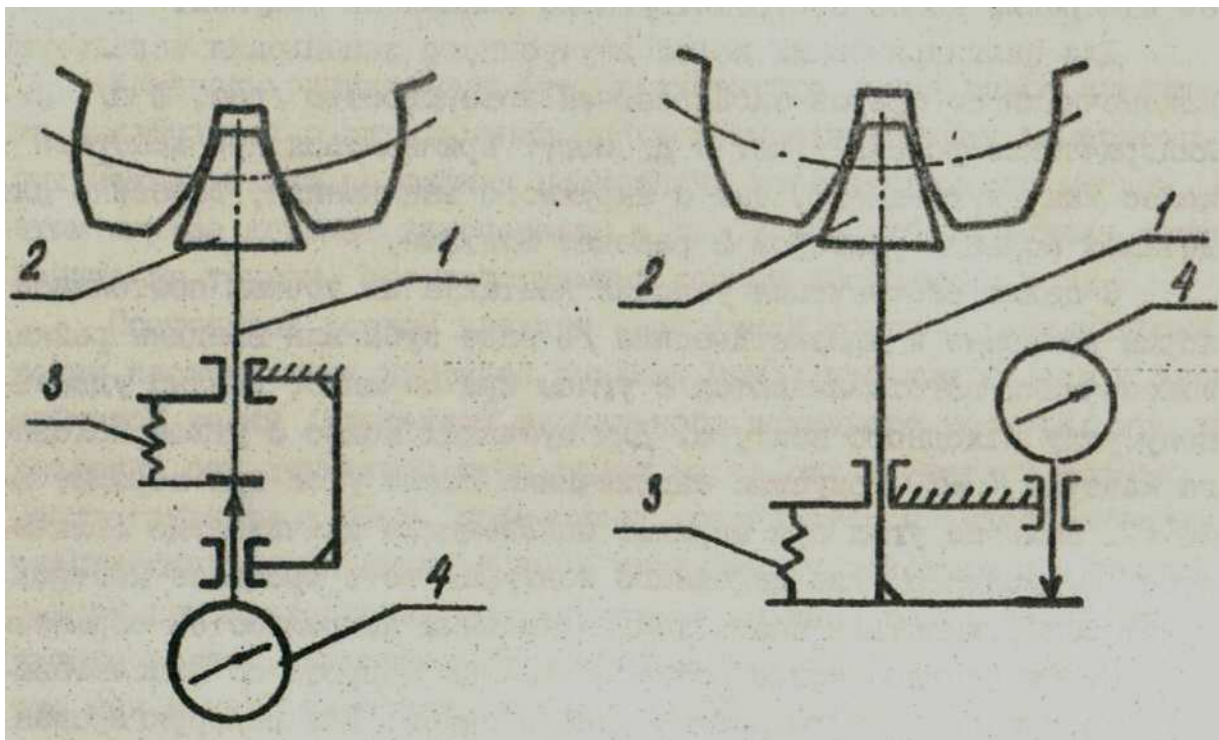


Рисунок 4 – Кинематические схемы биениемеров

Промышленностью выпускаются два типа биениемеров. Для измерения колес мелких модулей (0,3... 2 мм) Санкт-Петербургский инструментальный завод (ЛИЗ) изготавливает биениемер модели 25002. На приборе можно контролировать цилиндрические колоса внешнего и внутреннего зацепления, а также конические колеса. Прибор снабжен комплектом сменных базирующих приспособлений. Отсчетное устройство имеет бесступенчатое регулирование измерительного усилия, что важно для точного измерения нежестких колес. Для колес средних размеров (модули 1 ... 10 мм) Челябинский завод мерительных инструментов (ЧЗМИ) выпускает биениемер Б-10М (Б-10). Прибор может быть использован для контроля цилиндрических и конических колес внешнего и внутреннего зацепления. Проверка радиального биения всегда предусмотрена и в универсальных приборах для поэлементного контроля зубчатых колес БВ-5015 (ЛИЗ) и БВ-5050 (ЧЗМИ). Для модернизации приборов иного назначения и создания специальных биениемеров изготавливается типовой измерительный узел БВ-3183.

3.2 Описание биениемера Б-10

Основанием прибора (рисунок 5) является Т-образная станина 1, на которой выполнены взаимноперпендикулярные направляющие для измерительной 2 и установочных 4 и 7 бабок. Центр левой установочной бабки 4 жестко закреплен в ее корпусе, а центр правой бабки 7 перемещается при помощи рукоятки 8 и в исходное положение возвращается при помощи пружины. Закрепление левой и правой бабок на станине производится при помощи ручек 3. Измерительная бабка 2 несет на себе каретку 14 с измерительным узлом. Перемещение измерительной бабки по станине (настройка на диаметр контролируемого колеса) производится вручную, а закрепление ее - рукояткой 15. Каретка 14 при вращении маховика 18 имеет возможность перемещаться по направляющим измерительной бабки параллельно оси центров прибора (настройка по ширине венца колеса). Каретка крепится винтом 6.

В корпусе измерительного узла расположен подвижный шток с цангой для установки и закрепления измерительного наконечника 9 и упором 10 для индикатора. Перемещение штока с закрепленным измерительным наконечником осуществляется при помощи рукоятки 5. Для закрепления измерительного наконечника рукоятка 5 поворачивается на себя до отказа и винтом 11 фиксируется в таком положении. Измерительный узел посредством реечной передачи при вращении маховика 17 имеет возможность перемещаться в направлении движения штока. Закрепление измерительного узла производится рукояткой 12.

Для измерения радиального биения конических зубчатых колес измерительный узел имеет возможность поворачиваться на требуемый угол. Установка угла делительного конуса ведется по шкале и указателю 20. В развернутом положении измерительный узел закрепляется рукояткой 13.

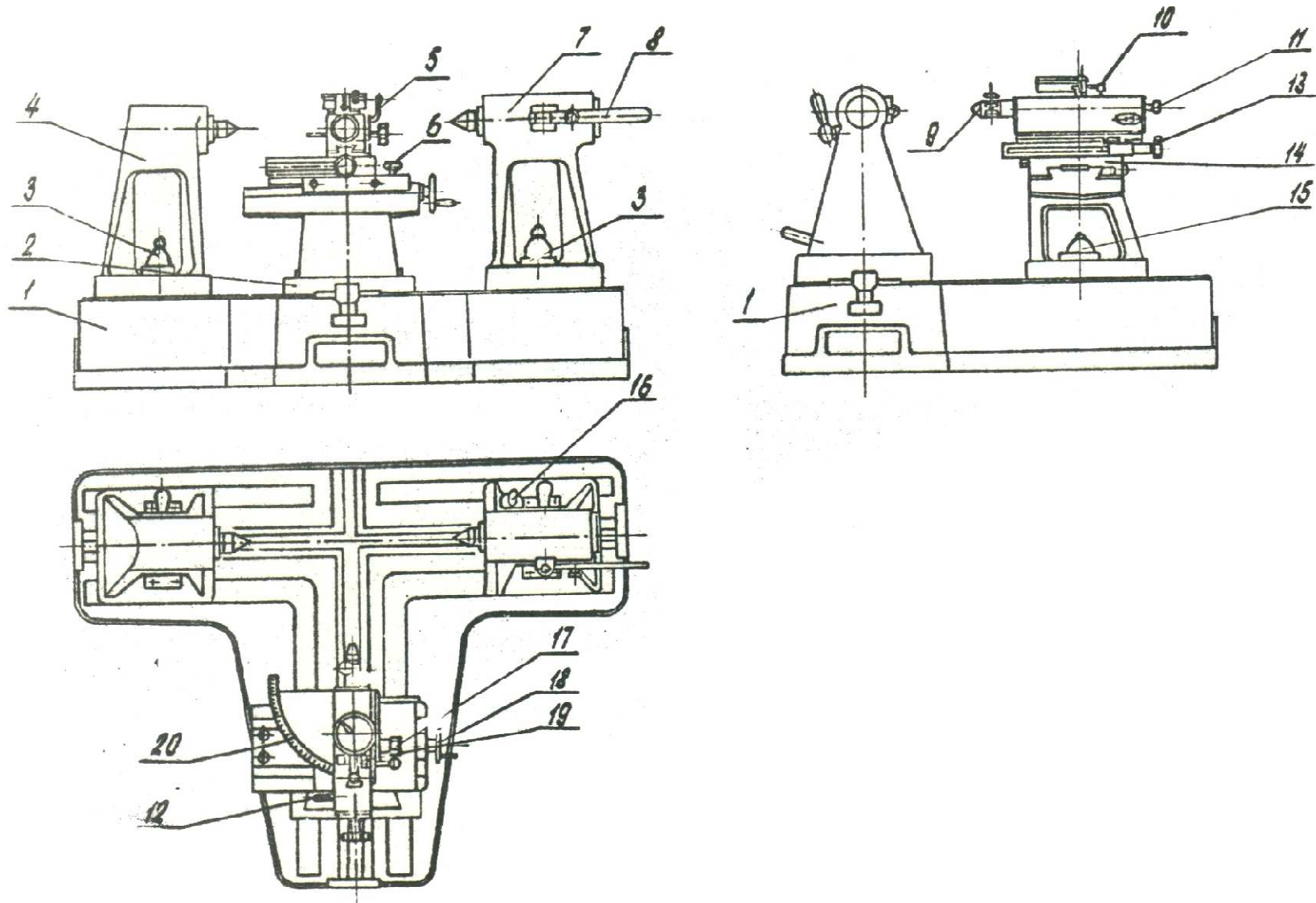


Рисунок 5 – Общий вид биенимера Б-10

Техническая характеристика биенимера Б-10

1	Модуль контролируемых колес, мм	- 1 ... 10
2	Диаметр контролируемых цилиндрических колес, мм:	
	внешнего зацепления	- 20 ... 400
	внутреннего зацепления	- 60 ... 250
3	Диаметр контролируемых конических колес, мм	- 20 ... 320
4	Наибольший угол делительного конуса конического колеса, град.	- 60
5	Наибольшая длина валкового колеса, мм	- 350
6	Цена деления отсчетного устройства, мм	- 0,001
7	Габаритные размеры прибора, мм	- 760x625x400
8	Суммарная погрешность по техническим условиям завода, мм	- 0,003

4 ПРОВЕДЕНИЕ И ОЦЕНКА ИЗМЕРЕНИЙ НА БИЕНИМЕРЕ

Перед проведением измерений непосредственно на приборе необходимо тщательно протереть зубья проверяемого колеса, центра прибора, центровые отверстия оправки или валкового колеса, измерительный наконечник. Измерительный наконечник выбирается из штатного набора в соответствии с величиной модуля колеса. Измерительный наконечник закрепляется в цанге. Для проверки радиального биения насадного зубчатого колеса его надевают плотно (без люфта и перекоса) на точную оправку. Рекомендуется применять оправки, биение которых не должно превышать для зубчатых колес 6 степени точности - 0,005 мм; 7 степени - 0,01 мм; 8 и 9 степеней - 0,02 мм. Оправка с колесом устанавливается в центрах прибора. Легкость вращения ее обеспечивается регулированием винта рукоятки 8, при этом необходимо следить за тем, чтобы не было качки оправки. Вал - шестерни устанавливают непосредственно в центрах прибора. Далее работа проводится в следующем порядке.

1 Измерительная бабка 2 вручную подводится к проверяемому изделию, между шестерней и измерительным наконечником обеспечивается зазор 4...5 мм, после чего бабка закрепляется рукояткой 15.

2 Вращением маховика 17 измерительный узел подводят к проверяемому зубчатому колесу и вводят измерительный наконечник в контакт с боковыми поверхностями зубьев с натягом 1,5...2 мм.

3 Шток индикатора подводится к упору 10 и дается натяг 1,5 ... 2 оборота стрелки по шкале, после чего индикатор закрепляется винтом 19. Шкала индикатора устанавливается на ноль.

4 Рукояткой 5 наконечник выводится из впадины зубьев.

5 Оправка с колесом вручную поворачивается на один угловой шаг до совмещения следующей впадины с измерительным наконечником. После этого снимается показание индикатора.

6 Измерительный наконечник последовательно вводится во все впадины зубчатую венца. По размаху показаний индикатора определяют величину

радиального биения венца. При этом действительное значение биения венца не должно превышать соответствующего допуска.

5 ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

- 1 Биениемер Б-10 с набором измерительных наконечников и индикатором.
- 2 Контрольная оправка.
- 3 Измеряемое зубчатое колесо.

6 ИНСТРУКЦИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ РАБОТЫ

- 1 Определить модуль контролируемого зубчатого колеса и в соответствии с его величиной выбрать из набора требуемый измерительный наконечник.
- 2 Настроить прибор и произвести позубное измерение зубчатого венца.
- 3 По результатам контроля колеса определить радиальное биение зубчатого венца. Установить степень точности изготовления колеса и допуск по этому параметру.
- 4 Оформить отчет по лабораторной работе.

7 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете должны быть приведены следующие данные:

- 1 Название работы.
- 2 Данные об использованном лабораторном оборудовании.
- 3 Результаты позубного контроля радиальных погрешностей венца.
- 4 Расчет величины радиального биения зубчатого венца.
- 5 Заключение о степени точности изготовления зубчатого колеса.

8 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 Сущность и технические источники образования радиального биения зубчатого венца колес при их изготовлении.
- 2 Преимущества контроля радиального биения погрешностей зубчатого венца по постоянной хорде.
- 3 Виды и области радиального применения измерительных наконечников.
- 4 Принцип измерения радиального биения зубчатого венца.
- 5 Порядок выполнения контрольных операций на биениемер.
- 6 Как по результатам измерений рассчитать величину радиального биения зубчатого венца колес?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ГОСТ 1643-81. Передачи зубчатые цилиндрические. Допуски.
- 2 Марков А.Л. Измерение зубчатых колес. – Л.: Машиностроение, 1977.
- 3 Тайц Б.А. Точность и контроль зубчатых колес.- М.: Машиностроение, 1972.
- 4 Производство зубчатых колес: Справочник / Под общ. ред. Б.А. Тайца. – М.: Машиностроения, 1990. – 464с.

Павел Александрович Гудков

КОНТРОЛЬ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ВЕНЦА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ
ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Методические указания к выполнению лабораторной работы
для студентов специальностей
200503, 151001, 151002, 190201, 190202, 190603, 190601, 280101, 190702

Редактор Н.Л. Попова

Подписано к печати	Формат 60×84 1/16	Бумага тип. №1
Печать трафаретная	Усл.печ.л. 1,0	Уч.-изд.л. 1,0
Заказ	Тираж 100	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.