

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ НАРЕЗАНИИ ЗУБЬЕВ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШЕСТЕРЁН  
НА ЗУБОДОЛБЁЖНЫХ СТАНКАХ

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)» в качестве методических указаний к лабораторной работе

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2013

УДК СГАУ 621.9 (075)

Составители: *М.Б. Сазонов, А.Н. Волков, Ф.И. Дёмин*

Рецензент д-р техн. наук, проф. Н.Д. Проничев

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ НАРЕЗАНИИ ЗУБЬЕВ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШЕСТЕРЁН НА ЗУБОДОЛБЁЖНЫХ  
СТАНКАХ:** метод. указания к лаб. работе / сост.: *М.Б. Сазонов,  
А.Н. Волков, Ф.И. Дёмин* – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм.  
ун-та, 2013. – 24 с.

Излагаются методика оценки точности геометрических параметров нарезаемой шестерни, контроль биения делительной окружности шестерни относительно базовой поверхности, представлены конструкция, наладка и настройка зубодолбёжного станка.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальностям «Технология машиностроения» и «Технология производства двигателей летательных аппаратов». Работа подготовлена на кафедре механической обработки материалов.

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2013

### **Цель работы:**

- ознакомление с методикой оценки точности геометрических параметров нарезаемой шестерни;
- изучение конструкции зубодолбежного станка, его наладка и особенности настройки станка на размер;
- экспериментальная проверка расчетных данных погрешностей обрабатываемой шестерни;
- контроль биения делительной окружности шестерни относительно установочной базовой поверхности;
- контроль точности выполнения средней длины общей нормали «блочного размера»;
- закрепление теоретических знаний студентов в области технологии производства деталей авиационных двигателей;
- закрепление знаний студентов, полученных в процессе второй производственной практики.

## **1. ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗУБООБРАБОТКИ**

Погрешности в протекании кинематического процесса зубообработки сочетаются с неточностями изготовления инструмента и его установки, геометрическими неточностями станка и установки заготовки в технологической системе.

Совокупность этих неточностей порождает погрешности формы и размеров обрабатываемых зубчатых колес.

При последующей работе зубчатого колеса в качестве элемента машины эти неточности формы и размеров колес вызывают неравномерность движения, сопровождающуюся возникновением динамических нагрузок и шума при работе передачи; они приводят также к неравномерному распределению нагрузки на боковых поверхностях зубьев.

Отдельные ошибки, возникающие при зубообработке (рис. 1), можно свести к четырем видам:

1. Изменение радиального расстояния между инструментом и обрабатываемым зубчатым колесом – **радиальные ошибки** обкатки.

2. Нарушение обката инструмента и изделия – **тангенциальные ошибки** обработки.

3. Погрешности перемещения инструмента вдоль оси изделия – **осевые ошибки** обработки.

4. Отклонение производящей поверхности зубообрабатывающего инструмента – ошибки производящей поверхности.

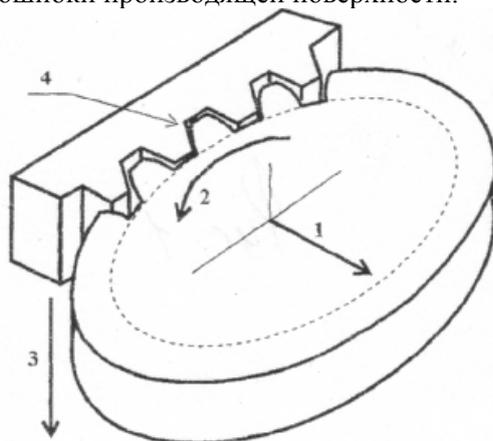


Рис. 1. Четыре вида погрешностей при зубообработке

**Радиальные ошибки** (1) зубообработки возникают из-за погрешностей базирования заготовки на станке, радиального биения инструмента и периодических колебаний положения шпинделя (качания стола) или инструмента. Для радиальных ошибок обработки характерно, что они остаются постоянными в любом сечении колеса. Радиальные погрешности базирования заготовки на зуборезном станке создают в изделии геометрический эксцентриситет, который проявляется как погрешность угла профиля зуба на делительной окружности шестерни. При зубонарезании возможно появление как чисто радиального биения, так и перекоса оси режущего инструмента относительно геометрической оси вращения оправки. При зубодолблении биение долбяка и его перекос относительно оси вращения ползуна целиком переносятся на изделие и, кроме того, вызывает погрешность в зоне смыкания. Типичный дефект зубодолбленных колес, выражающийся в стуке на одном зубе, является результатом погрешности обработки в зоне смыкания.

**Тангенциальные ошибки** (2) возникают в основном из-за нарушения обката инструмента и заготовки. Источником этих погрешностей являются ошибки звеньев кинематической цепи станков. Кинематическая погрешность делительного колеса станка

вызывает дополнительный поворот заготовки в процессе формообразования зуба. Погрешность обкатки полностью определяется при тангенциальных измерениях колеса, т. е. при однопрофильном комплексном контроле, при контроле накопленной погрешности окружного шага, а также при проверке колебания длины общей нормали.

**Осевые ошибки** (3) зубообработки возникают в основном из-за неточностей направляющих станка, перекоса осей заготовки, а в некоторых случаях – кинематической цепи станка. Эти погрешности вызывают нарушение продольного контакта зубьев. Значительное влияние на нарушение продольного контакта зубьев оказывает торцевое биение базового торца заготовки, что создает перекося оси заготовки относительно зубообрабатывающего станка. В этом случае при работе колеса пятно контакта будет перемещаться по поверхности зубьев от одного торца к другому.

**Погрешности производящей поверхности** (4) инструмента возникают вследствие применения приближенных методов профилирования инструмента или же погрешностей его изготовления и заточки. Помимо этих погрешностей сюда должны быть отнесены также и неточности колеса, связанные с влиянием прерывистости процесса резания из-за подачи и конечности числа режущих граней инструмента. Всякое отступление формы производящей поверхности инструмента от точной поверхности создает на заготовке погрешность профиля зуба.

В работе исследуются точность расположения делительной окружности и погрешности окружного шага проверкой колебания длины общей нормали (групповой размер).

Нарезание зубчатых колес производится по способу обкатки при помощи инструмента-долбяка (рис. 2) Долбяк во время работы получает возвратно-поступательное движение параллельно оси заготовки (движение резания) и одновременно вращается вокруг своей оси (круговая подача). В начале обработки долбяк автоматически перемещается в направлении к оси изделия (радиальная подача) на требуемую высоту зуба. Нарезаемое колесо совершает обкаточное движение.



Возвратно-поступательное движение (движение резания) долбяка осуществляется следующим образом: от двухскоростного электродвигателя мощностью 2,8/3,2 кВт, при  $n$  1000/1500 об/мин через клиноременную передачу со сменными шкивами  $A - B$  получает вращение вал  $II$ , который через механизм с движущейся кулисой 2 передаёт возвратно-поступательное движение каретке 1 со штосселем «Ш». На штосселе закреплён долбяк 3. Число двойных ходов штосселя изменяется за счёт перекидки клиновых ремней на блоках  $A$ ,  $B$ , замены блока  $A$  и переключения скоростей двигателя ЭД1. Уравнение кинематической цепи имеет вид

$$n_{ум} = n_{ЭД1} \cdot \frac{A}{B} \cdot \eta,$$

где  $\eta \approx 0,93$  – коэффициент проскальзывания ремня.

В развёрнутом виде уравнение запишется

$$n_{ум} = \left. \begin{array}{l} \frac{90}{420} \\ \frac{118}{390} \\ \frac{1000}{1500} \left\{ \begin{array}{l} 180 \\ 420 \end{array} \right. \\ \frac{230}{390} \end{array} \right\} \cdot 0,93 = 200 \dots 850 \text{ дв.ход / мин}$$

Из уравнения получают уравнение настройки

$$\frac{A}{B} = \frac{n_{ум}}{n_{ЭД1} \cdot \eta}.$$

Величина хода долбяка должна быть больше высоты заготовки не менее чем на 4 мм. Это условие обеспечивается за счет регулирования радиуса эксцентриситета  $E$  (рис. 3). Гайка 1 отпускается и производится вращение винта 2 ключом до тех пор, пока стрелка указателя не покажет необходимое деление на шкале.

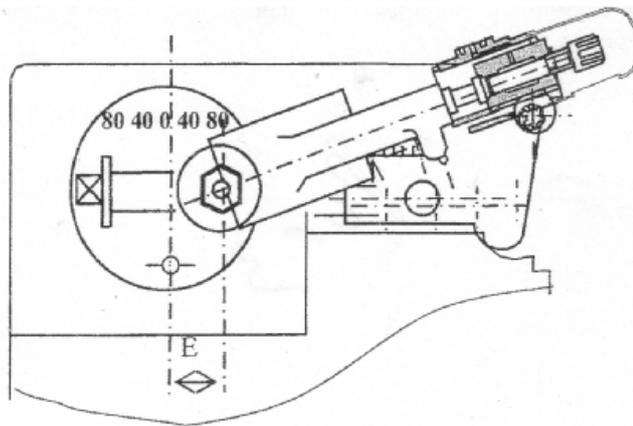


Рис. 3. Регулировка хода долбяка

Станок имеет автоматическое устройство, которое управляет механизмом врезания зубьев долбяка в тело нарезаемого зубчатого колеса. При достижении требуемой глубины врезания автоматически включаются радиальная подача и счётный механизм станка *9, 10, 11* (см. рис. 2), контролирующий число полных оборотов шпинделя станка. Радиальная подача, подвод и отвод стола осуществляются гидроцилиндром привода стола *19*. Управление радиальной подачей осуществляется перемещением клиновой ползушки *13* с помощью гидроцилиндра *25* (рис. 2), управляемого дросселем. Подача устанавливается по лимбу дросселя в соответствии с имеющимся (настроенным) числом двойных ходов долбяка.

Включение подачи осуществляется посредством переставных упоров на диске, расположенном на оси реечного колеса *12* (см. рис. 2). При движении ползушки вверх (см. рис. 2) ролик вместе с пинолью *14*, гайкой *15*, винтом *16* и столом под действием гидропривода *19* перемещается влево. Положение и количество упоров определяется исходя из числа проходов и глубин врезания на каждом проходе. После последнего врезания пиноль *14* своим буртом упирается в упор *18*, между роликом и клиновой ползушкой образуется зазор. При обратном ходе ползушки *13* вниз стол через пиноль и винт отводится назад в исходное положение. Регулирование межосевого расстояния осуществляется перемещением гайки *15* с пинолью *14* с помощью винта *16* от квадрата *17* через червячную передачу *2/24* (см. рис. 2).

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ОКРУЖНОСТИ КОЛЕСА

Суммарная погрешность расположения делительной окружности зубчатого венца колеса относительно базового отверстия шестерни рассчитывается с помощью размерных цепей (рис. 4), в которой замыкающим звеном является искомый векторный параметр  $\vec{\Delta}_{\Sigma}$ .

В общем виде суммарная погрешность расположения делительной окружности имеет вид:  $\vec{\Delta}_{\Sigma} = \vec{\Delta}_y + \vec{\Delta}_o$ ,

где  $\vec{\Delta}_y$  – погрешность установки заготовки на станке;

$\vec{\Delta}_o$  – остаточная погрешность, связанная с методом обработки.

Погрешность установки ( $\vec{\Delta}_y$ ) заготовки представляет собой смещение оси установочной поверхности заготовки (шестерни) относительно шпинделя станка:

$$\vec{\Delta}_y = \vec{\Delta}_{y.n} + \vec{\Delta}_{y.z},$$

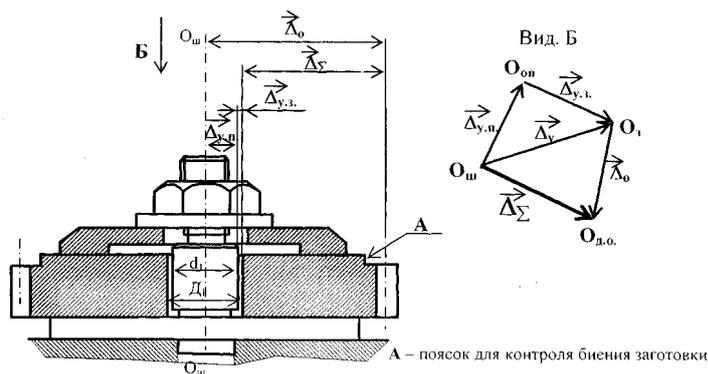


Рис. 4. Суммарная погрешность расположения  
делительной окружности

где  $\vec{\Delta}_{y.n}$  – погрешность расположения установочного элемента приспособления (установочной оправы) относительно оси шпинделя станка  $O_{ш}O_{ш}$ ;

$\vec{\Delta}_{y.z}$  – погрешность расположения установочной поверхности заготовки относительно установочного элемента приспособления.

Погрешность установки заготовки  $|\vec{\Delta}_{y.z}|$  определяется как разность диаметров отверстия в заготовке и диаметра оправки. При этом максимально возможный зазор между заготовкой и оправой будет иметь место при условии:

$$Z_{\max} = D_1 \max - d_1 \min,$$

где  $D_1$  – диаметр установочного отверстия заготовки;

$d_1$  – диаметр установочного элемента оправки.

Остаточная погрешность  $\vec{\Delta}_o$ , связанная с методом обработки, зависит от множества причин. Например: от геометрической точности станка; кинематической погрешности станка; деформации технологической системы под действием усилия резания; размерного износа режущего инструмента; действия температурных явлений и других факторов.

Значительная величина остаточной погрешности, связанная с процессом обработки, вызвана устройством врезания и обкатки станка. На рис. 5 представлена схема врезания и круговой обкатки заготовки при зубодолблении.

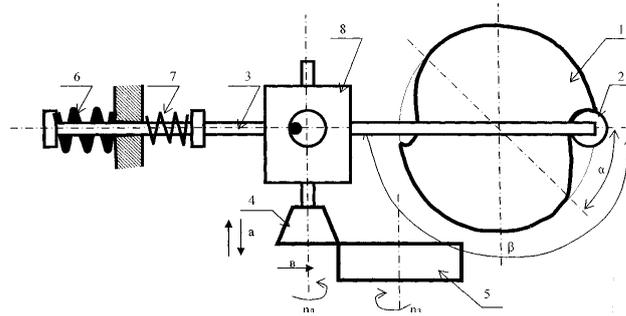


Рис. 5. Схема обеспечения врезания и круговой обкатки при зубодолблении заготовки

При вращении профилированного кулачка 1 ролик 2, соединённый с тягой 3, перемещает рабочую головку и долбяк 4 в поперечном направлении. При этом долбяк 4 врезается в заготовку на полную глубину зуба шестерни. Это происходит на участке контакта ролика 2 с профилированным кулачком 1 и определяется углом  $\alpha$ .

На этом участке радиус кулачка переменный. Он создает плавное врезание долбяка в заготовку. Одновременно с этим движением происходит круговая обкатка долбяка 4 относительно заготовки 5. Для создания плотного контакта между роликом 2 и образующей поверхностью кулачка 1 тяга 3 прижимается с помощью пружинного устройства 6, 7. После завершения круговой обкатки по участку  $(\beta - \alpha)$ , где радиус кулачка постоянный, ролик 2 попадает во впадину кулачка 1 и пружинное устройство 6, 7 отводит рабочую головку и долбяк в крайнее положение.

Наличие большого количества соединений и отклонение профиля кулачка 1 от номинального значения приводит к формированию остаточной погрешности обработки  $\vec{\Delta}_o$ .

В данной лабораторной работе погрешности определяются расчетным и экспериментальным путем.

Суммарная ожидаемая расчетная погрешность определяется по формуле

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_o^2}. \quad (1)$$

Погрешность установки заготовки определяется по формуле

$$\Delta_y = \Delta_{y.n} + \Delta_{y.z}. \quad (2)$$

Погрешность расположения установочной поверхности заготовки относительно установочного элемента приспособления (оправки) определяется как разность диаметров  $D_1$  и  $d_1$ :

$$\Delta_{y.z} = D_1 - d_1. \quad (3)$$

### 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Протереть стол станка и оправку салфеткой.
2. Замерить диаметр  $d_1$  оправки микрометром.
3. Проверить биение оправки  $B_0$  относительно оси вращения шпинделя станка индикатором.

Проверку биения оправки необходимо производить при ускоренном вращении стола, которое осуществляется специальным электродвигателем ЭД2. Перед проверкой биения необходимо расцепить шестерни гитары деления, включить собачку храпового механизма и переключатель на пульте управления повернуть в положение «наладка».

4. Замерить диаметр установочного отверстия  $D_1$  в заготовке (прил. 1).

5. Установить и закрепить заготовку на столе станка.

6. Замерить биение заготовки по специальному пояску  $A$  относительно оси вращения стола.

7. По формуле (3) подсчитать погрешность расположения установочных поверхностей заготовки и приспособления  $\Delta_{у.п.}$ .

8. По формуле (2) подсчитать погрешность установки заготовки  $\Delta_{у.з.}$ . Замеренные и подсчитанные величины записать в сводную таблицу отчета.

9. Нарезать зубья одной шестерни согласно технологической карте (прил. 2). Число зубьев задается преподавателем.

10. Проверить биение делительной окружности нарезанной шестерни  $\Delta_0$  относительно оси шпинделя стола станка, не снимая шестерни с приспособления. Данные измерения записать в отчет.

*Примечание:*

а) Замеры биения произвести по всем впадинам шестерни индикатором с помощью ролика, диаметр ( $d_p$ ) которого определяется по формуле

$$d_p = S_x = \frac{D_p \times \sin 90^\circ}{z},$$

где  $S_x$  – толщина зуба по хорде делительной окружности в мм,

$D_p$  - диаметр делительной окружности,

$z$  - число зубьев нарезаемой шестерни.

Чертеж ролика представлен в прил. 3;

б) погрешностями формы пренебрегаем;

в) проверку биения производить при расцепленных шестернях гитары деления и выключенной собачке храпового механизма.

11. Снять нарезанную шестерню с приспособления.

12. Замерить биение делительной окружности нарезанной шестерни относительно оси отверстия заготовки, т. е. суммарную погрешность делительной окружности зубчатого венца шестерни относительно оси отверстия колеса  $\Delta_{\Sigma}$  на горизонтальных центрах (см. рис. 6 и прил. 3, 4). Замеры производить аналогично описанному в п. 2.

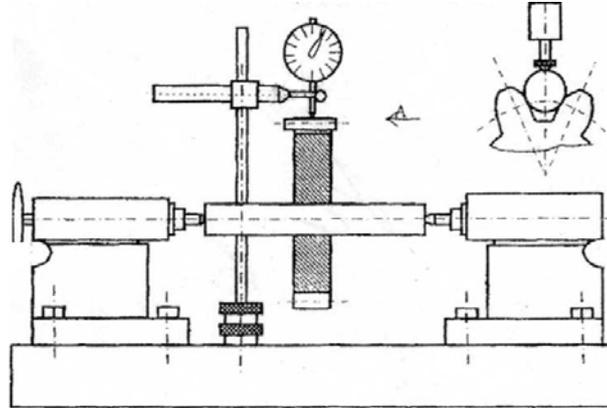


Рис. 6. Схема измерения суммарной погрешности на горизонтальных центрах

Показания индикатора записать в отчет.

Проанализировав значение  $\Delta_{\Sigma}$ , установить наибольшее биение делительной окружности нарезанной шестерни относительно оси отверстия колеса.

Значение  $\Delta_{\Sigma_{\max}}$  записать в сводную таблицу отчета.

13. По формуле (1) подсчитать значение  $\Delta_{\Sigma}$  и записать его значение в сводную таблицу отчета.

14. Замерить длину общей нормали (групповой размер) нарезанной шестерни зубомером или штангенциркулем. Размер  $L$  замерить через шесть зубьев по окружности колеса и данные записать в отчет. Проанализировать значения размеров  $L$ , установить наибольшее и наименьшее значения  $L$ .

15. По окончании работы тщательно убрать станок и сдать его лаборанту.

## 4. ОТЧЁТ

1. Сравнив значения замеренного на станке  $\Delta_{y,z}$ , рассчитанного по формуле (2)  $\Delta_{y,z}$  и заданного в операционной карте  $\delta_y$ , дать заключение о погрешности установки заготовки в приспособлении и указать пути уменьшения этой погрешности.

2. Сравнив значения замеренного на горизонтальных центрах  $\Delta_{\Sigma}$  рассчитанного по формуле (1)  $\Delta_{\Sigma}$  и заданного в операционной карте  $\delta_{\delta}$ , дать заключение о суммарной погрешности расположения делительной окружности нарезанной шестерни относительно оси отверстия колеса и указать пути уменьшения этой погрешности.

3. Сравнив значения замеренных  $L_{max}$  и  $L_{min}$  с заданными значениями в операционной карте  $L (T_L)$ , дать заключение о точности группового размера  $L$  нарезанной шестерни.

4. В выводах указать, соответствует ли точность нарезанной шестерни техническим условиям операционной карты.

В выводах по работе на основе сравнения экспериментальных, расчетных и заданных в операционной карте значений дать заключение о точности выполнения технических условий и группового размера  $L$ .

Указать пути уменьшения погрешностей.

### Контрольные вопросы

1. Какие движения технологической системы выполняются, чтобы осуществить обкатку при долблении зубчатого венца шестерни?

2. Перечислить основные параметры зубчатого венца шестерни.

3. Как задается расположение зубчатого венца шестерни относительно конструкторских поверхностей?

4. Перечислить основные погрешности, которые определяют смещение профиля зубчатого венца шестерни относительно базовых установочных поверхностей.

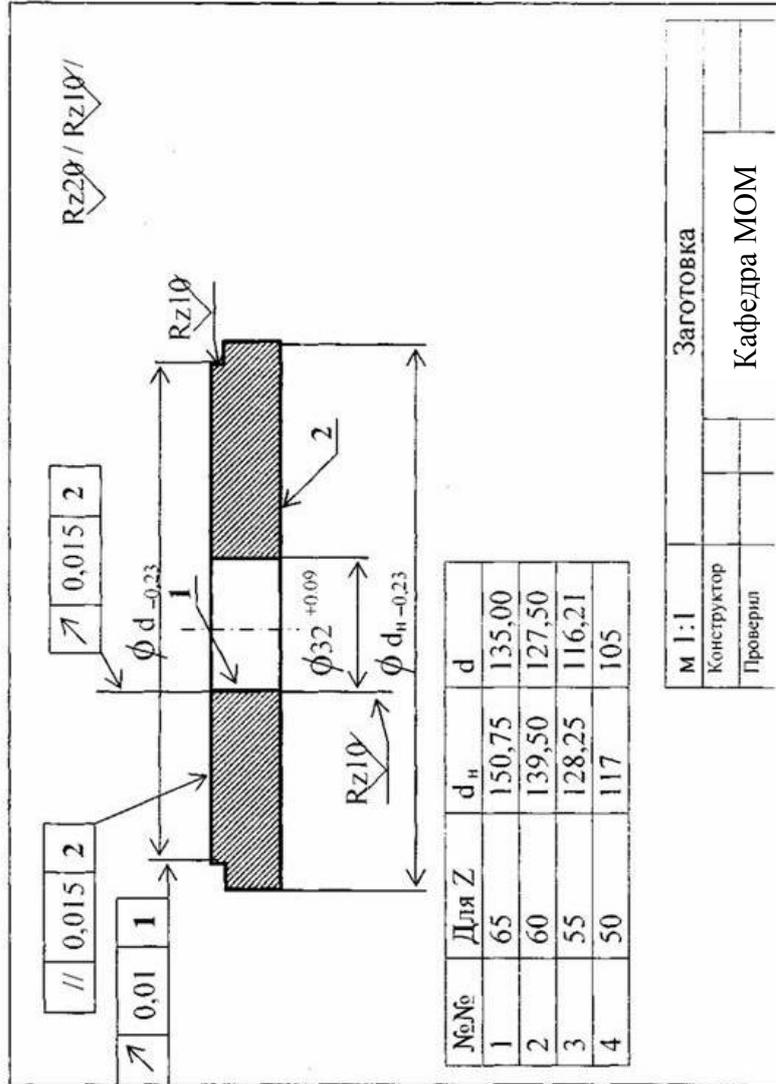
5. Перечислить основные причины, вызывающие остаточные погрешности, связанные с процессом обработки заготовки.

6. Как выполнить контроль смещения профиля зубчатого венца относительно конструкторских поверхностей?

7. Исходя из каких условий рассчитывается диаметр ролика при измерении расположения зубчатого венца шестерни?

8. Как настраивается ход долбяка при нарезании цилиндрических прямозубых шестерен?

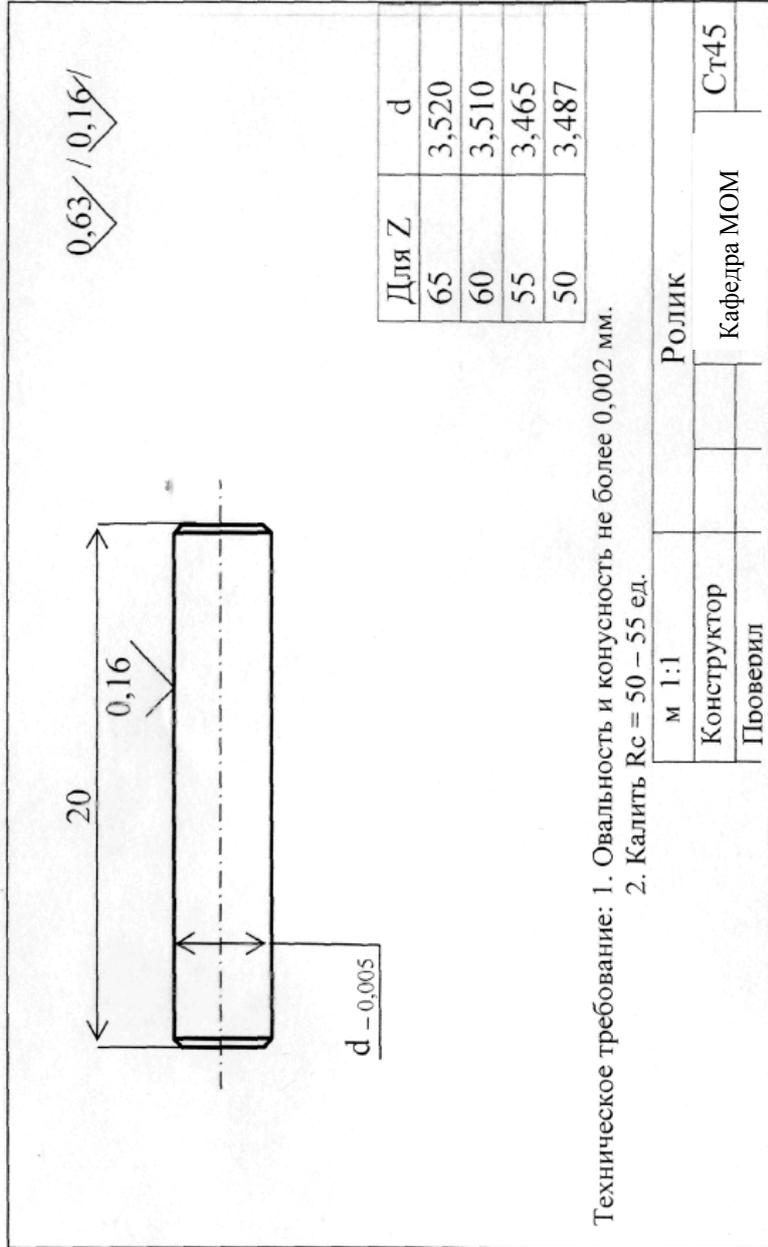
Приложение 1



Кафедра «ПДДА»	Операционная карта	Имя	Наименование детали	№ операции																																																		
	<p><math>\alpha = 20^\circ; m = 2,25; t = 7,06; n = 5,06; b = 16.</math></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>N</th> <th>Z</th> <th>d<sub>н</sub></th> <th>d<sub>вн</sub></th> <th>d<sub>ф</sub></th> <th>n</th> <th>L'</th> <th>L<sub>1</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>65</td> <td>146,25</td> <td>140,63</td> <td>150,75</td> <td>8</td> <td>51,87</td> <td>0,055</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>60</td> <td>135,0</td> <td>129,38</td> <td>139,5</td> <td>8</td> <td>51,71</td> <td>0,055</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>55</td> <td>123,75</td> <td>118,13</td> <td>128,5</td> <td>7</td> <td>44,91</td> <td>0,048</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>50</td> <td>112,5</td> <td>106,88</td> <td>117</td> <td>6</td> <td>38,13</td> <td>0,048</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>45</td> <td>101,25</td> <td>95,63</td> <td>105,75</td> <td>5</td> <td>31,6</td> <td>0,048</td> </tr> </tbody> </table>	N	Z	d <sub>н</sub>	d <sub>вн</sub>	d <sub>ф</sub>	n	L'	L <sub>1</sub>	1	65	146,25	140,63	150,75	8	51,87	0,055	2	60	135,0	129,38	139,5	8	51,71	0,055	3	55	123,75	118,13	128,5	7	44,91	0,048	4	50	112,5	106,88	117	6	38,13	0,048	5	45	101,25	95,63	105,75	5	31,6	0,048	Имя	ШЕСТЕРНЯ	№ чертёж	Заготовка	№ операции
N		Z	d <sub>н</sub>	d <sub>вн</sub>	d <sub>ф</sub>	n	L'	L <sub>1</sub>																																														
1		65	146,25	140,63	150,75	8	51,87	0,055																																														
2		60	135,0	129,38	139,5	8	51,71	0,055																																														
3		55	123,75	118,13	128,5	7	44,91	0,048																																														
4		50	112,5	106,88	117	6	38,13	0,048																																														
5		45	101,25	95,63	105,75	5	31,6	0,048																																														
Количество деталей		1	№ чертёж	СЧ12-24	Твёрдость	Охлаждение																																																
Тип		СТАНОК	Завод-изготовитель	Модель																																																		
Учебный		Харьковский завод агрегатных станков	Харьковский завод агрегатных станков	5М14																																																		
Приспособление	Оправка с гайкой	Оправка с гайкой																																																				
№ операции	50	Наименование операции																																																				
<b>Нарезание зубьев</b>																																																						
№ перевода	Переводы	Инструменты	Расчётные данные			Режимы работы																																																
			Диаметр кон. шпирна	Длина на обра-бот-ки	Длина рабочего хода		Чис-ло до-пре-ходо-в	Глу-бина	Ско-рость																																													
1	Установить заготовку по поверхности 1 с упором в порц.2 и закрепить по высоте 3.	Резу-щий	Мерель-ный																																																			
2	Добить зубья, выдержать размеры по эскизу	Добик	Оправка дим 32																																																			
		Z = 34	Измеритр 0,01 мм.	16	20	4	0,31	15	372																																													
		M = 2,25	Зубомер																																																			
		Микрометр																																																				

Технические требования:

1. Допустимое биение поверхности 4 относительно оси шпинделя стола станка не более 0,05 мм.
2. Допустимое биение делительной окружности относительно поверхности 1 не более 0,18 мм
3. Степень точности С18-7х ГОСТ 1643-81.



## Лабораторная работа № \_\_\_\_\_

### Определение точности при нарезании зубьев цилиндрических шестерён на зубодолбёжных станках

1. Схема зубодолбления

2. Определение биения оправки

Диаметр оправки $d_l$	Показания индикатора		Наибольшая разность, биение $B_0$	Погрешность расположения оправы относительно оси станка $\Delta_{\text{вп}}$
	наиб.	наим.		

3. Определение биения заготовки относительно оси вращения стола

Диаметр оправки $D_1$	Показания индикатора		Наибольшая разность, биение $B_0$	Погрешность расположения оправы относительно оси станка $\Delta_{\text{вп.}}=D_1-d_1$
	наиб.	наим.		

4. Определение биения делительной окружности шестерни относительно оси шпинделя станка

Показания индикатора		Наибольшая разность, биение $\Delta_0$	Степень точности
наиб.	наим.		

5. Определение биения делительной окружности шестерни относительно оси заготовки

Показания индикатора		Наибольшая разность, биение $\Delta_\Sigma$	Степень точности
наиб.	наим.		

6. Определение колебания длины общей нормали

Показания индикатора		Наибольшая разность $\Delta L$	Степень точности
наиб.	наим.		

7. Результаты расчётов

8. Индивидуальное задание

Преподаватель \_\_\_\_\_

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Цель работы</b> .....	3
1. ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЗУБООБРАБОТКИ.....	3
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ОКРУЖНОСТИ КОЛЕСА.....	9
3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	12
4. ОТЧЁТ.....	14
<b>Контрольные вопросы</b> .....	14
<b>Приложения</b> .....	15

Учебное издание

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИ НАРЕЗАНИИ ЗУБЬЕВ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ШЕСТЕРЁН  
НА ЗУБОДОЛБЁЖНЫХ СТАНКАХ**

*Методические указания к лабораторной работе*

Составители: *Сазонов Михаил Борисович*  
*Волков Александр Николаевич*  
*Дёмин Феликс Ильич*

Редактор Т.К. Крестина  
Компьютерная верстка А.В. Ярославцева

Подписано в печать 12.08.2013 г. Формат 60×84<sup>1/16</sup>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,5.  
Тираж 200. Заказ . Арт. – М11/2013.

Самарский государственный аэрокосмический университет.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

---

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК