



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Основы конструирования машин»

Практикум

«Табличная параметризация при моделировании детали. Создание справочников»

Часть 2.

по дисциплине

«САПР технических систем»

Авторы

Савостина Т. П.,

Сиротенко А. Н.,

Партко С. А.

Ростов-на-Дону, 2020

Аннотация

Практикум предназначен для студентов очной, заочной форм обучения направлений 15.04.05, 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Авторы

ст. преподаватель	кафедры	«Основы конструирования машин»
Савостина Т.П.,		
к.т.н., доцент	кафедры	«Основы конструирования машин»
Сиротенко А.Н.,		
к.т.н., доцент	кафедры	«Основы конструирования машин»
Партко С.А.		



Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	6
Порядок выполнения практической работы.....	6
Заполнение вкладки «Справочник»	6
Заполнение листа для передачи данных в КОМПАС	15
Список литературы	18

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное применение САПР для конструирования изделий машиностроения предусматривает не только использование двух и трехмерного черчения, но и различных технологий параметрического проектирования. Фактически, обучающийся создает не 2D/3D модель изделия, а его специализированную математическую модель. Изменение входных параметров такой модели влечет за собой ассоциативное изменение твердотельных моделей и рабочих чертежей изделия. Это позволяет за короткие сроки создавать или корректировать конструкторскую документацию на однотипные детали машин.

Существуют различные виды параметризации: табличная; иерархическая; размерная; геометрическая. В практикуме курса «САПР технических систем» используются все виды параметризации. В данной части практикума используется табличная параметризация для создания элементов стандартных геометрических построений (шпоночных, шлицевых, штифтовых, резьбовых посадочных мест, эвольвентных и других зацеплений и т.д.).

Для обучающихся по программе 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» данные материалы являются методическими указаниями ко второму этапу выполнения индивидуального задания по курсу «САПР технических систем». В представленных методических указаниях показаны основы создания баз данных для стандартных элементов деталей машин на примере шпоночного паза и модуля эвольвентного зацепления. Для обучающихся по другим направлениям бакалавратуры и специалитета данный практикум будет полезен при обучении дисциплинам «Детали машин и основы конструирования», «Подъемно-транспортные установки», «Основы конструирования и САПР технических систем», «Основы проектирования нестандартного оборудования», «Гидромеханический привод машин и оборудования».

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Создание стандартизированных элементов деталей машин в любой современной CAD автоматизировано. Но в отдельных случаях, например, работы со специализированным стандартом предприятия, отраслевым стандартом, возникает необходимость создания дополнительных баз данных. Такая операция производится табличной параметризацией, но с обеспечением определенной процедуры ссылок на данные ячеек.

Обучающимся предлагается создать автоматизированную справочную базу в среде Excel для выбора геометрических параметров шпоночного соединения, в зависимости от диаметра ступицы зубчатого колеса под вал. Параметры шпоночного соединения зависят от диаметра вала.

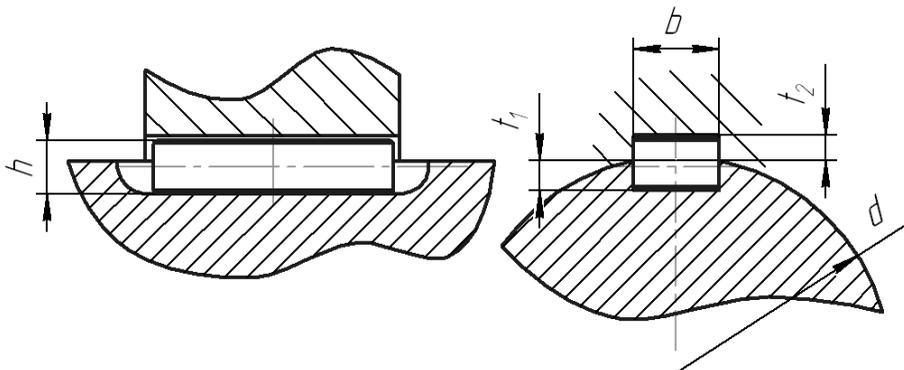


Рисунок. Геометрические параметры шпоночного соединения

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Порядок выполнения практической работы

Заполнение вкладки «Справочник»

Для использования стандартных рядов удобно использовать и создавать свои справочники. При расчете зубчатого колеса используется несколько стандартных рядов и элементов:

- модуль зацепления, ГОСТ 9563-60;
- стандартный ряд диаметров валов ГОСТ 6636-69;
- шпоночные соединения, ГОСТ 23360-78.

Чтобы создать свой справочник необходимо:

1. На пустом существующем или на созданном новом листе (если он еще не создан)



Двойным кликом на название «Лист3» изменить название на «Справочник».

2. В ячейке A1 на данном листе для удобства последующего ориентирования набираем название «Стандартный ряд диаметров валов».
3. С ячейки A2 в ряд начинаем вбивать в каждую ячейку стандартное значение ряда диаметров: 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 53, 56, 60, 63, 71, 75, 80, 85, 90, 100, 105, 110, 115, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 250.

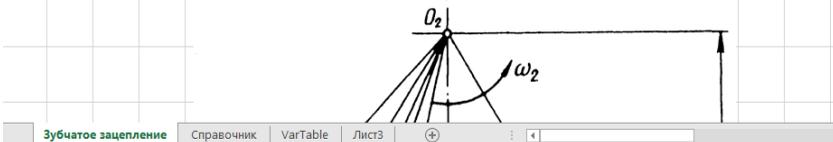
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Стандартный ряд диаметра валов															
2	16	17	18	19	21	22	24	25	26	28	30	32	34	36	38	40

4. Открываем вкладку «Зубчатое зацепление» и в исходных данных в ячейках «Диаметр вала под шестерню»:

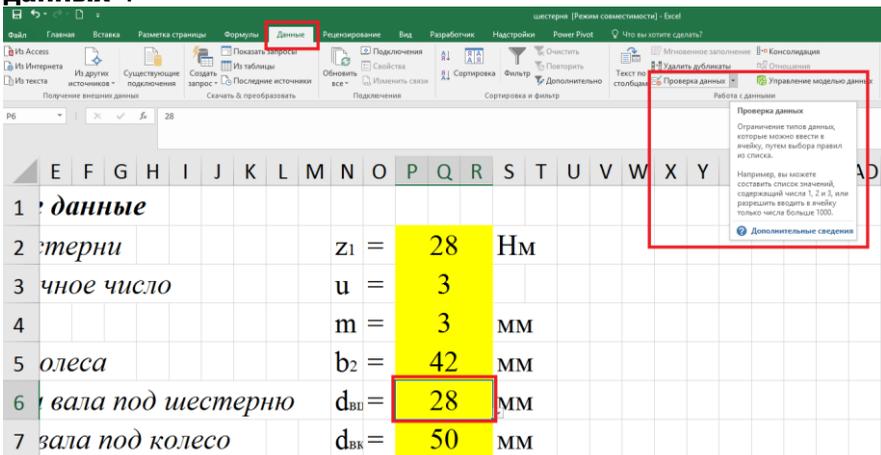
Исходные данные

Число шестерни	$z_1 =$	28
Передаточное число	$u =$	3
Модуль	$m =$	3
Ширина колеса	$b_2 =$	42
Диаметра вала под шестерню	$d_{вп} =$	28
Диаметр вала под колесо	$d_{вк} =$	50

Геометрические параметры шестерен и колес

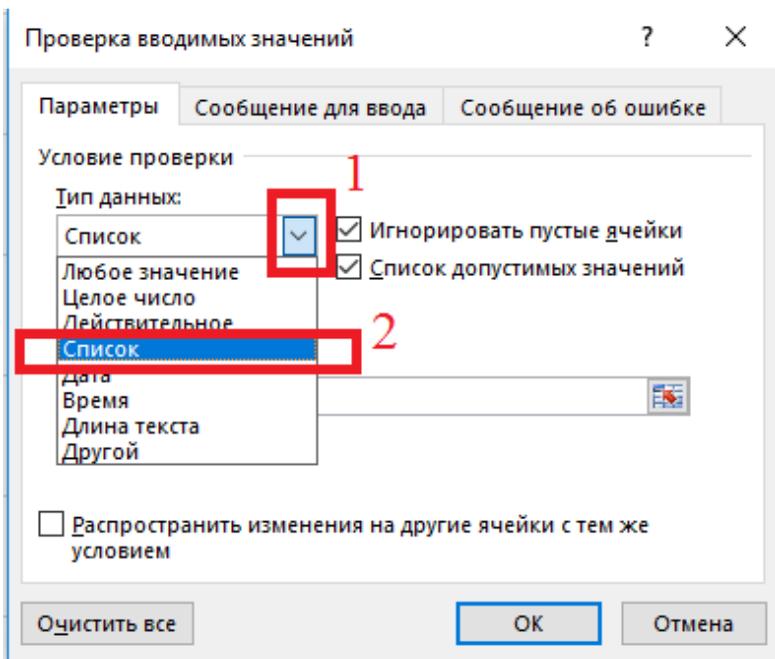


Выделяем ячейку с числовым значением диаметра, открываем вкладку меню «**Данные**», находим кнопку «**Проверка данных**».



	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	AD
1	Исходные данные																					
2	шестерни										$z_1 =$	28	Нм									
3	Передаточное число										$u =$	3										
4	Модуль										$m =$	3	мм									
5	Ширина колеса										$b_2 =$	42	мм									
6	Диаметра вала под шестерню										$d_{вп} =$	28	мм									
7	Диаметр вала под колесо										$d_{вк} =$	50	мм									

5. В открывшемся окне во вкладке «Параметры» выбираем Тип данных из выпадающего меню, нас интересует СПИСОК.



6. Определив нужный тип данных, необходимо задать стандартный ряд, нажимаем на кнопку в строке Источник

Проверка вводимых значений ? X

Параметры Сообщение для ввода Сообщение об ошибке

Условие проверки

Тип данных:

Список Игнорировать пустые ячейки

Значение: Список допустимых значений

между

Источник:

Распространить изменения на другие ячейки с тем же условием

Очистить все OK Отмена

В появившемся окне необходимо указать путь нахождения стандартного ряда.

Проверка вводимых значений ? X

|

7. Нажав на лист «Справочник» программа открывает нам его, а в строке источника появляется запись

Проверка вводимых значений ? X

=Справочник!

8. Далее выделяем все ячейки в которые вбиты данные стандартных рядов валов

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR
1	Стандартный ряд диаметра валов																																											
2	16	17	18	19	21	22	24	25	26	28	30	32	34	36	38	40	42	45	48	50	53	56	60	63	71	75	80	85	90	100	105	110	115	120	130	140	150	160	170	180	190	200	220	250

В строке источник появляется запись.

Проверка вводимых значений ? X

=Справочник!Диаметры

Нажимаем Enter и затем ОК.

9. Теперь, если посмотреть на листе «Зубчатое зацепление», значение Диаметра вала под шестерню явля-

ется списком, из которого можно выбрать стандартное значение.

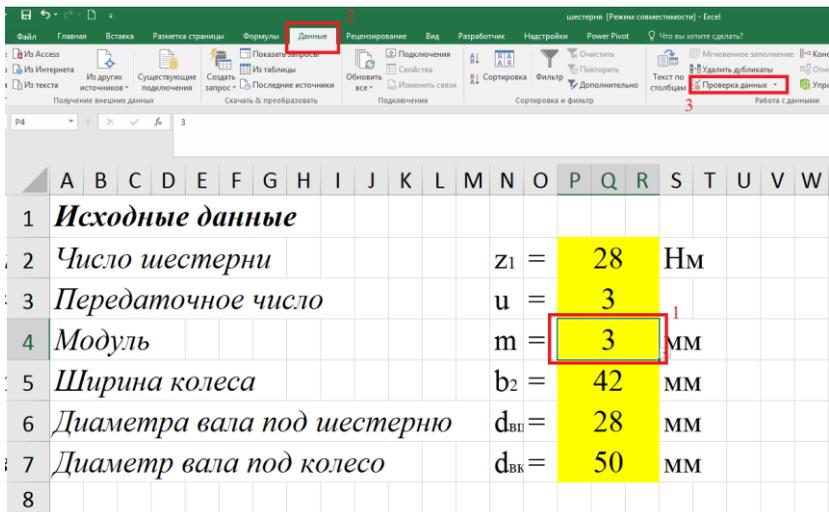
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Исходные данные																			
2	<i>Число шестерни</i>														$z_1 =$	28	Нм			
3	<i>Передаточное число</i>														$u =$	3				
4	<i>Модуль</i>														$m =$	3	мм			
5	<i>Ширина колеса</i>														$b_2 =$	42	мм			
6	<i>Диаметра вала под шестерню</i>														$d_{вп} =$	28	мм			
7	<i>Диаметр вала под колесо</i>														28	мм				
8															30					
9	Геометрические параметры шес														32					
10															34					
11															36					
															38					
															40					
															42					



- Аналогичные действия проделываем и с Диаметр вала под колесо, повторяя действия с п. 4.
- Модуль так же является стандартным значением и имеет стандартный ряд. На листе справочника создаем этот стандартный ряд. Модуль имеет следующий стандартный ряд: 1,25; 1,375; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 3; 3,5; 4; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9.

Модуль зацепления														
1,25	1,375	1,5	1,75	2	2,25	3	3,5	4	5	5,5	6	7	8	9

- На листе «Зубчатое зацепление» необходимо задать ячейке, где числовое значение модуля – выпадающий список. Повторяем процедуру с п. 4, но в данном случае источником данных выбираем стандартный ряд введенных модулей на листе «Справочник»



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
1		Исходные данные																						
2		<i>Число шестерни</i>													$z_1 =$	28	<i>Нм</i>							
3		<i>Передаточное число</i>													$u =$	3								
4		<i>Модуль</i>													$m =$	3	<i>мм</i>							
5		<i>Ширина колеса</i>													$b_2 =$	42	<i>мм</i>							
6		<i>Диаметра вала под шестерню</i>													$d_{вп} =$	28	<i>мм</i>							
7		<i>Диаметр вала под колесо</i>													$d_{вк} =$	50	<i>мм</i>							
8																								

Исходные данные																							
<i>Число шестерни</i>																$z_1 =$	28	<i>Нм</i>					
<i>Передаточное число</i>																$u =$	3						
<i>Модуль</i>																$m =$	3	<i>мм</i>					
<i>Ширина колеса</i>																							
<i>Диаметра вала под шестерню</i>																							
<i>Диаметр вала под колесо</i>																							

13. Шпонки имеют не только стандартный ряд, а ряд стандартных параметров, которые зависят от диаметра вала. На листе «Справочник» создадим таблицу шпонок.

d	b	h	l	t1	t2
17	6	6	14...70	3,5	2,8
18	6	6	14...71	3,5	2,8
19	6	6	14...71	3,5	2,8

САПР технических систем

21	6	6	14...71	3,5	2,8
22	8	7	14...71	4	3,3
24	8	7	14...71	4	3,3
25	8	7	14...71	4	3,3
26	8	7	14...71	4	3,3
28	8	7	14...71	4	3,3
30	10	8	22...110	5	3,3
32	10	8	22...110	5	3,3
34	10	8	22...111	5	3,3
36	10	8	22...111	5	3,3
38	12	8	28...140	5	3,3
40	12	8	28...140	5	3,3
42	12	8	28...140	5	3,3
45	14	9	36...160	5,5	3,8
48	14	9	36...160	5,5	3,8
50	16	10	45...180	6	4,3
53	16	10	45...180	6	4,3
56	16	10	45...180	6	4,3
60	18	11	50...200	7	4,4
63	18	11	50...200	7	4,4
71	20	12	56...220	7,5	4,9
75	22	14	63...250	9	4,9
80	22	14	63...250	9	4,9
85	25	14	63...250	9	4,9
90	25	14	63...250	9	4,9
100	28	16	63...250	10	6,4
105	28	16	63...250	10	6,4

14. На листе «Зубчатое зацепление» в ячейке, нам необходимо указать путь к табличному справочному значе-

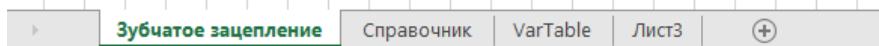
нию. Выделяем ячейку

Шпонка под шестерню

8	x	7	x	49	ГОСТ 23360-78	$t_2 = 3,3$	мм
---	---	---	---	----	---------------	-------------	----

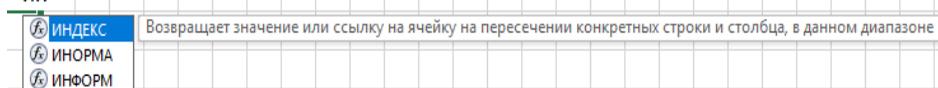
Шпонка под колесо

16	x	10	x	42	ГОСТ 23360-78	$t_2 = 4,3$	мм
----	---	----	---	----	---------------	-------------	----



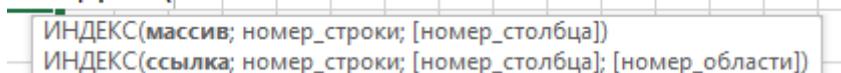
Набираем «=ИНДЕКС».

=ИН



Далее программа показывает какие данные необходим ввести:

=ИНДЕКС(



Так как наш справочник находится на листе «Справочник» нажимаем данный лист, в строке адреса появляется запись :

=ИНДЕКС(Справочник!

Далее нам необходимо указать диапазон нашей таблицы, выделяем всю таблицу, появляется запись в строке адреса

=ИНДЕКС(Справочник!A62:F92

Далее ставим точку с запятой

=ИНДЕКС(Справочник!A62:F92;

15. Теперь нам нужно указать параметры поиска в этой таблице, используем встроенную функцию ПОИСКПОЗ.

=ИНДЕКС(Справочник!A62:F92;ПОИСКПОЗ(

16. Теперь нам необходимо указать диаметр вала на котором находится шпоночный паз, это значение находится в исходных данных

<i>Исходные данные</i>			
<i>Число шестерни</i>	$z_1 =$	28	Нм
<i>Передаточное число</i>	$u =$	3	
<i>Модуль</i>	$m =$	3	ММ
<i>Ширина колеса</i>	$b_2 =$	42	ММ
<i>Диаметра вала под шестерню</i>	$d_{в1} =$	28	ММ
<i>Диаметр вала под колесо</i>	$d_{в2} =$	50	ММ

В адресной строке появляется номер данной ячейки, ставим точку с запятой.

=ИНДЕКС(Справочник!А62:F92;ПОИСКПОЗ(Р6;

17. Теперь нам необходимо указать снова таблицу нашего справочника нажав на лист «Справочник» и выделив диапазон таблицы. В конце ставим точку с запятой

=ИНДЕКС(Справочник!А62:F92;ПОИСКПОЗ(Р6;Справочник!А62:А92;

18. Далее вбиваем в строку:
=ИНДЕКС(Справочник!А62:F92;ПОИСКПОЗ(Р6;Справочник!А62:А92;0);2)

где **2** – номер столбца из таблицы справочника.

19. Аналогичные действия проводим со следующей ячейкой параметров шпонки

<i>Шпонка под шестерню</i>						
8	x	7	x	49	ГОСТ 23360-78	$t_2 = 3,3$ ММ

В данном случае столбец параметра из таблицы справочника **3**.

=ИНДЕКС(Справочник!А62:F92;ПОИСКПОЗ(Р6;Справочник!А62:А92;0);3)

20. Параметр t_2 – соответствует столбцу таблицы справочника **6**

<i>Шпонка под шестерню</i>						
8	x	7	x	49	ГОСТ 23360-78	$t_2 = 3,3$ ММ

=ИНДЕКС(Справочник!А62:F92;ПОИСКПОЗ(Р6;Справ

очник!A62:A92;0);6)

21. Аналогичные действия проделываем с п. 16 для шпонки под колесо.

Заполнение листа для передачи данных в КОМПАС

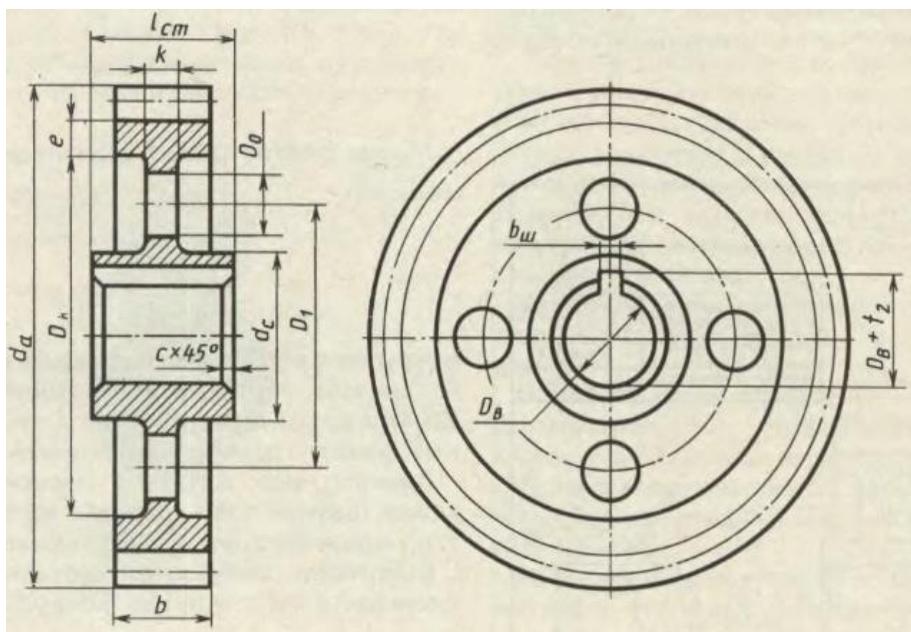
1. Переименовать чистый лист в VarTable (лист из которого берутся данные для построения 3D модели колеса или шестерни)



Так как в данном расчете данные для построения как шестерни так и колеса, то в ячейке A2 записываем колесо, в ячейке A3 - шестерня:

	z
колесо	
шестерня	

2. Для построения модели зубчатого колеса и шестерни нам необходимы следующие параметры:



Параметры цилиндрических зубчатых колес

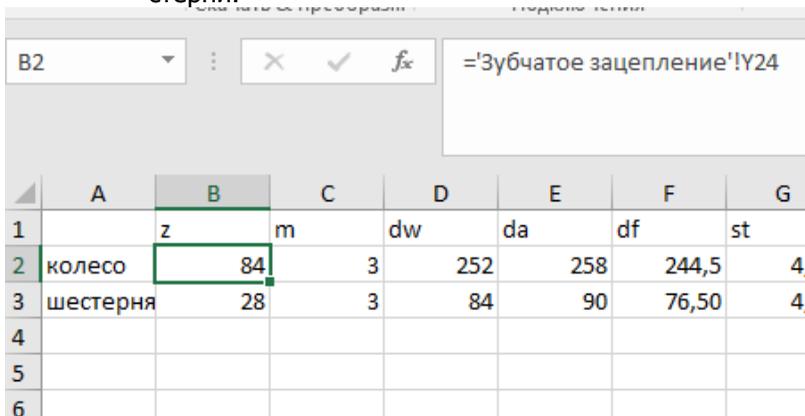
Параметр	Обозначение	Расчетная формула
Высота головки зуба	h_a	$h_a = m$
Высота ножки зуба	h_f	$h_f = 1,25m$
Высота зуба	h	$h = h_a + h_f = 2,25m$
Делительный диаметр	d	$d = mz$
Диаметр вершин зубьев	d_a	$d_a = d + 2h_a = m(z + 2)$
Диаметр впадин	d_f	$d_f = d - 2h_f = m(z - 2,5)$
Шаг окружной	p_t	$p_t = \pi m$
Окружная толщина зуба	s_t	$s_t = 0,5p_t = 0,5\pi m$
Окружная ширина впадины	e_t	$e_t = 0,5p_t = 0,5\pi m$
Радиус кривизны переходной кривой зуба	ρ_f	$\rho_f = 0,4m$
Ширина венца зубчатого колеса	b	$b = (6 \div 8)m$
Толщина обода зубчатого венца	e	$e = (2,5 \div 3)m$
Наружный диаметр ступицы	d_c	$d_c = (1,6 \div 1,8)D_B$
Толщина диска	k	$k = (3 \div 3,6)m$
Диаметр окружности, определяющий расположение отверстий в диске	D_1	$D_1 = 0,5(D_k + d_c)$
Диаметр отверстий в диске	D_0	$D_0 \approx \frac{D_k - d_c}{2,5 \div 3,0}$
Длина ступицы	$l_{ст}$	$l_{ст} = 1,5D_B$
Фаска	c	$c = 0,5m \times 45^\circ$

3. В строку выписываем параметры

z	m	dw	da	df	st	rf	b	k
	Dk	dc	D1	D0	lct	c	d4	t2
	b2	i	p	t				

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
1		z	m	dw	da	df	st	rf	b	k	Dk	dc	D1	D0	lct	c	d4	t2	b2	i	p	t	z
2	колесо	84	3	252	258	244,5	4,71	1,2	49	12,6	226,5	85	155,75	47,16667	75	1,5	50	4,3	16	0,535714	9,42	2953,097	
3	шестерня	28	3	84	90	76,50	4,71	1,2	42						1,5	28	3,3	8	1,607143	9,42	984,3657		

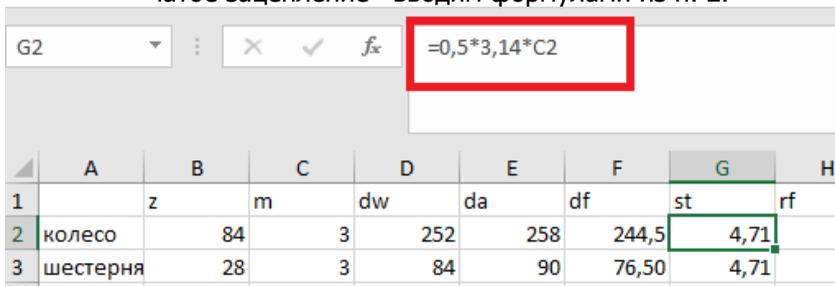
4. Заполняем ячейки данным из расчетов (Лист «Зубчатое зацепление») соответственно строке колеса и шестерни.



Formula bar: B2 = 'Зубчатое зацепление'!Y24

	A	B	C	D	E	F	G
1		z	m	dw	da	df	st
2	колесо	84	3	252	258	244,5	4,
3	шестерня	28	3	84	90	76,50	4,
4							
5							
6							

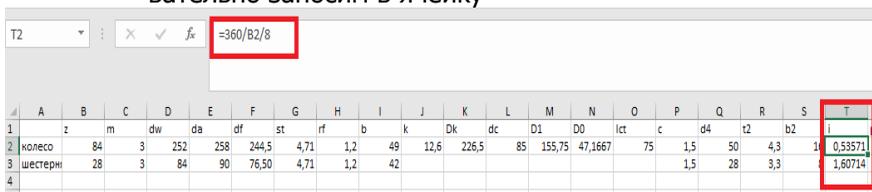
5. Данных которых нет в расчетной части на листе «Зубчатое зацепление» вводим формулами из п. 2.



Formula bar: G2 = 0,5*3,14*C2

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		z	m	dw	da	df	st	rf
2	колесо	84	3	252	258	244,5	4,71	
3	шестерня	28	3	84	90	76,50	4,71	

6. Для построения профиля зуба нам необходим параметр i , который определяется как $=360/z/8$. Следовательно заносим в ячейку



Formula bar: T2 = 360/B2/8

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1		z	m	dw	da	df	st	rf	b	k	Dk	dc	D1	D0	lct	c	d4	t2	b2	i
2	колесо	84	3	252	258	244,5	4,71	1,2	49	12,6	226,5	85	155,75	47,16667	75	1,5	50	4,3	16	0,535714
3	шестерня	28	3	84	90	76,50	4,71	1,2	42						1,5	28	3,3	8	1,607143	

7. Параметр Р определяется как $3,14m$
Переменная $t=3,14*D2*TAN(РАДИАНЫ(90-15))$
8. Переменная $t=3,14*D2*TAN(РАДИАНЫ(90-15))$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малюх В.Н. Введение в современные САПР: Курс лекций. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 192 с.
2. Андросов А.А., Андрющенко Ю.А., Дьяченко А.Г., Кушнарев В.И., Маньшин Ф.П., Шабанов Б.М. Расчет и проектирование деталей машин: Учеб. пособие/Под общ. Ред. А.А.Андросова. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2002. – 285 с.
3. Гжиров Р.И. Краткий справочник конструктора: Справочник – Л: Машиностроение, Ленингр. Отд-ние, 1984. – 464 с.
4. Курмаз Л.В. Детали машин. Проектирование: учебн. пособие/Л.В. Курмаз, А.Т. Скойбеда. – 2-изд., испр. и доп. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – 290 с.