

2891

**РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ
ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС**

Методические указания для студентов
всех специальностей

Иваново 2010

Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Ивановская государственная текстильная академия»
(ИГТА)

Кафедра начертательной геометрии и черчения

РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ
ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Методические указания для студентов
всех специальностей

Иваново 2010

В методических указаниях предназначенных для студентов первого и второго курсов дневной формы обучения, дана оптимальная информация о расчетах и выполнении чертежей зубчатых колес.

Они могут быть использованы для выполнений графических работ по черчению и курсовых – по деталям машин.

Составители: доц. А.В.Сухарева
 доц. А.Н.Лялина

Научный редактор канд. техн. наук, доц. Т.Н.Фомичёва

ВВЕДЕНИЕ

Движение от одного звена механизма к другому передаётся с помощью различных деталей, совокупность которых называется передачей. Одним из основных видов передач является зубчатая передача. Зубчатая передача между параллельными валами осуществляется цилиндрическими зубчатыми колёсами с внешним или внутренним зацеплением зубьев.

Зубчатыми колёсами называют детали, которые служат для передачи вращательного движения от одного вала к другому. В зацеплении двух зубчатых колёс одно из колёс называется шестерней. Шестерня – это зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Основным элементом зубчатых колёс являются зубья, а основным параметром зубчатых колёс является модуль. Модуль – это длина диаметра делительной окружности, приходящаяся на один зуб колеса. Стандартом установлен ряд чисел модулей.

Выдержка из ГОСТ 9563 – 60 приведена в таблице 1.

Таблица 1

Ряд 1	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
Ряд 2	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5

При выборе величины модуля первый ряд предпочитается второму. В результате расчёта зубчатой передачи конструктор определяет основные параметры колёс: модуль m , число зубьев Z и диаметр вала D_b , по которым подсчитываются размеры зубчатых венцов (таблица 2): b , S , D_{cm} , D_1 , D_0 , δ_2 , L_{cm} . Размеры остальных конструктивных элементов зубчатых колёс могут быть определены на основании соотношений, установленных практикой расчёта и конструирования зубчатых колёс.

Цилиндрическое зубчатое колесо малого диаметра обычно имеет форму сплошного цилиндра с отверстием для установки на вал.

При несколько большем диаметре конструкции выполняются массивными только обод и ступица (втулка) с отверстием для вала. Остальная часть колеса представляет собой тонкий диск с отверстиями (или без отверстий). Диск может выполняться с рёбрами жесткости.

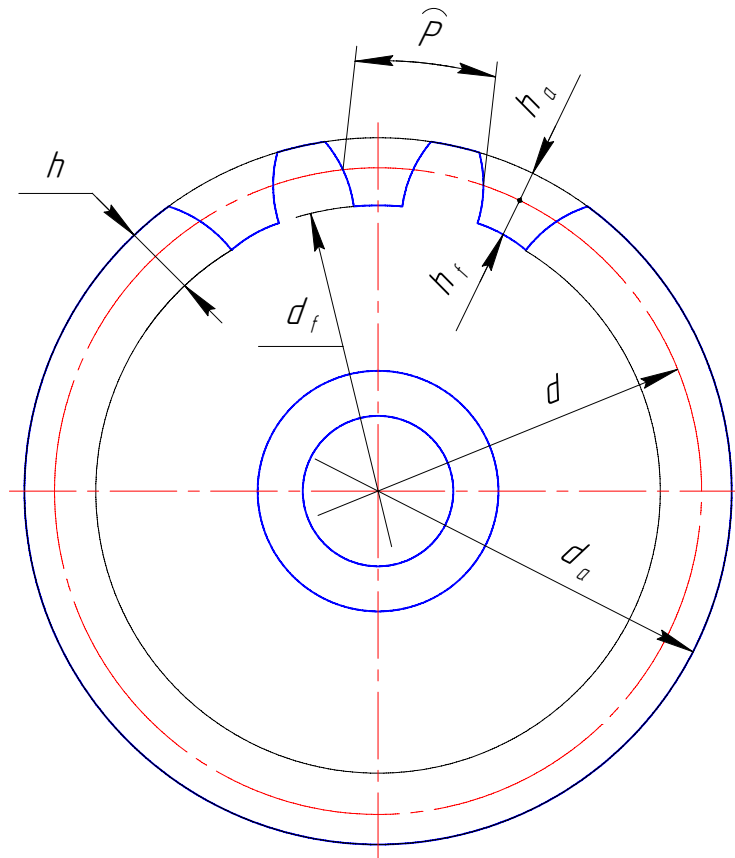


Рисунок 1

Шаг P – толщина одного зуба вместе со впадиной, измеренная по делительному диаметру, мм.

Делительные диаметры d - диаметры сопряженной пары зубчатых колес, имеющие центры на осях зубчатых колёс и перекатывающиеся один по другому без скольжения, касаясь друг друга в полюсе зацепления. Делительный диаметр отделяет головку зуба от ножки, мм.

Головка зуба h_a - часть зуба, выступающая над делительным диаметром, мм.

Ножка зуба h_f - часть зуба, расположенная под делительным диаметром, мм.

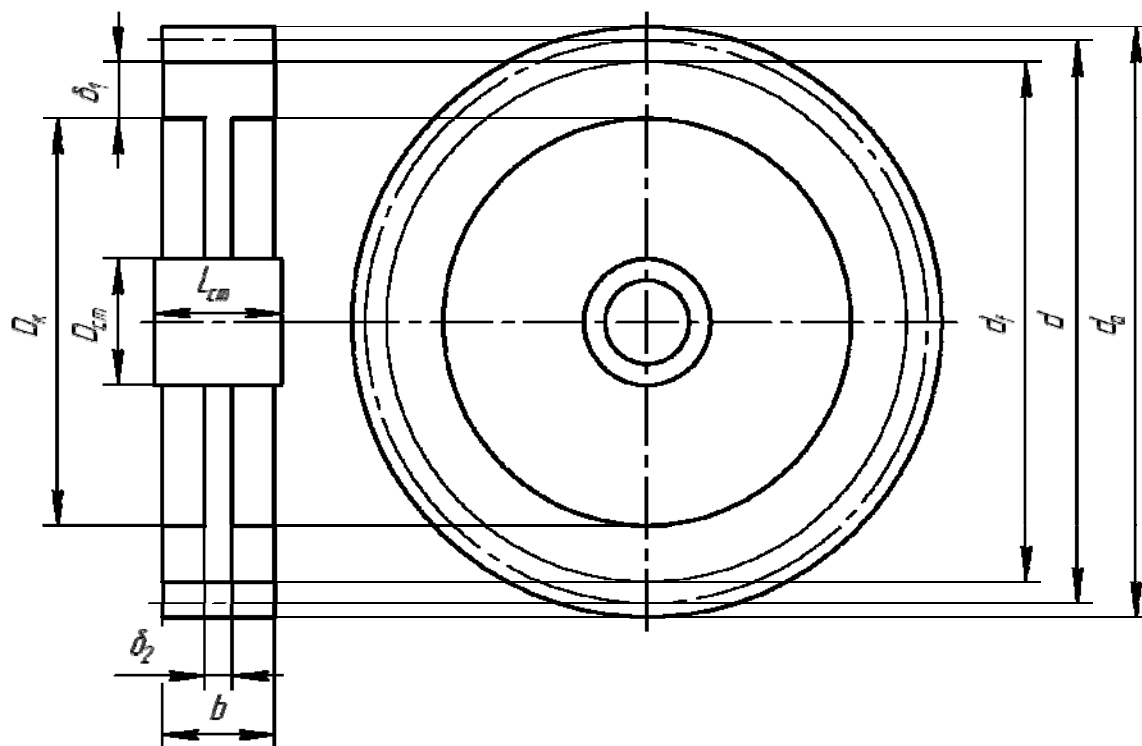
Высота зуба h - радиальная высота между окружностями выступов и впадин зубьев, мм.

Диаметр вершин зубьев d_a - ограничивает вершины зубьев, мм.

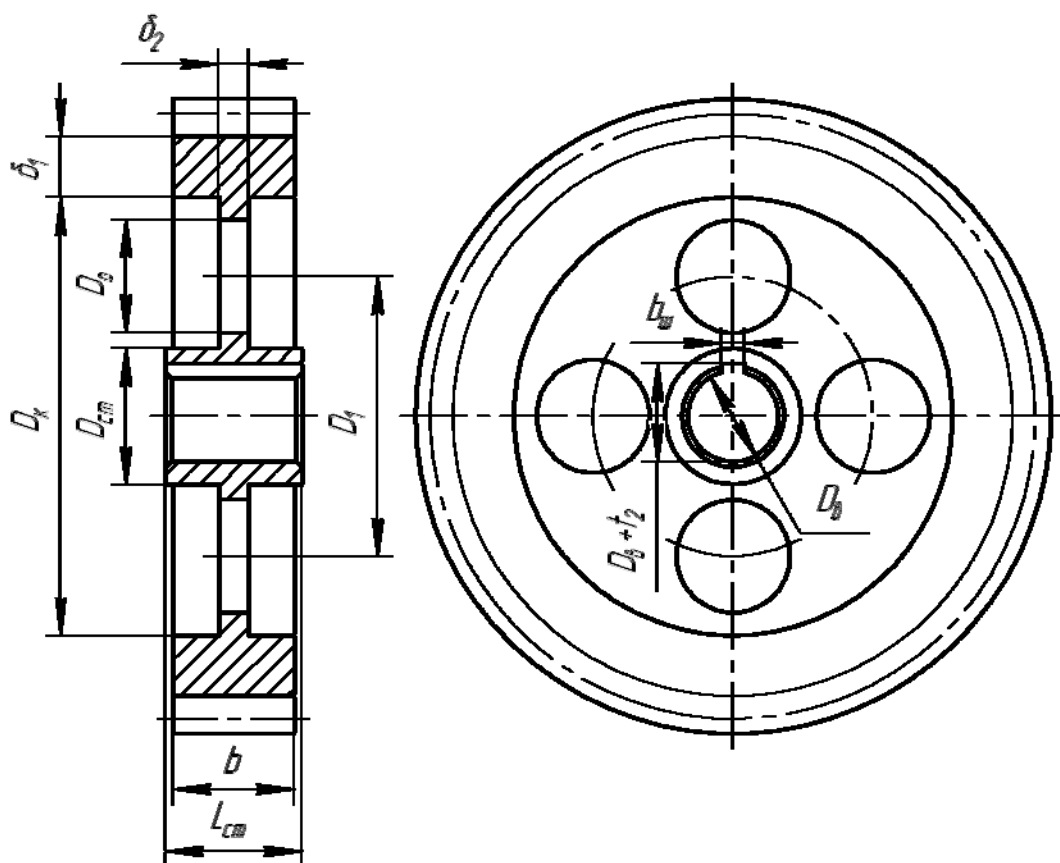
Диаметр впадин d_f - проходит через основания впадин зубьев, мм.

Таблица 2

Обозначения	Наименование	Величина и зависимость
Z	Число зубьев	
m	Модуль	$m = p/\pi = d/Z$
h	Высота зуба	$h = 2,25m = d_a - d_f$
h_a	Высота головки зуба	$h_a = m$
h_f	Высота ножки зуба	$h_f = 1,25m$
d	Делительный диаметр	$d = mZ = (p/\pi)Z$
d_a	Диаметр выступов зубьев	$d_a = m(Z+2) = d + 2h_a$
d_f	Диаметр впадин зубьев	$d_f = m(Z - 2,5) = d - 2h_f$
p	Шаг зубьев	$p = m\pi$
S	Толщина зуба	$S = 0,5p$
e	Ширина впадин	$e = 0,5p$
b	Ширина зуба	$b = (6...8)m$
D_δ	Диаметр вала (ГОСТ 6636-69)	$D_\delta = da/5$
D_{cm}	Диаметр ступицы	$D_{cm} = (1,5...2)D_\delta$
L_{cm}	Длина ступицы	$L_{cm} = (1,2...1,8)D_\delta$
δ_1	Толщина венца	$\delta_1 = (2,5...4)m$
δ_2	Толщина диска	$\delta_2 = (3...3,5)m$
D_1	Диаметр, определяющий расположение отверстий в диске	$D_1 = 0,5(D_\kappa + D_{cm})$ $D_\kappa = d_f - 2\delta_1$
D_0	Диаметр отверстий в диске	$D_0 = D_\kappa - D_{cm}/3$



a



б

Рисунок 2

По расчётным параметрам построим изображение зубчатого колеса (рисунок 2,а). После удаления всех линий построения (связей) изображение обводят соответствующими линиями (рисунок 2,б): окружность вершины зубьев сплошной основной линией, делительную окружность штрихпунктирной тонкой. Образующие, соответствующие окружности впадин, на разрезе проводят сплошной основной линией. Окружность впадин, на виде слева зубчатого колеса на чертежах, проводят сплошной тонкой линией.

РАБОЧИЙ ЧЕРТЁЖ ПРЯМОЗУБОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Рабочие чертежи шестерни и прямозубого цилиндрического зубчатого колеса приведены в приложении. Вид слева не является необходимым для изготовления колеса, поэтому на рабочем чертеже вместо него изображают только контур отверстия для вала со шпоночным пазом.

Обозначение шероховатости рабочих (боковых) поверхностей зубьев проставляют на штрихпунктирной линии, соответствующей делительной окружности. Обозначение шероховатости впадин и вершин зубьев наносят на линиях, соответствующих окружности впадин и окружности вершин зубьев.

Правила выполнения рабочих чертежей зубчатых колёс устанавливают ГОСТ 2.403-75 с учётом требований и рекомендаций стандартов РС 581-73. В соответствии с этими правилами в правом верхнем углу чертежа выполняется таблица параметров, состоящая из 3 частей. Первая часть таблицы содержит основные данные для изготовления зубчатого венца, вторая – данные для контроля размеров зуба зубомером, третья – справочные данные.

Размеры граф указаны на рисунке 3.

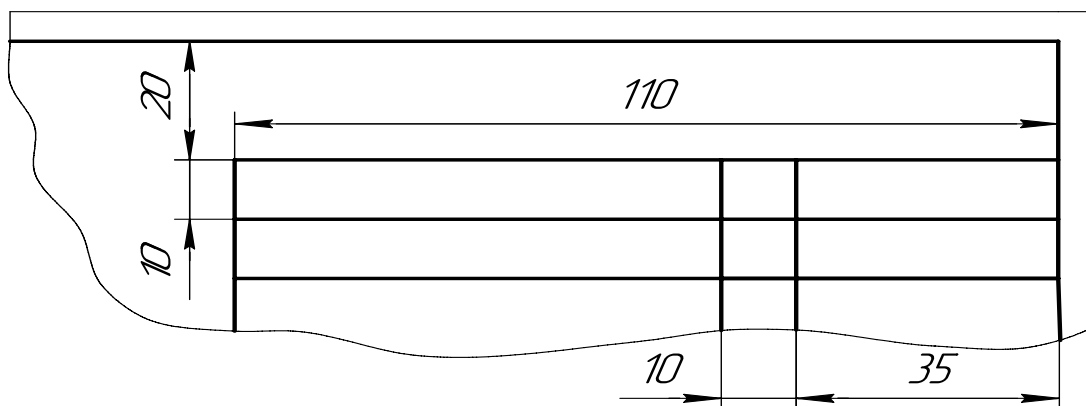


Рисунок 3

ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Шпонка – деталь, предназначенная для передачи крутящего момента от вала к ступице детали (зубчатого колеса, шкива и т.п.) или, наоборот, от ступицы к валу. В отдельных случаях, кроме передачи крутящего момента, шпонки фиксируют насаженные на вал ступицы в осевом направлении. Размеры шпонки и шпоночных пазов определяют по ГОСТ 23360-78 «Шпонки призматические».

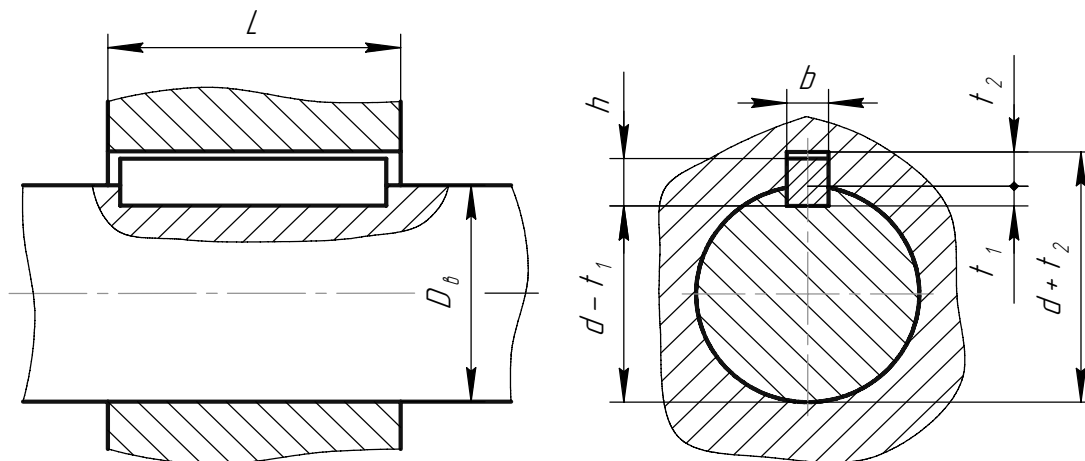


Рисунок 4

Таблица 3

Диаметр вала D_b	Сечение шпонки $b \times h$	Глубина шпоночного паза		Длина шпонки l		
		вал t_1	втулка t_2	от	до	ряд длин
17 – 22	6x6	3,5	2,8	14	20	6, 8, 10
22 – 30	8x7	4	3,3	18	90	12, 14, 16
30 – 38	10x8	5	3,3	22	110	18, 20, 22
38 – 44	12x8	5	3,3	28	140	25, 28, 32
44 – 50	14x9	5	3,3	36	160	36, 40, 45
50 – 58	16x10	6	4,3	45	180	50, 56, 63
58 – 65	18x11	7	4,4	50	200	70, 80

РАСЧЁТ И ПОСТРОЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ШЕСТЕРНИ И ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА

Наиболее часто в машиностроении применяются цилиндрические зубчатые колёса, а соответственно и цилиндрические зубчатые передачи. Зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев называют шестерней, а с большим числом зубьев – просто колесом.

Рассчитаем и выполним чертежи шестерни и цилиндрического зубчатого колеса по заданным параметрам (табл.4).

Исходные данные шестерни:

модуль $m = 8$ мм, число зубьев $Z = 20$, диаметр вала $D_b = 36$ мм.

По расчётным формулам таблицы 2 определяются параметры:

1 . Делительный диаметр $d = m \cdot Z = 8 \times 20 = 160$ мм

2 . Диаметр впадин зубьев $d_f = m \cdot (Z - 2,5) = 8 \cdot (20 - 2,5) = 140$ мм

3 . Диаметр вершин зубьев $d_a = m \cdot (Z + 2) = 8 \cdot (20 + 2) = 176$ мм

4 . Ширина зубчатого венца $b = (6 \dots 8)m = 8 \cdot 8 = 64$ мм.

Размеры шпоночного паза определяют по ГОСТ 23360-78 (рисунок 4, таблица 3):

$$b_{ш} = 10 \text{ мм}; \quad t_2 = 3,3 \text{ мм}; \\ D_b + t_2 = 36 + 3,3 = 39,3 \text{ мм}.$$

Пример оформления рабочего чертёжа шестерни приведён в приложении 1.

Исходные данные цилиндрического зубчатого колеса: модуль $m = 8$ мм, число зубьев $Z = 30$, диаметр вала $D_b = 45$ мм.

По расчётным формулам таблицы 2 подсчитываем параметры:

1 . Делительный диаметр $d = m \cdot Z = 8 \times 30 = 240$ мм;

2 . Диаметр впадин зубьев
 $d_f = m \cdot (Z - 2,5) = 8 \cdot (30 - 2,5) = 220$ мм;

3 . Диаметр вершин зубьев $d_a = m \cdot (Z + 2) = 8 \cdot (30 + 2) = 256$ мм;

4 . Ширина зубчатого венца $b = (6 \dots 8)m = 7 \cdot 8 \cong 60$ мм;

5 . Толщина обода зубчатого венца $\delta_1 = 2,5 \cdot m = 2,5 \cdot 8 = 20$ мм;

6 . Толщина диска $\delta_2 = 3 \cdot m = 3 \cdot 8 = 24$ мм;

7 . Наружный диаметр ступицы колеса $D_{cm} = 1,6 \cdot D_b = 1,6 \cdot 45 \cong 70$ мм

8 . Диаметры

$$D_k = d_f - 2 \cdot \delta_1 = 220 - 2 \cdot 20 = 180 \text{ мм};$$

$$D_1 = 0,5 \cdot (D_k + D_{cm}) = 0,5 \cdot (180 + 70) = 125 \text{ мм};$$

9 . Диаметр отверстий в диске $D_0 = \frac{(D_k - D_{cm})}{3} = \frac{180 - 70}{3} \cong 30$ мм

10 . Длина ступицы $L_{cm} = 1,5 \cdot D_b = 1,5 \cdot 45 = 68$ мм;

Размеры шпоночного паза определяют по ГОСТ 23360-78 (рисунок 4, таблица 3):

$$b_{ш} = 14 \text{ мм}; \quad t_2 = 3,3 \text{ мм}; \\ D_b + t_2 = 45 + 3,3 = 48,3 \text{ мм}.$$

Пример оформления рабочего чертёжа зубчатого колеса приведён в приложении 1 и 2. Пример оформления первой страницы расчётно-пояснительной записки приведен в таблице 3. Варианты заданий см. в таблице 4.

Таблица 4 – Варианты заданий

№ п/п	Модуль, m	2,5	3	4	5	6
	Число зубьев, z	Диаметр вала				
1	30					38
2	31				32	
3	32					40
4	33				32	
5	34			28		
6	35				30	
7	36			32		
8	37		28			
9	38			30		
10	39		30			
11	40				40	
12	41			36		
13	42		32			
14	43	26				
15	44	28				
16	45		34			
17	46			38		
18	47		30			
19	48		30			
20	49			36		

Перв. примен.	XXXXXXXXXXXX				$\sqrt{Ra\ 6,3\ (\checkmark)}$																																																																	
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">Модуль</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">m</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">8</td> </tr> <tr> <td>Число зубьев</td> <td style="text-align: center;">z</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td>Исходный контур</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">ГОСТ 9587-81</td> </tr> <tr> <td>Коэффициент смещения исходного контура</td> <td style="text-align: center;">X</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td>Степень точности по ГОСТ 9178-72</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">7-X</td> </tr> <tr> <td>Диаметр делительной окружности</td> <td style="text-align: center;">d</td> <td style="text-align: center;">160</td> </tr> </table>				Модуль	m	8	Число зубьев	z	20	Исходный контур	-	ГОСТ 9587-81	Коэффициент смещения исходного контура	X	0	Степень точности по ГОСТ 9178-72	-	7-X	Диаметр делительной окружности	d	160																																												
Модуль					m	8																																																																
Число зубьев					z	20																																																																
Исходный контур					-	ГОСТ 9587-81																																																																
Коэффициент смещения исходного контура					X	0																																																																
Степень точности по ГОСТ 9178-72					-	7-X																																																																
Диаметр делительной окружности	d	160																																																																				
Справ. №	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> <td colspan="5" rowspan="5" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div> </td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Лит.</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Масса</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">Масштаб</td> </tr> <tr> <td>Разраб.</td> <td>Иванов</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">У</td> <td></td> <td style="text-align: center;">1:2</td> </tr> <tr> <td>Проб.</td> <td>Петров</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">Лист</td> <td style="text-align: center;">Листов</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td>Т.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> <td colspan="3" style="text-align: center;">ИГТА каф. НГ и Ч</td> </tr> </table>														Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div>					Лит.	Масса	Масштаб	Разраб.	Иванов				У		1:2	Проб.	Петров				Лист	Листов	1	Т.контр.								Н.контр.								Утв.								ИГТА каф. НГ и Ч		
Изм.					Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div>					Лит.	Масса	Масштаб																																																						
Разраб.					Иванов									У		1:2																																																						
Проб.					Петров									Лист	Листов	1																																																						
Т.контр.																																																																						
Н.контр.																																																																						
Утв.								ИГТА каф. НГ и Ч																																																														
Взам. инв. №	<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div>				<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div>																																																																	
Подп. и дата	<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div>				<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div>																																																																	
Инв. № подл.	<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div>				<div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">XXXXXXX</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">Шестерня</div> <div style="font-size: 24px; margin-bottom: 10px;">СЧ15 ГОСТ 1412-85</div>																																																																	

Копировал

Формат А4

XXXXXXX

✓(✓)

Модуль	m	8
Число зубьев	z	30
Исходный контур	-	ГОСТ 9587-81
Коэффициент смещения исходного контура	X	0
Степень точности по ГОСТ 9178-72	-	7-X
Диаметр делительной окружности	d	240

Справ. №

Перв. примен.

Подп. и дата

Инв. № дудл

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

XXXXXXX

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Иванов			
Пров.	Петров			
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Колесо зубчатое

СЧ15 ГОСТ 1412-85

Копировал

Лит.	Масса	Масштаб
У		1:2,5
Лист	Листов	1
ИГТА каф. НГ и Ч		

Формат А4

Перв. примен.					
Справ. №					
Подп. и дата					
Взам. инв. №					
Инв. № инв.					

Исходные данные цилиндрического зубчатого колеса:

модуль $m = 8$ мм, число зубьев $Z = 30$, диаметр вала $D_B = 45$ мм.

По расчётным формулам таблицы 2 подсчитываем параметры:

- 1. Делительный диаметр $d = m \cdot Z = 8 \cdot 30 = 240$ мм.*
- 2. Диаметр впадин зубьев $d_f = m (Z - 2,5) = 8 (30 - 2,5) = 220$ мм.*
- 3. Диаметр вершин зубьев $d_a = m \cdot (Z + 2) = 8 \cdot (30 + 2) = 256$ мм.*
- 4. Ширина зубчатого венца $b = (6 \dots 8) \cdot m = 7 \cdot 8 = 48 \dots 64$ мм.*
- 5. Толщина обода зубчатого венца $d_1 = 2,5 \cdot m = 2,5 \cdot 8 = 20$ мм.*
- 6. Толщина диска $d_2 = 3 \cdot m = 3 \cdot 8 = 24$ мм.*
- 7. Наружный диаметр ступицы колеса $D_{cm} = 1,6 \cdot D_B = 1,6 \cdot 45 \approx 70$ мм.*
- 8. Диаметры $D_K = d_f - 2 \cdot d_1 = 220 - 2 \cdot 20 = 180$ мм,*
 $D_f = 0,5 \cdot (D_K + D_{cm}) = 0,5 \cdot (180 + 70) = 125$ мм.
- 9. Диаметр отверстий в диске $D_0 = \frac{(D_K - D_{cm})}{3} = \frac{(180 - 70)}{3} \approx 30$ мм.*
- 10. Длина ступицы $L_{cm} = 1,5 \cdot D_B = 1,5 \cdot 45 = 68$ мм.*

Размеры шпоночного паза определяют по ГОСТ 23360-78 (рисунок 4, таблица 3):

$b_{ш} = 14$ мм; $t_2 = 3,3$ мм;

$D_B + t_2 = 45 + 3,3 = 48,3$ мм.

					...XXXXXXXXXX...				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">Колесо зубчатое</div>				
Разраб.	Иванов								
Пров.	Петров								
Н.контр.									
Инв. № подл.					<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Лит. 1 Лист 1 Листов 1 </div>				
					ИГТА каф. НГ и Ч				

Копировал
Формат А4

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анурьев, В.И. Справочник конструктора машиностроителя/ В.И. Анурьев: в 3 т. Т.2. – М.: Машиностроение, 1982. – 736 с.
2. Гузенков, П.Г. Детали машин: учебник для вузов/ П.Г. Гузенков – М.: Высшая школа, 1975. – 464 с.

РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Методические указания для студентов
всех специальностей

Составители:	Алла Валентиновна Сухарева Александра Николаевна Лялина
Научный редактор	Т. Н. Фомичёва
Редактор	Т. В. Фёдорова
Корректор	Н. Е. Балыкова

Подписано в печать 15.02.2010
Формат 1/8 60x84 Бумага писчая. Плоская печать.
Усл. печ. л. 0,93 Уч.изд.л. 0,89 Тираж 100 экз. Заказ №

Редакционно-издательский отдел
Ивановской государственной текстильной академии
Копировально-множительное бюро
153000 г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21