

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УР ЮТИ ТПУ

_____ В.Л. Бибик
« ___ » _____ 2014 г.

ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ПОМОЩИ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ЗУБОМЕРА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Технические измерения в машиностроении» для студентов
обучающихся по направлению 15.03.01 «Машиностроение»

Составитель **В.С. Люкшин**

Издательство
Юргинского технологического института (филиала)
Томского политехнического университета
2014

УДК 658.562
ББК 30.607
ИЗ7

ИЗ7 **Измерение геометрических параметров зубчатых колес при помощи тангенциального зубомера:** методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Техническая диагностика и контроль качества» для студентов, обучающихся по направлению 15.03.01 «Машиностроение», всех форм обучения / сост.: В.С. Люкшин; Юргинский технологический институт. – Юрга: Издательство Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2014. - 14 с.

УДК 658.562
ББК 30.607

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
ТМС ЮТИ ТПУ
« 14 » января 2014 г.

Зав. кафедрой ТМС
кандидат технических наук,
доцент

_____ *А.А. Моховиков*

Председатель
учебно-методической комиссии

_____ *Н.А. Сапрыкина*

Рецензент
Кандидат технических наук, доцент КузГТУ
Д.Б. Шатько

© Составление. ФГАОУ ВО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2014
© Люкшин В.С., составление, 2014

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является ознакомление с основными положениями стандарта на допуски зубчатых колес, изучение методики измерения величины смещения исходного контура зубчатых колес, ознакомление со способами и приборами, применяемыми для измерения.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Ознакомиться с условиями проведения работы и общими теоретическими сведениями (п. 3 и 4).

2.2. Оформить отчет по лабораторной работе (п. 5).

2.3. Получить задание у преподавателя.

2.4. Произвести измерение величины смещения исходного контура зубчатого колеса (п. 6).

2.5. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы по работе (п. 7).

2.6. Ознакомиться с вопросами для самоконтроля (п. 10) и проверить свои знания.

3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Необходимыми условиями проведения и выполнения лабораторной работы должны быть: самостоятельная подготовка студентов к выполнению лабораторной работы; студент должен ознакомиться с настоящими методическими указаниями, усвоить теоретические сведения, изучить положение об охране труда согласно п. 8 и подготовить бланк отчета согласно п. 5 настоящих методических указаний, активно выполнять лабораторную работу. В начале занятия преподаватель выполняет контроль степени подготовленности каждого студента к выполнению работы. Студенты, уровень подготовленности которых не соответствует вышеизложенным требованиям, к выполнению работы не допускаются.

После оформления бланка отчета преподаватель должен выдать задание в виде двух цилиндрических зубчатых колес (измеряемого и измерительного) студенту или группе студентов.

4. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Характер сопряжения зубчатых колес (А, В, С, D, Е, Н) в зацеплении определяется величиной гарантированного бокового зазора.

С целью уменьшения толщины зуба относительно ее номинального значения и создания, таким образом, бокового зазора, исходный

контур смещают от его номинального положения в сторону оси вращения колеса. Для каждого вида сопряжения предусматриваются наименьшее дополнительное смещение исходного контура E_{ns} и допуск на величину этого смещения T_n .

Для обеспечения определенного характера сопряжения необходимо, чтобы дополнительное смещение исходного контура E_{nr} было не менее предписанного наименьшего E_{ns} и не более суммы $E_{ns} + T_n$ т.е. $E_{ns} \leq E_{nr} \leq E_{ns} + T_n$ (рис. 1).

Для определения положения исходного контура относительно наружного диаметра цилиндрических зубчатых колес внешнего зацепления с модулем от 2 до 50 мм применяют тангенциальные зубомеры (зубомеры смещения) следующих моделей:

- 23500 – для зубчатых колес с модулем от 2 до 10 мм;
- 23600 – для зубчатых колес с модулем от 4 до 16 мм;
- 23700 – для зубчатых колес с модулем от 10 до 28 мм;
- 23800 – для зубчатых колес с модулем от 22 до 50 мм;

По точности измерений зубомеры разделяют на классы А и В, зубомеры моделей 23500 и 23600 изготовляют класса А и В, зубомеры моделей 23700 и 23800 – класса В.

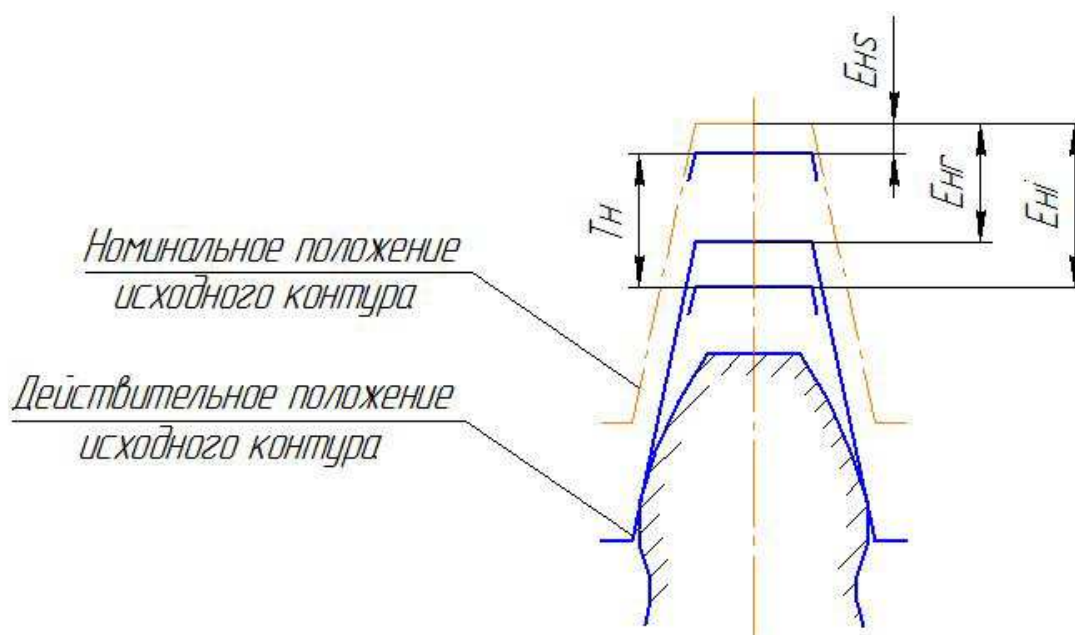


Рис. 1. E_{nr} – фактическое дополнительное смещение исходного контура; T_n – допуск на смещение исходного контура; E_{ns} – наименьшее дополнительное смещение исходного контура (верхнее отклонение); E_{ni} – наибольшее дополнительное смещение исходного контура (нижнее отклонение)

Зубомеры класса А снабжены отсчетным устройством с ценой деления не более 0,005 мм и с пределами измерений не менее 2 мм. Зубомеры класса В снабжены отсчетным устройством с ценой деления не более 0,01 мм и с пределами измерений не менее 5 мм. В комплекте с зубомером поставляется призма-подставка с набором установочных калибров.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформляется индивидуально для каждого студента на двойном тетрадном листе. При необходимости вкладываются дополнительные листы.

5.1. Титульный лист.

5.2. Цель, задачи работы, материальное оснащение.

5.3. Теоретическая часть по п.4.

5.4. Таблицы с результатами измерений (Прил., табл. 3).

5.5. Выводы и обобщения по работе.

6. ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА

6.1. Средство измерения.

Тангенциальный зубомер с диапазоном измерения $m = 2 \div 10$ мм; в комплекте к нему ролики установочные в футляре зубомера, индикатор часового типа со специальным удлиненным наконечником и призма опорная.

Основанием тангенциального зубомера (рис. 2) служит рамка 6, по которой с помощью винта 1 перемещаются измерительные губки 3. Эти губки закрепляются на рамке зажимами 7. В средней части рамки расположена втулка 10, имеющая присоединительное отверстие и зажим 8.

В эту втулку вставляется измерительная головка 9 (обычно ею служит индикатор часового типа с ходом 10 мм), снабженная удлиненным измерительным наконечником 2. Для установки тангенциального зубомера на заданное положение исходного контура и измерительной головки на «0» к зубомеру прикладывают установочные калибры-ролики 4. Для создания при установке зубомера таких же условий, что и при измерении колеса, к зубомеру прикладывают еще опорную призму 5.

6.2. Подготовка к измерению.

- Протереть чистой тканью зубчатое колесо, особенно тщательно боковые и наружные цилиндрические поверхности зубьев.
- Пронумеровать карандашом зубья колеса.
- Установить зубомер смещения на размер и его измерительную головку на «0», для этого:

- протереть поверхности прибора чистой тканью, в особенности тщательно измерительные поверхности губок 3 (рис. 2) и торец измерительного наконечника измерительной головки;
- освободить зажимы 7 губок 3, отвинчивая гайки зажимов на $1\div 1,5$ оборота;
- выбрать из футляра зубомера установочный ролик 4 (размер ролика берут в зависимости от модуля зуба измеряемого колеса, который нанесен на ролике (При $\alpha = 20^\circ$ диаметр ролика определяют по формуле $d_p = 1,2037 \cdot m$. Отклонения диаметра ролика не должны превышать ± 2 мкм при диаметрах до 30мм и ± 3 мкм при диаметрах свыше 30 мм));
- достать из этого же футляра опорную призму 5, поставить ее на стол перед собой, располагая ось призматического углубления на себя и уложить на призму ролик 4;
- установить по ролику нужное расстояние между губками 3, для чего левой рукой взять зубомер за рамку 6, удерживая его в горизонтальном положении, а правой рукой вращать винт 1 и перемещать губки 3 в такое положение, чтобы при наложении их на ролик 4, середина их измерительных поверхностей касалась бы образующих ролика. Поставив губки в это положение, закрепить гайками зажимы 7 обеих губок.

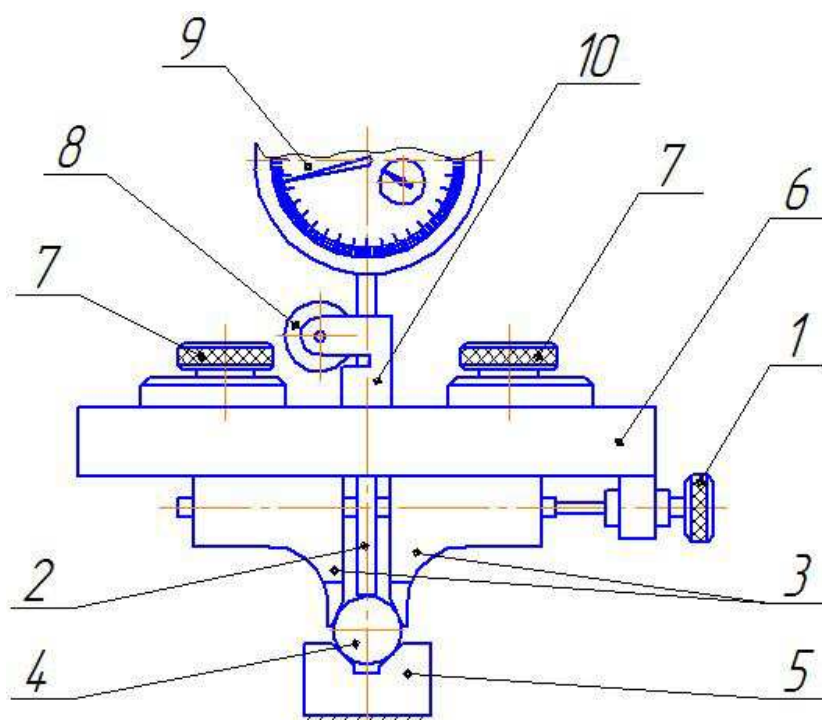


Рис. 2. Настройка тангенциального зубомера

- Установить индикатор часового типа на зубомер, для чего освободить зажим 8 присоединительной втулки 10, вставить в нее гильзу индикатора и закрепить зажимом 8 (предварительно).
- Установить индикатор на «0», для этого:
 - наложить зубомер губками 3 на ролик 4;
 - освободить зажим 8 присоединительной втулки 10;
 - опустить индикатор гильзой вглубь присоединительного отверстия втулки до касания измерительного наконечника 2 поверхности ролика и продвигать глубже до создания в индикаторе натяга не менее двух оборотов главной стрелки; в этом положении закрепить окончательно зажим 8 присоединительной втулки, но при этом сохранить свободу перемещения измерительного стержня индикатора;
 - придать правильное положение зубомеру на ролике 4, для чего, удерживая зубомер обеими руками и сохраняя плотный контакт губок с роликом, покачивать зубомер на ролике от себя – на себя и по движениям стрелки выявить ее максимальное отклонение в направлении по часовой стрелке – в этой точке и будет находиться правильное положение зубомера на ролике;
 - установить индикатор на «0», для чего, удерживая зубомер на ролике в найденном правильном положении, поворачивать ободок с циферблатом индикатора до совпадения середины нулевого штриха круговой шкалы с осью главной стрелки индикатора;
 - проверить правильность выполненной установки зубомера на «0»; для чего взять зубомер обеими руками и покачивать его на ролике от себя – на себя, сохраняя плотный контакт губок с поверхностью ролика. При этом стрелка индикатора должна доходить до нулевого штриха при полном наложении измерительных поверхностей губок зубомера на поверхность ролика. Если в этом положении стрелка индикатора не доходит до нулевого штриха или проходит дальше него, то необходимо повторить и добиться точной установки на «0».

6.2. Измерение зубчатого колеса.

- Установить зубчатое колесо на стол зубчатым венцом (торцом к себе).
- Наложить зубомер на зубчатое колесо (рис. 3), для чего взять зубомер обеими руками за рамку циферблатом индикатора к себе, наложить зубомер на один из пронумерованных зубьев так, чтобы измерительные поверхности губок охватили боковые поверхности этого зуба, а измерительный наконечник уперся в его наружную цилинд-

рическую поверхность.

- Придать зубомеру правильное положение, для чего, наблюдая за стрелкой индикатора и плотно прижимая зубомер губками к зубу, покачивать его сначала в осевой плоскости (от себя – на себя) и найти положение с наибольшим показанием в плюс, а затем, сохраняя это найденное положение, покачивать зубомер в диаметральной плоскости (вправо – влево) и найти положение с наибольшим показанием в минус. Запомните, что правильное положение будет там, где оба эти показания совпадут.
- Снять наибольшее показание при покачивании в диаметральной плоскости и записать его в табл. 3 (Прил.). Это отклонение и является величиной дополнительного смещения исходного контура E_{nr} , от его номинального положения, если окружность выступов не имеет радиального биения и диаметр ее выполнен точно по номинальному размеру.

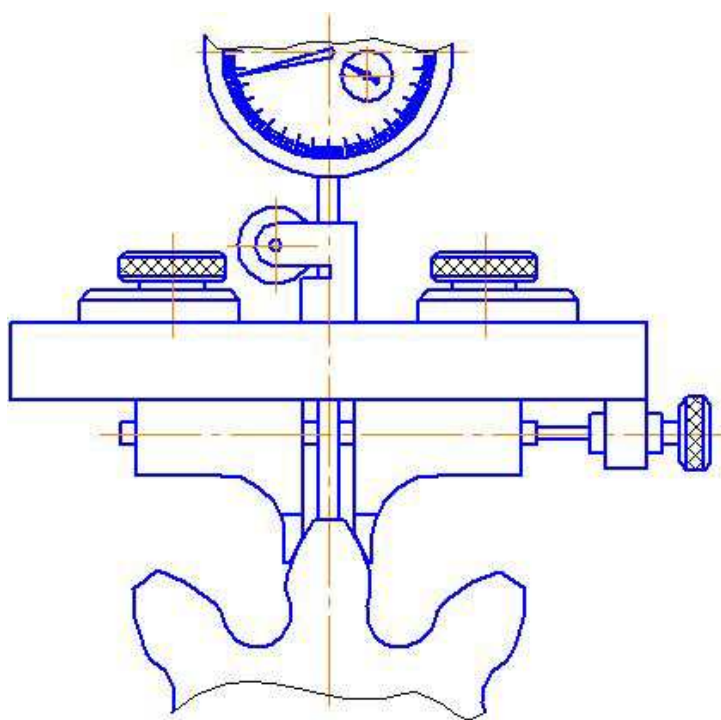


Рис. 3. Измерение величины смещения исходного контура

- Однако, так как радиальное биение окружности выступов зубьев, которая является базой, и погрешность ее диаметра вносит соответствующие ошибки в показания зубомера, то эти ошибки должны быть учтены.

Действительная величина дополнительного смещения исходного контура определяется по формуле:

$$E_{hr} = E_{hr \text{ изм}} - \frac{\Delta D_e}{2} - e_z, \quad (1)$$

где $E_{hr \text{ изм}}$ – измеренная величина дополнительного смещения исходного контура;

ΔD_e – отклонение действительного диаметра окружности выступов зубьев колеса от его номинального размера;

e_z – радиальное смещение окружности выступов для измеряемого зуба.

Отклонение действительного диаметра окружности выступов зубьев колеса от его номинального размера определяется по формуле:

$$\Delta D_e = D_{e \text{ изм}} - D_e, \quad (2)$$

где $D_{e \text{ изм}}$ – диаметр зубчатого колеса, получаемый измерением с помощью микрометра;

D_e – расчетный диаметр зубчатого колеса, определяемый по формуле:

$$D_e = m \cdot (z + 2), \quad (3)$$

- Из всех полученных $E_{hr \text{ изм}}$ выбирают минимальное и максимальное и по ним рассчитывают E_{hr}^{\min} и E_{hr}^{\max} , учитывая величину e_z соответствующих зубьев и ΔD_e .
- Для степени точности, которая была найдена по нормам плавности, устанавливают вид сопряжения (прил., табл. 1). При этом должно выполняться условие:

$$E_{ns} \leq E_{hr}^{\min}. \quad (4)$$

- Вид допуска на боковой зазор определяется по таблице (прил., табл. 2) в зависимости от величины радиального биения зубчатого венца F_r . При этом необходимо выполнение условия:

$$T_n \geq E_{hr}^{\max} - E_{hr}^{\min}. \quad (5)$$

7. ТРЕБОВАНИЯ К ОБОБЩЕНИЯМ И ОЦЕНКАМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАБОТЫ

Результаты проделанной работы записываются в вывод. В выводе необходимо дать обоснование полученным данным при проведении работы.

8. ОХРАНА ТРУДА

К выполнению работы допускаются студенты, прошедшие инструктаж по охране труда. При выполнении лабораторной работы студен-

ты обязаны соблюдать общие правила техники безопасности при работе в лаборатории, поддерживать порядок и дисциплину. Лабораторная работа должна выполняться под присмотром преподавателя.

9. МАТЕРИАЛЬНОЕ ОСНАЩЕНИЕ

В качестве объекта исследования используются цилиндрические зубчатые колеса.

Измерение диаметра окружности выступов зубчатого колеса производится микрометром типа МК ГОСТ 6507-90.

Для измерения величины дополнительного смещения исходного контура применяют тангенциальный зубомер по ТУ2-034-231-88.

10. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Виды сопряжения зубчатых колес.
2. Чем определяется вид сопряжения зубчатых колес?
3. Для чего производят смещение исходного контура зубчатого колеса?
4. Назначение тангенциального зубомера.
5. Основные типоразмеры тангенциальных зубомеров.
6. Группы точности тангенциальных зубомеров.
7. Порядок настройки тангенциального зубомера на номинальное положение исходного контура.
8. Устройство и принцип действия тангенциального зубомера.

11. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: учебник для вузов 6-е изд., перераб. и доп. / А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. – Москва: Машиностроение, 1987. – 352 с.

2. Допуски и посадки: справочник в 2-х ч. / под ред. В. Д. Мягкова. – Ленинград: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978. – 1032 с.

3. ГОСТ 1643-81. Передачи зубчатые цилиндрические.

4. Муслина, Г. Р. Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. пособие по дисциплине и курсовой работе / Г. Р. Муслина, Ю. М. Правиков / под общ. ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск: УлГТУ, 2003. – 132 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 1

Нормы бокового зазора (показатель - $E_{нс}$, мкм)

Вид сопряжения	Степень точности по нормам плавности	Делительный диаметр, мм			
		до 80	Св. 80 до 125	Св. 125 до 180	Св. 180 до 250
H	3÷6	12	14	16	18
	7	14	16	18	20
E	3÷6	30	35	40	46
	7	35	40	45	50
D	3÷6	46	54	63	72
	7	50	60	70	80
	8	55	70	80	90
C	3÷6	74	87	100	115
	7	80	100	110	120
	8	90	110	120	140
	9	100	120	140	160
B	3÷6	120	140	160	185
	7	140	160	180	200
	8	140	160	200	220
	9	160	180	200	250
	10	160	200	220	250
	11	180	220	250	280
A	3÷6	190	220	250	290
	7	200	250	280	300
	8	220	280	300	350
	9	250	280	350	400
	10	280	300	350	400
	11	280	350	400	450
	12	300	350	450	500

Таблица 2

Нормы бокового зазора
(T_n – допуск на смещение исходного контура, мкм)

Вид сопряжения	H, E	D	C	B	A	–	–	–	
Вид допуска	h	d	c	b	a	z	y	x	
Допуск на радиальное биение зубчатого венца F_r , мкм	Св. 10 до 12	35	40	55	70	80	100	140	160
	Св. 12 до 16	40	45	60	70	90	110	140	180
	Св. 16 до 20	40	55	70	80	100	120	160	200
	Св. 20 до 25	45	60	80	90	110	140	180	220
	Св. 25 до 32	55	70	90	100	140	160	200	250
	Св. 32 до 40	60	80	100	120	160	180	250	300
	Св. 40 до 50	70	90	120	140	180	220	280	350
	Св. 50 до 60	80	100	140	180	200	250	350	400
	Св. 60 до 80	110	140	180	200	250	300	400	500
	Св. 80 до 100	120	160	200	250	300	350	500	600
	Св. 100 до 125	160	200	250	300	350	450	600	700
	Св. 125 до 160	200	250	300	400	450	550	700	900
	Св. 160 до 200	250	300	400	500	550	700	900	1100
	Св. 200 до 250	300	350	500	600	700	900	1100	1400
	Св. 250 до 320	450	450	600	700	900	1100	1400	1800
	Св. 320 до 400	450	600	700	900	1100	1400	1600	2000
Св. 400 до 500	550	700	900	1100	1400	1600	2000	2500	

Таблица 3

Результаты измерения смещения исходного контура

№ зуба	Показания индикатора, мкм	№ зуба	Показания индикатора, мкм
1		16	
2		17	
3		18	
4		19	
5		20	
6		21	
...		...	

Учебное издание

ИЗМЕРЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПРИ ПОМОЩИ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО ЗУБОМЕРА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Технические измерения в машиностроении» для студентов
обучающихся по направлению 15.03.01 «Машиностроение»

Составитель

ЛЮКШИН Владимир Сергеевич

Печатается в редакции составителя

**Отпечатано в Издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 19.02.2014

Формат 60x84/23 Бумага офсетная.

Плоская печать. Усл. печ. л. 0,81 Уч-изд. л. 0,74

Тираж 30 экз. Заказ 1713 Цена свободная.

ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.

652000, г. Юрга, ул. Московская, 17.