

621.8
3-26

РОСЖЕЛДОР

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»**

(ФГБОУ ВПО РГУПС)

А.А. Замыцкий, М.А. Буракова

Бр./51168 - НБО - 09.80 р.
621.8
3-26
Замыцкий, А.А.
Контроль зубчатых колес. Измерение длины общей нормали зубчатого колеса
[Текст] : учеб.-метод. пособие. - 28 с. : табл., ил., прил. -
Ростов н/Д, 2012

Бр./51168

**КОНТРОЛЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС.
ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ОБЩЕЙ НОРМАЛИ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА**

Учебно-методическое пособие

Бр./51168

**ФГБОУ ВПО
«Ростовский государственный
университет путей сообщения»
Научно-техническая библиотека
Ростов-на-Дону
2012**

УДК 621.822 (07) + 06

Содержание

Замыцкий, А.А.

Контроль зубчатых колес. Измерение общей длины нормали зубчатого колеса : учебно-методическое пособие / А.А. Замыцкий, М.А. Буракова ; ФГБОУ ВПО РГУПС. – Ростов н/Д, 2012. – 28 с. : ил., табл. – Библиогр.: 7 назв.

В учебно-методическом пособии представлена методика проведения лабораторной работы по изучению метода дифференцированного (элементного) контроля параметров зубчатого колеса с использованием индикаторных нормалей и микрометрических зубомеров. Приведены теоретические сведения, дана методика проведения измерений, а также справочно-нормативные таблицы, необходимые для качественного анализа исследуемых зубчатых колес.

Учебно-методическое пособие предназначено студентам всех форм обучения, изучающим дисциплину «Метрология, стандартизация и сертификация». Одобрено к изданию кафедрой «Основы проектирования машин».

Рецензент д-р техн. наук, проф. Н.И. Бойко (РГУПС)

Учебное издание

Замыцкий Александр Алексеевич
Буракова Мария Андреевна

**КОНТРОЛЬ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС.
ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ОБЩЕЙ НОРМАЛИ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА**
Учебно-методическое пособие

Редактор Т.В. Бродская
Корректор Т.В. Бродская

Подписано в печать 21.12.2012. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 1,63.
Уч.-изд. л. 1,55. Тираж 155 экз. Изд. № 245. Заказ № 6964.

Ризография ФГБОУ ВПО РГУПС.

Адрес университета:
344038, г. Ростов н/Д, пл. им. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, 2.

© Замыцкий А.А., Буракова М.А., 2012
© ФГБОУ ВПО РГУПС, 2012

1 КОМПЛЕКСЫ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ И НОРМЫ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС И ПЕРЕДАЧ	4
2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ	8
3 ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ (ЭЛЕМЕНТНЫЙ) КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС	11
3.1 Лабораторная работа «Измерение длины общей нормали зубчатого колеса»	11
3.1.1 Основные понятия	11
3.1.2 Описание приборов	14
3.1.3 Методика измерений индикаторным нормалемером КН	16
3.1.4 Порядок выполнения и оформления лабораторной работы	17
Библиографический список	19
Приложение А	20
Приложение Б	22
Приложение В	23
Приложение Г	26
Приложение Д	27

1 КОМПЛЕКСЫ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ И НОРМЫ ТОЧНОСТИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

Выбор контролируемых параметров и их комплексов, а также способов контроля призван обеспечить высокое качество зубчатых передач при минимальных затратах времени на проведение контроля. Непосредственный контроль зубчатых колёс и передач по отдельным показателям увеличивает число контрольных операций, требует проверки всех изготавливаемых зубчатых колёс и, главное, не предупреждает появления брака в процессе изготовления. Гораздо выгоднее в технико-экономическом отношении применять технологический и профилактический контроль. При этих видах контроля точность обработки зубчатых колёс обеспечивается соответствующей организацией технологических процессов их изготовления, т.е. точностью станков, приспособлений, режущего инструмента, систематическим наблюдением за состоянием технологической оснастки, совершенствованием технологических процессов и другими мерами.

Таким образом, контроль зубчатых передач, представляющий собой сложную комплексную задачу, основывается на определенной методике и требует соответствующей организации и специальных измерительных приборов и средств.

В зависимости от этапов проведения и назначения контроль зубчатых колёс и передач подразделяют на приёмочный, профилактический и технологический.

Приемочный контроль устанавливает соответствие точности готовых зубчатых колёс условиям работы зубчатых передач. При выборе метода приёмочного контроля необходимо учитывать следующие положения:

- для проверки предпочтительнее использовать комплексные, а не элементные показатели, так как комплексные показатели дают суммарную погрешность зубчатого колеса или зубчатой передачи, а элементные показатели

характеризуют погрешности отдельных параметров, которые, взаимодействуя между собой, могут компенсироваться или усиливаться;

- желательно применять методы контроля, которые позволяют непрерывно измерять контролируемый показатель. Например, целесообразнее контролировать кинематическую погрешность зубчатого колеса, а не накопленную погрешность окружного шага;

- важное значение имеют измерения точности колеса на монтажной или рабочей оси вращения, измерения на других базах вносят в результат измерения погрешности самой базы;

- целесообразнее применять методы контроля, не требующие математической обработки результатов измерения.

Профилактический контроль применяют для выявления геометрической и кинематической точности зубообрабатывающих станков, точности зуборезного инструмента, приспособлений и заготовок. Точность инструмента проверяют после каждой заточки.

Технологический контроль используют при наладке технологических операций (например, проверяют точность установки приспособления, заготовки и режущего инструмента), а также для выявления причин брака. При технологическом контроле применяют элементный контроль относительно установочных технологических баз показателей, которые дают полное представление о ходе и состоянии технологического процесса.

Выбор методов и комплексов контроля по всем нормам точности и виду сопряжения зависит от точности зубчатых колёс, их размеров, условий производства, назначения зубчатых передач и других факторов.

Приборы для контроля зубчатых колёс подразделяют на станковые и накладные; по назначению – для комплексных и элементных проверок; по точности измерения – на классы *A, AB, B*.

Станковые приборы имеют устройства для базирования зубчатых колёс, а накладные устанавливают на проверяемые зубчатые колеса.

По назначению приборы подразделяют на 15 групп, например:

1 – для контроля кинематической погрешности F'_{ir} , f'_{ir} и погрешности обката F_{cr} ;

2 – для контроля накопленной погрешности шага F_{pr} , F_{pkr} , отклонений шага f_{pkr} и разности шагов f_{vpr} ;

другие группы.

По каждому классу точности установлены метрологические показатели (размеры проверяемых изделий, цена деления, предел измерения) и предельные погрешности измерения.

Так как точность зубчатых колёс проверяют различными методами и с помощью разнообразных средств измерения, установлено несколько равноправных вариантов показателей точности зубчатых колёс (рисунок 1). Выбор контролируемых параметров (показателей точности) зубчатых колёс зависит от требуемой точности, геометрического размера, особенностей производства и т.д.

Для контроля кинематической точности колёс установлено девять комплексов контролируемых параметров: первые три предназначены для проверки колёс степеней точности 3...8; четвертый – для колёс степеней точности 3...6; пятый – для колёс степеней точности 7...8; шестой и седьмой – для колёс степеней точности 5...8; восьмой – для колёс степеней точности 9...12; девятый – для колёс степеней точности 7...12; причём степени точности 7 и 8 только для зубчатых колёс с делительным диаметром свыше 1600 мм. Допускается, чтобы значение одной из величин, входящих в комплекс, превышало предельное, если суммарное влияние обеих величин не превышает допуск на кинематическую погрешность колеса F'_i .

Для оценки плавности работы зубчатых колёс установлено восемь комплексов контролируемых параметров.

Первый предназначен для проверки зубчатых колёс со следующими степенями точности и коэффициентами осевого перекрытия ϵ_β (таблица 1).

Таблица 1 – Первый комплекс контролируемых параметров

Степень точности	3	4	5	6	7	8
ϵ_β , не менее		1,25	1,5	2	2,5	3,0

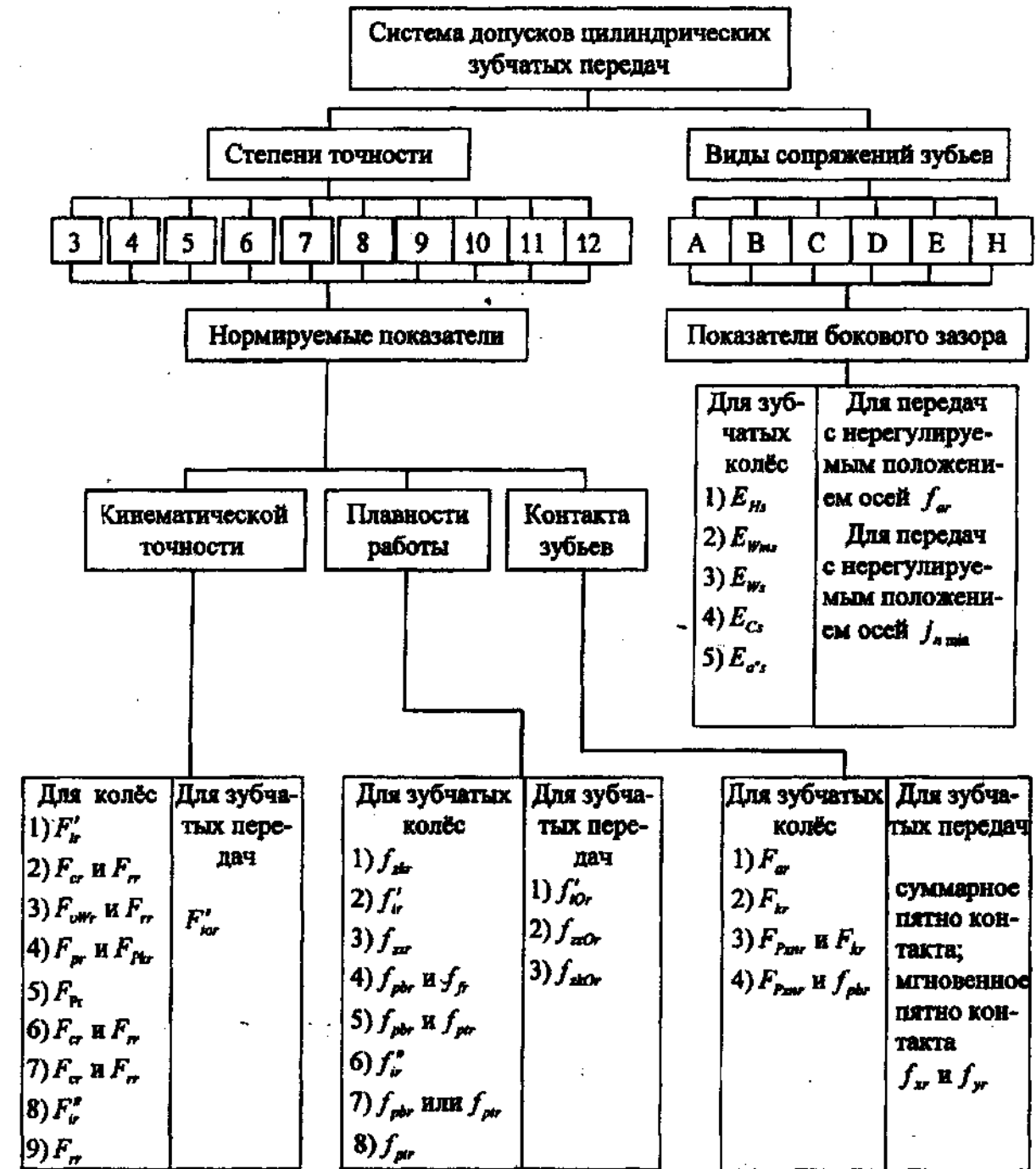


Рисунок 1 – Показатели точности зубчатых передач

Для зубчатых колёс степеней точности 3...8 при значениях ε_β менее указанных установлены комплексы со второго по пятый. Шестой комплекс применяют для зубчатых колёс степеней точности 5...8 при значениях ε_β менее указанных и для зубчатых колёс степеней точности 9...12 при любом значении ε_β . Седьмой комплекс применяют для зубчатых колёс степеней точности 9...12 при любом значении ε_β и восьмой – для зубчатых колёс степеней точности 7 и 8 при значениях ε_β больших или равных указанным.

Показателями плавности передачи являются f'_{10r} и f'_{20r} при значениях ε_β менее указанных; f_{20r} при значениях ε_β больших или равных указанным.

Полноту контакта зубьев в передаче рекомендуется оценивать суммарным или мгновенным пятном контакта, а зубчатых передач с нерегулируемым положением осей – показателями f_x и f_y .

Показатели кинематической точности, плавности работы и контакта зубьев колёс установлены так, что результаты контроля зубчатого колеса по одному из указанных комплексов не противоречат результатам проверки по другому комплексу. Например, если зубчатое колесо по нормам кинематической точности признано годным по третьему комплексу, то оно не должно быть забраковано при повторном контроле по первому или любому другому комплексу. Следовательно, допуски различных показателей точности между собой взаимосвязаны.

2 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, КОНТРОЛЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ПЕРЕДАЧ

При приемочном (окончательном) контроле зубчатых колёс устанавливают их соответствие нормам по параметрам, зависящим от назначения передачи. Приборы для технологического контроля используют в цеховых условиях для контроля изделий и наладки зубообрабатывающего оборудования. Типы,

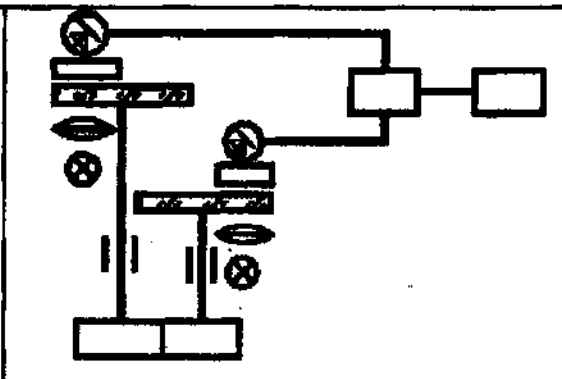
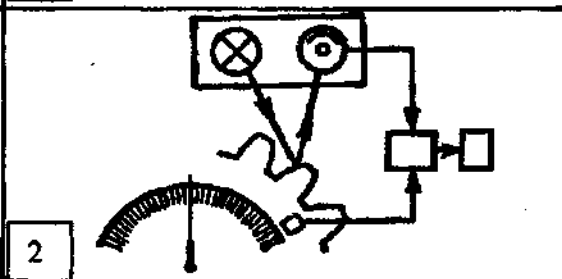
основные параметры и нормы точности приборов для измерения цилиндрических зубчатых колёс регламентированы ГОСТ 5368–81, ГОСТ 8137–81, ГОСТ 10387–81 и др.

Комплексы контролируемых параметров приведены на рисунке 1. Выбор комплекса, необходимого для контроля параметров зубчатого колеса, зависит от типа производства, степени точности колеса, его назначения, геометрических размеров и других факторов.

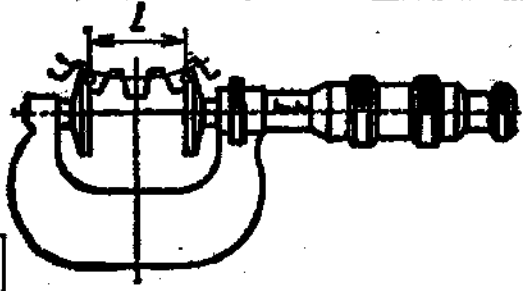
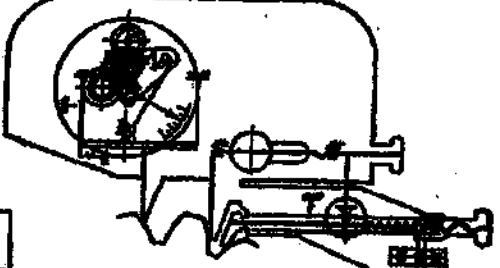
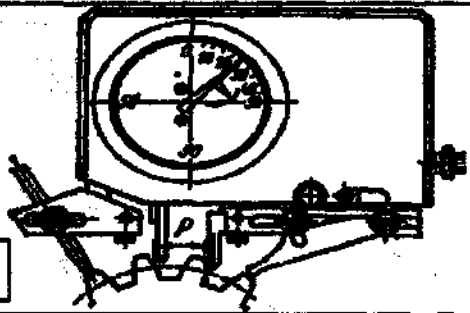
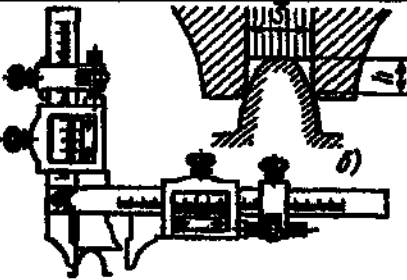
При выборе комплекса контролируемых параметров руководствуются принципом инверсии, в соответствии с которым следует отдавать предпочтение методам контроля, в наибольшей степени приближающимся к условиям эксплуатации зубчатых передач.

В таблице 2 представлены типы приборов и дифференцированных показателей точности зубчатых колёс.

Таблица 2 – Приборы для контроля дифференцированных параметров зубчатых колёс

Контролируемый параметр	Тип прибора	Схема прибора
1 Приборы для контроля кинематической точности		
Кинематическая погрешность зубчатого колеса F'_{β} в однопрофильном зацеплении	БВ-5033, БВ-5053, БВ-936, БВ-5030, БВ-5058, УКМ-5 и др.	
Накопленная погрешность шага $F_{P\beta}$ и k шагов $F_{P\beta k}$	БВ-5015, БВ-5028, ШМ-1;2, БВ-5056, БВ-5035, БВ-5059	

Продолжение таблицы 2

Контролируемый параметр	Тип прибора	Схема прибора
Колебание длины общей нормали F_{vw}	БВ-4047-25, БВ-5045, БВ-5046, 22202, БВ-5015, БВ-5081, БВ-5082 и др.	 3
2 Приборы для контроля плавности работы		
Местная кинематическая погрешность f_{ir} , циклическая погрешность колеса f_{skr} , передачи f_{skor} и зубцовой частоты f_{zkr}	БВ-5024, БВ-5024с, БВ-5053, БВ-936, БВ-5058 и др.	См. схему 1
Отклонение шага зацепления f_{pdr}	21802, 21702, 21703, БВ-5070 и др.	 4
Отклонение шага f_{ptr}	ШМ-1, БВ-5079	 5
3 Приборы для контроля бокового зазора		
Отклонения средней длины общей нормали E_{wm}	БВ-4047-25 и др.	См. схему 3
Отклонение толщины зуба E_{cr}	БВ-5016к, БВ-5017к, ШЗ-18, ШЗ-36, ЗИМ-16 и др.	 6

3 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ (ЭЛЕМЕНТНЫЙ) КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

С помощью этого метода измерения определяется погрешность каждого элемента изделия (детали) в отдельности.

Измеряемая величина сравнивается с однородной величиной, которая имеет известное значение, незначительно отличающееся от измеряемой величины, при котором измеряется разность между этими двумя значениями. При этом относительная погрешность

$$\Delta_x^* = (a : x) \cdot \Delta_n + \Delta_m,$$

где Δ_m – относительная погрешность калибровки меры, т.е. погрешность, отнесенная к номинальному значению меры X_m ;

Δ_n – инструментальная погрешность прибора, $a = X - X_m$.

Если значения a малы, то влияние Δ_n на точность результата измерений может быть приравнено к нулю.

Широкое распространение дифференциальный метод измерения получил при поверке инструментов и приборов.

3.1 Лабораторная работа «Измерение длины общей нормали зубчатого колеса»

Цель работы: измерение зубчатого колеса для получения данных о его годности по нормам кинематической точности и бокового зазора.

3.1.1 Основные понятия

Общей нормалью зубчатого колеса называется прямая, соединяющая точки касания двух разноименных профилей с охватывающими их параллельными касательными к ним плоскостями (рисунок 2). Длина общей нормали W ,

с её допускаемыми предельными отклонениями (наименьшее отклонение длины общей нормали для зубчатого колеса с внешними зубьями $-E_{ws}$, с внутренними зубьями $+E_{wi}$), подсчитывается при проектировании зубчатого колеса и обозначается на его рабочем чертеже. Аналогично определяется допуск на колебание длины общей нормали F_{vw} , т.е. допуск на разность между её наибольшей и наименьшей длиной, для одного и того же колеса.

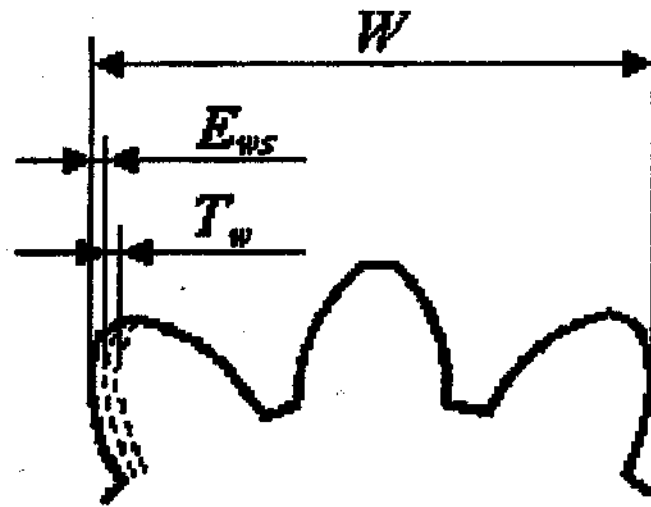


Рисунок 2 – Общая нормаль профиля зубчатого колеса

Измерение длины общей нормали необходимо (см. таблицу 2) для контроля кинематической точности зубчатого колеса (F_{vw} – колебание длины общей нормали) и норм бокового зазора (E_{wms} – наименьшее отклонение средней длины общей нормали и T_{wm} – допуск на среднюю длину общей нормали).

Измерение длины общей нормали можно производить любыми измерительными средствами с плоскими измерительными поверхностями, которые входят во впадины проверяемого колеса. При этом измерительные плоскости прибора должны быть строго параллельны друг другу и расположены таким образом, чтобы они касались эвольвент боковых сторон зубьев. С этой целью для менее точных зубчатых колёс может быть использован обычный штангенциркуль, а для измерения более точных зубчатых колёс применяют индикатор-

ный нормалемер КН (ГОСТ 7760–74) (рисунок 3), рычажный микрометр-нормалемер МРЗ (ГОСТ 4381–68) (рисунок 4) или зубомерный микрометр ИЗ (рисунок 5).

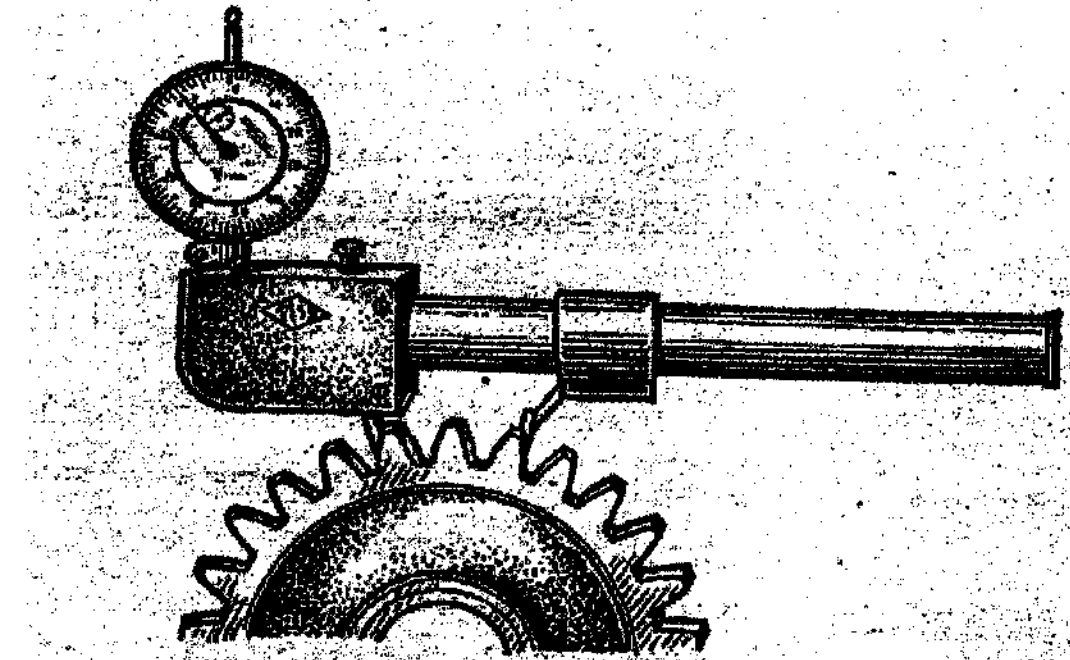


Рисунок 3 – Процесс измерения индикаторным нормалемером КН

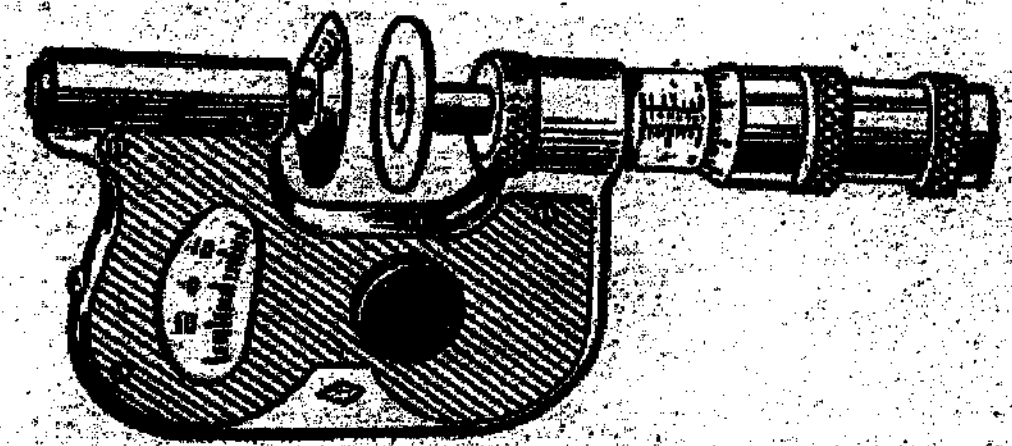


Рисунок 4 – Рычажный микрометр-нормалемер МРЗ

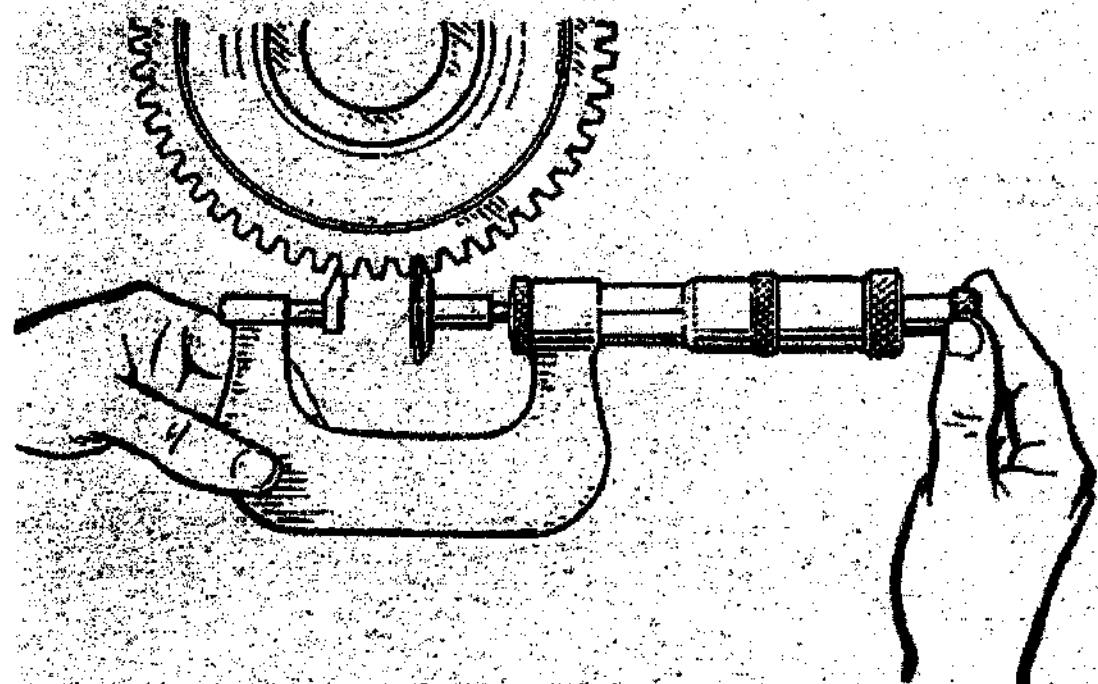


Рисунок 5 – Проведение замера с помощью зубомерного микрометра ИЗ

3.1.2 Описание приборов

Индикаторный нормалемер КН (рисунок 6) состоит из круглой штанги (трубы) 1, на которой помещается разрезная втулка 2 с неподвижной измерительной губкой 3. Чувствительная измерительная губка 4 связана рычажной передачей с отношением плеч 1:2 с индикатором 5, цена деления которого равна 0,005 мм. Разрезная втулка перемещается по штанге с помощью ключа 6, который своим выступом вводится в гнездо разрезной втулки и при повороте разжимает её. Ключ помещается в отверстие трубы, где удерживается своей пружинящей частью. Кнопка арретира 7 расположена на корпусе нормалемера, часовой индикатор крепится к корпусу с помощью винта 8. Нормалемер КН настраивается на требуемый размер по плоскопараллельным концевым мерам, помещённым между его губками.

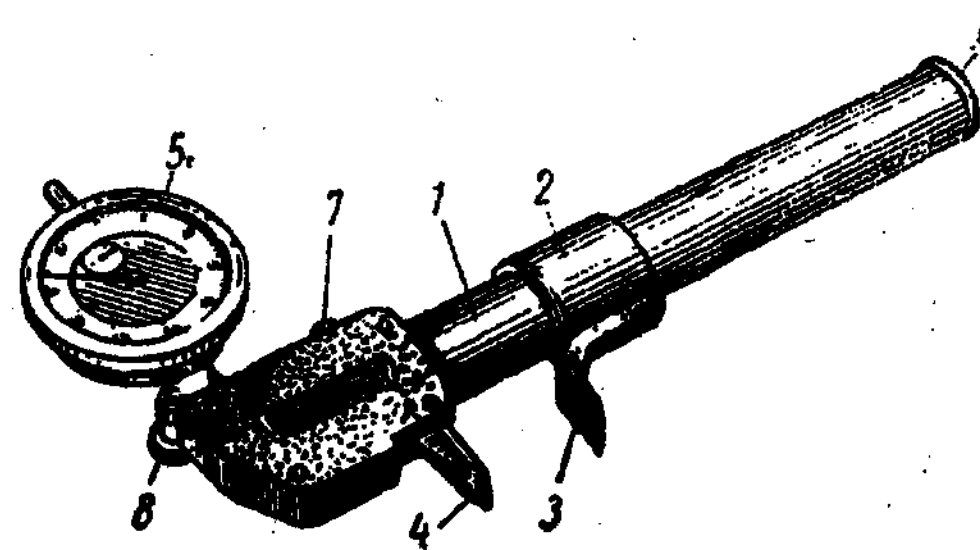


Рисунок 6 – Индикаторный нормалемер КН

Для измерения отклонений длины общей нормали W (прямой, соединяющей точки касания двух разноименных профилей с охватывающими их параллельными плоскостями) применяют зубомерные микрометры ИЗ (рисунок 7). От микрометра для наружных измерений их отличают только специальные дисковые насадки (см. рисунки 5, 7).

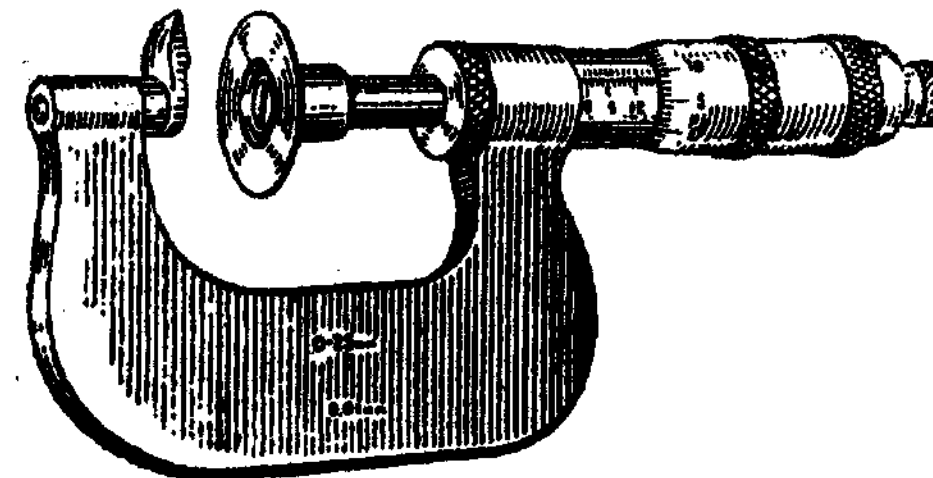


Рисунок 7 – Зубомерный микрометр ИЗ

Методика измерения зубомерным микрометром не отличается от методики измерения обычным микрометром. Пределы измерения: 0...25; 25...50; 50...75 и 75...100 мм.

3.1.3 Методика измерений индикаторным нормалемером КН

Отклонения длины общей нормали определяют по результатам измерений, произведенных при нескольких положениях зубчатого колеса, и сравнивают их среднее значение с расчетной длиной, которая, в свою очередь, определяется по формуле или по нормативным таблицам. Колебания длины нормали при различных измерениях характеризуются точностью расположения зубьев колеса.

Измерения проводятся следующим образом: притирается блок концевых мер, соответствующий рассчитанному номинальному размеру длины общей нормали для данного колеса W . Блок помещают между губками 3 и 4 нормалемера (см. рисунок 6), причём установку губки 3 производят с помощью ключа 6, ориентируясь по риску, нанесенной вдоль штанги. Индикатору необходимо задать натяг в один оборот и поворотом шкалы установить его на ноль. Нажав на кнопку арретира 7, вынимают блок концевых мер и переносят скобу на измеряемое зубчатое колесо.

Величина колебания длины общей нормали F_{vW} , (действительная величина) определяется как разность наибольшей и наименьшей длины общей нормали при последовательном измерении всех групп зубьев по окружности колеса, т.е. $F_{vW} = W_{\max} - W_{\min}$. В этом случае настройки по блоку плиток не требуется. Достаточно настроить скобу на ноль по выбранной группе охватываемых зубьев, которые указаны на чертеже зубчатого колеса, и затем отмечать разницу в показаниях индикатора при последовательном измерении групп зубьев по окружности.

3.1.4 Порядок выполнения и оформления лабораторной работы

В бланк протокола лабораторной работы (приложение А) вписать дату, условное обозначение группы, фамилию и инициалы. Сформулировать цель работы.

Ознакомившись с прибором, вписать его метрологические характеристики. Выписать данные с чертежа контролируемого зубчатого колеса.

В соответствии с заданной степенью точности зубчатого колеса определить по ГОСТ 1643-81 следующие значения допусков:

F_{vW} – допуск на колебание длины общей нормали (нормы кинематической точности, приложение Б);

E_{Wm} и T_{Wm} – наименьшее отклонение и допуск средней длины общей нормали (нормы бокового зазора, приложения В и Г).

Аналогичные величины, полученные по результатам измерений, имеют индекс r .

Определить номинальную длину общей нормали с учётом данных приложения Д и чертежа зубчатого колеса.

Для прямозубых колёс, нарезанных без смещения исходного контура, т.е. если коэффициент смещения $x = 0$, можно воспользоваться формулой

$$W = W^* \cdot m,$$

где W^* – значение, полученное из приложения Д для нужного сочетания числа зубьев контролируемого зубчатого колеса Z и числа зубьев измерительного колеса Z_n .

Число зубьев, охватываемых при измерении Z_n , определяют по формуле

$$Z_n = 0,111 \cdot Z + 0,5$$

и округляют до ближайшего целого числа.

8915168

Для косозубых зубчатых колёс и зубчатых колёс, нарезанных со смещением исходного контура, расчёт номинальной длины общей нормали выполняются по формуле

$$W = [\pi \cdot (Z_n - 0,5) + 2 \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha + Z \cdot \operatorname{inv} \alpha] \cdot m \cdot \cos \alpha,$$

где $\alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha / \cos \beta$ – угол профиля для косозубых колёс;

m – модуль, мм;

α – угол главного профиля. По ГОСТ 13755–81 $\alpha = 20^\circ$.

Окончательно длина общей нормали с учётом контрольных параметров по нормам бокового зазора E_{Wms} и T_{Wm} будет выглядеть следующим образом:

$$W_{\pm} = W - \frac{E_{Wms}}{-(E_{Wms} + T_{Wm})}.$$

Определить наибольшее и наименьшее предельные значения длины общей нормали:

$$W_{\max} = W - E_{Wms},$$

$$W_{\min} = W - (E_{Wms} + T_{Wm}).$$

Измерения выполнить по вышеизложенной методике измерений и заполнить таблицу в Протоколе А. На основании анализа полученных данных определить и записать в протокол величины $W_{\max r}$, $W_{\min r}$, $F_{vw r}$.

В итоге сравнить полученные при измерении данные с исходными данными чертежа зубчатого колеса и записать заключение о годности контролируемого зубчатого колеса:

а) по нормам бокового зазора, когда действительная длина общей нормали, полученная по результатам измерений, удовлетворяет следующему неравенству: $W_{\min} \leq W_r \leq W_{\max}$;

б) по нормам кинематической точности, когда выполняется следующее неравенство: $F_{vw} \leq F_{vw}$.

Библиографический список

- 1 Марков, А.Л. Измерение зубчатых колёс / А.Л. Марков. – Л. : Машиностроение, 1977.
- 2 Зябрева, Н.Н. Лабораторные занятия по курсу «Основы взаимозаменяемости и технические измерения» / Н.Н. Зябрева, М.Я. Шегал. – М. : Машиностроение, 1983.
- 3 Якушев, А.И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения / А.И. Якушев, Л.Н. Воронцов, Н.М. Федотов. – М. : Машиностроение, 1986.
- 4 Допуски и посадки: справочник. В 2 т. Т. 2. / под ред. В.А. Мягкова. – Л. : Машиностроение, 1983.
- 5 Соломахо, В.Л. Основы стандартизации, допуски, посадки и технические измерения / В.Л. Соломахо, Б.В. Цитович. – Минск : Дизайн ПРО, 2004. – 296 с.
- 6 Белкин, И.М. Допуски и посадки (Основные нормы взаимозаменяемости) / И.М. Белкин. – М. : Машиностроение, 1992. – 528 с.
- 7 Радкевич, Я.М. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для вузов / Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов. – М. : Высш. шк., 2004. – 767 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ФГБОУ ВПО РГУПС

Кафедра «Основы проектирования машин»
Дисциплина «Метрология, стандартизация и сертификация»

Группа _____ Студент _____ Дата _____

ПРОТОКОЛ

Лабораторная работа № _____
Измерение длины общей нормали зубчатого колеса

1 Цель работы: _____

2 Метрологические характеристики измерительного прибора

- наименование прибора _____
- пределы измерения: прибора в целом _____ мм;
по шкале _____ мм;
- цена деления шкалы индикатора _____ мм.

3 Параметры контролируемого зубчатого колеса № _____ - (см. чертеж)

$m =$ _____ мм	$Z =$ _____	$x =$ _____	$\beta =$ _____	Степень точности по ГОСТ 1643-81
----------------	-------------	-------------	-----------------	----------------------------------

4 Нормируемые показатели точности контролируемого колеса № _____

Допуск на колебание длины общей нормали, мм	$F_{vw} =$ _____	
Допуск на радиальное биение зубчатого венца, мкм	$F_r =$ _____	
Наименьшее отклонение средней длины общей нормали, мкм	Слагаемое I	_____
	Слагаемое II	_____
	Полное значение	$E_{Wms} =$ _____
Допуск на среднюю длину общей нормали, мкм	$T_{Wm} =$ _____	

5 Расчёт параметров, необходимых для настройки прибора и проведения измерений:

- число зубьев, охватываемых при измерении длины общей нормали (рассчитывается по формуле либо определяется по приложению Б)

$$Z_n = \underline{\hspace{2cm}}$$

- номинальная длина общей нормали (рассчитывается по формуле либо определяется по приложению Б)

$$W = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

- предельные допускаемые значения длины общей нормали:

$$W_{\max} = W - E_{Wms} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм};$$

$$W_{\min} = W - (E_{Wms} + T_{Wm}) = \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}.$$

6 Результаты измерений зубчатого колеса № _____

№ группы зубьев	Показание прибора, мм	№ группы зубьев	Показание прибора, мм	№ группы зубьев	Показание прибора, мм
1		14		27	
2		15		28	
3		16		29	
4		17		30	
5		18		31	
6		19		32	
7		20		33	
8		21		34	
9		22		35	
10		23		36	
11		24		37	
12		25		38	
13		26		39	

7 Действительная длина общей нормали:

- наибольшая $W_{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм;

- наименьшая $W_{\min} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

8 Колебание длины общей нормали $F_{vw} = W_{\max} - W_{\min} = \underline{\hspace{2cm}}$ мм.

9 Заключение о соответствии зубчатого колеса № _____, заданной степени точности:

- по нормам кинематической точности _____

- по нормам бокового зазора _____

Подпись студента _____ Подпись преподавателя _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Допуск на колебание длины общей нормали F_{vw} , мкм
(выборка из ГОСТ 1643-81)

Степень точности	Обозначение	Модуль m , мм	Делительный диаметр d , мм						
			До 125	Свыше 125 до 400	Свыше 400 до 800	Свыше 800 до 1600	Свыше 1600 до 2500	Свыше 2500 до 4000	Свыше 4000 до 6300
3	F_{vw}	От 1 до 10	4	7	12	18	—	—	—
4	F_{vw}	От 1 до 10	6	12	18	28	—	—	—
5	F_{vw}	От 1 до 16	10	18	28	45	—	—	—
6	F_{vw}	От 1 до 16	16	28	45	70	—	—	—
7	F_{vw}	От 1 до 25	22	40	60	100	—	—	—
8	F_{vw}	От 1 до 40	28	50	80	120	—	—	—

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Наименьшее отклонение средней длины общей нормали ($-E_{Wms}$, $+E_{Wmi}$) и наименьшие отклонения длины общей нормали ($-E_{Ws}$, $+E_{Wi}$, мкм)

(выборка из ГОСТ 1643-81 и ГОСТ 9178-81)

Слагаемое I для определения $-E_{Wms}$ или $+E_{Wmi}$ (см. примечания)											
Зубчатые колеса с $m < 1$ мм											
Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр d , мм									
		До 12	Свыше 12 до 20	Свыше 20 до 32	Свыше 32 до 50	Свыше 50 до 80	Свыше 80 до 125	Свыше 125 до 180	Свыше 180 до 250	Свыше 250 до 315	Свыше 315 до 400
Отклонения E_{Wms} , E_{Wmi} (слагаемое I); E_{Ws} , E_{Wi} , мкм											
H	3-7	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10
G	3-6	8	9	11	13	15	17	19	25	28	30
	7	11	12	13	15	17	19	21	26	28	32
F	8	15	16	17	18	20	22	24	30	32	35
	3-6	12	15	18	21	24	26	30	36	40	45
	7	15	16	19	22	25	28	32	36	40	45
E	8	18	20	22	25	28	32	36	40	42	45
	9	25	28	30	32	35	38	42	42	45	50
	10	32	35	38	40	40	45	48	50	53	55
	3-7	19	22	26	30	36	42	48	55	63	70
D	8	24	26	30	35	40	45	50	60	63	70
	9	28	32	36	40	45	50	55	60	63	70
	10	38	40	42	45	50	55	60	63	70	75
	3-7	28	34	40	48	55	63	75	85	95	105
D	8	34	38	42	48	55	63	80	85	95	105
	9	38	42	48	55	60	70	80	90	100	110
	10	45	50	55	60	70	70	85	90	100	110

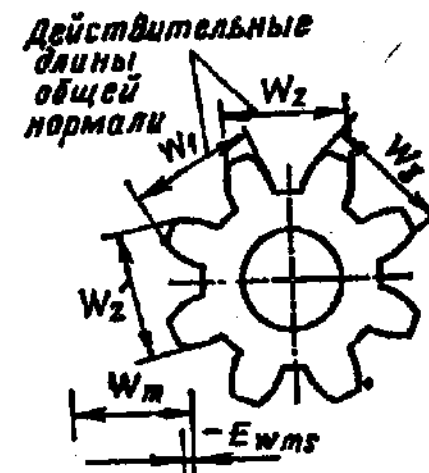
Зубчатые колеса с $m > 1$ мм										
Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр d , мм								
		До 80	Свыше 80 до 125	Свыше 125 до 180	Свыше 180 до 250	Свыше 250 до 315	Свыше 315 до 400	Свыше 400 до 500	Свыше 500 до 630	Свыше 630 до 800
		Отклонения E_{Wms}, E_{Wmi} (слагаемое I); E_{Wz}, E_{Wl} , мкм								
H	3-6	8	10	11	12	14	16	18	20	22
	7	10	10	12	14	16	18	201	22	25
E	3-6	20	24	28	30	35	40	45	50	55
	7	25	30	30	35	40	45	50	55	60
D	3-6	30	35	40	50	55	60	70	70	90
	7	35	40	50	55	60	70	70	80	100
8	8	40	50	50	60	70	70	80	90	110
	3-6	50	60	70	80	90	100	110	120	140
C	7	55	70	70	80	100	110	120	140	140
	8	60	80	80	100	110	120	140	140	160
9	9	70	80	100	110	120	140	140	160	200
	3-6	80	100	110	120	140	160	180	200	220
B	7	100	110	120	140	180	180	200	200	250
	8	100	110	140	140	180	200	200	250	280
9	9	110	120	140	160	200	200	250	280	300
	10	110	140	160	180	200	250	250	280	350
11	11	120	160	180	200	200	250	280	280	350
	3-6	120	140	180	200	220	250	280	300	350
A	7	140	180	200	200	250	280	300	350	350
	8	160	200	200	250	280	300	350	350	400
9	9	180	200	250	280	280	350	350	400	500
	10	200	200	250	280	300	350	400	400	500
11	11	200	250	280	300	350	350	400	500	550

Слагаемое II для определения $-E_{Wms}$ или $+E_{Wmi}$																
Модуль m , мм	Допуски на радиальное биение зубчатого венца F_r , мкм															
	До 6	Свыше 6 до 8	Свыше 8 до 10	Свыше 10 до 12	Свыше 12 до 16	Свыше 16 до 20	Свыше 20 до 25	Свыше 25 до 32	Свыше 32 до 40	Свыше 40 до 50	Свыше 50 до 60	Свыше 60 до 80	Свыше 80 до 100	Свыше 100 до 125	Свыше 125 до 160	Свыше 160 до 200*
	Отклонения E_{Wms} или E_{Wmi} (слагаемое II), мкм															
$m < 1$	1	2	2	3	3	4	5	7	9	11	14	18	22	25	35	45
$m > 1$	2	2	2	3	3	4	5	7	9	11	14	18	22	25	35	45

* - для зубчатых колёс с $m < 1$ мм F_r свыше 160 мкм.

Примечания:

1) Наименьшее отклонение средней длины общей нормали для зубчатого колеса с внешними зубьями $-E_{Wms}$ и для колеса с внутренними зубьями $+E_{Wmi}$ ($|E_{Wms}| = |E_{Wmi}|$) - наименьшее предписанное отклонение средней длины общей нормали, осуществляемое в целях обеспечения в передаче гарантированного бокового зазора. Средняя длина общей нормали W_m - среднее арифметическое из всех действительных длин (W_1, \dots, W_z , см. рисунок) общих нормалей по зубчатому колесу $W_m = \frac{W_1 + W_2 + \dots + W_z}{z}$.



Наименьшее отклонение длины общей нормали для зубчатого колеса с внешними зубьями $-E_{Wz}$, для зубчатого колеса с внутренними зубьями $+E_{Wl}$.

2) Для определения E_{Wms} (E_{Wmi}) необходимо к слагаемому I, величина которого зависит от делительного диаметра d и вида сопряжения, прибавить слагаемое II, величина которого зависит от допускаемого радиального биения F_r .

Пример пользования таблицей:

Зубчатое колесо внешнего зацепления 8-B ГОСТ 1643-81 с делительным диаметром $d = 75$ мм и модулем $m = 3$ мм. Слагаемое I равно 100 мкм (для вида сопряжения B, 8-й степени точности и $d = 75$ мм); слагаемое II равно 11 мкм (при $F_r = 45$ мкм - по приложению 5 для 8-й степени точности и $d = 75$ мм). Следовательно, $E_{Wms} = -(100 + 11) = -111$ мкм.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Допуск на среднюю длину общей нормали T_{F_n} , мкм
(выборка из ГОСТ 1643-81)

Вид сопряжения	Вид допуска	Допуск на радиальное биение зубчатого венца F_r , мм																				
		До 8	Свыше 8 до 10	Свыше 10 до 12	Свыше 12 до 16	Свыше 16 до 20	Свыше 20 до 25	Свыше 25 до 32	Свыше 32 до 40	Свыше 40 до 50	Свыше 50 до 60	Свыше 60 до 80	Свыше 80 до 100	Свыше 100 до 125	Свыше 125 до 160	Свыше 160 до 200	Свыше 200 до 250	Свыше 250 до 320	Свыше 320 до 400	Свыше 400 до 500	Свыше 500 до 630	Свыше 630 до 800
H/e	h	16	16	18	20	20	20	22	25	25	28	30	40	55	70	80	100	100	140	160	200	280
D	d	20	25	25	25	28	30	35	40	40	40	60	70	80	100	120	140	160	240	250	350	500
C	c	28	30	30	35	40	45	45	50	60	70	90	110	120	140	180	240	280	300	400	550	600
B	b	35	40	40	40	45	50	55	60	70	100	104	120	140	200	250	300	350	450	550	700	900
A	a	45	50	50	55	60	60	80	90	100	110	140	150	180	240	280	350	450	550	700	800	1000
—	z	60	60	60	70	70	80	100	110	120	140	180	200	250	300	400	500	600	800	800	1100	1400
—	y	70	80	90	90	100	110	120	160	180	220	240	300	350	400	500	600	800	900	1000	1400	2000
—	x	90	100	100	110	120	140	160	180	220	250	300	350	400	550	700	800	1100	1200	1400	1800	2400

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Номинальная длина общей нормали W'
цилиндрических прямозубых колёс с $\alpha = 20^\circ$ и $m = 1$ мм,
нарезанных без смещения исходного контура

Z	Z _n	W', мм	Z	Z _n	W', мм
5	2	4,4982	42	5	13,8728
6	2	4,5122	43	5	13,8868
7	2	4,5262	44	6	16,8530
8	2	4,8402	45	6	16,8670
9	2	4,5542	46	6	16,8810
10	2	4,5683	47	6	16,8950
11	2	4,5822	48	6	16,9090
12	2	4,5963	49	6	16,9230
13	2	4,6103	50	6	16,9370
14	2	4,6243	51	6	16,6510
15	2	4,6383	52	6	16,9650
16	2	4,6523	53	7	19,9311
17	3	7,6184	54	7	19,9452
18	3	7,6324	55	7	19,9592
19	3	7,6464	56	7	19,9732
20	3	7,6604	57	7	19,9872
21	3	7,6744	58	7	20,0012
22	3	7,6884	59	7	20,0152
23	3	7,7024	60	7	20,0292
24	3	7,7165	61	7	20,0432
25	3	7,7305	62	8	23,0093
26	4	10,6966	63	8	23,0233
27	4	10,7106	64	8	23,0373
28	4	10,7246	65	8	23,0513
29	4	10,7386	66	8	23,0653
30	4	10,7526	67	8	23,0794
31	4	10,7666	68	8	23,0934
32	4	10,7806	69	8	23,1074
33	4	10,7946	70	8	23,1214
34	4	10,8086	71	9	26,0875
35	5	13,7748	72	9	26,1015
36	5	13,7888	73	9	26,1155
37	5	13,8028	74	9	26,1295
38	5	13,8168	75	9	26,1435
39	5	13,8308	76	9	26,1575
40	5	13,8448	77	9	26,1715

Z	Z _n	W', MM	Z	Z _n	W', MM
41	5	13,8588	78	9	26,1855
79	9	26,1995	115	13	38,5122
80	10	29,1657	116	14	41,4784
81	10	29,1797	117	14	41,4924
82	10	29,1937	118	14	41,5064
83	10	29,2077	119	14	41,5204
84	10	29,2217	120	14	41,5344
85	10	29,2357	121	14	41,5484
86	10	29,2497	122	14	41,5624
87	10	29,2637	123	14	41,5764
88	10	29,2777	124	14	41,5904
89	11	32,2438	125	15	44,5566
90	11	32,2578	126	15	44,5705
91	11	32,2718	127	15	44,5845
92	11	32,2858	128	15	44,5985
93	11	32,2998	129	15	44,6126
94	11	32,3139	130	15	44,6266
95	11	32,3279	131	15	44,6406
96	11	32,3419	132	15	44,6546
97	11	32,3559	133	15	44,6686
98	12	35,3320	134	16	47,6347
99	12	35,3360	135	16	47,6487
100	12	35,3500	136	16	47,6627
101	12	35,3640	137	16	47,6767
102	12	35,3780	138	16	47,6907
103	12	35,3920	139	16	47,7047
104	12	35,4060	140	16	47,7187
105	12	35,4200	141	16	47,7327
106	12	35,4340	142	16	47,7467
107	13	38,4002	143	17	50,7129
108	13	38,4142	144	17	50,7269
109	13	38,4282	145	17	50,7409
110	13	38,4422	146	17	50,7549
111	13	38,4562	147	17	50,7689
112	13	38,4702	148	17	50,7829
113	13	38,4842	149	17	50,7969
114	13	38,4982	150	17	50,8109