



# **Интегрированная система проектирования тел вращения**

## **Валы и механические передачи**

### **Руководство пользователя**

Ноябрь 2012 года

Информация, содержащаяся в данном документе, может быть изменена без предварительного уведомления.

Никакая часть данного документа не может быть воспроизведена или передана в любой форме и любыми способами в каких-либо целях без письменного разрешения ЗАО АСКОН.

©2012 ЗАО АСКОН. С сохранением всех прав.

АСКОН, КОМПАС, логотипы АСКОН и КОМПАС являются зарегистрированными торговыми марками ЗАО АСКОН.

Остальные упомянутые в документе торговые марки являются собственностью их законных владельцев.

# Содержание

Введение .....	13
<b>Часть I.</b>	
<b>Интегрированная система проектирования тел вращения Валы и механические передачи 2D</b>	
<b>Глава 1</b>	
<b>Назначение системы .....</b>	<b>16</b>
1.1. Режимы работы системы .....	17
1.1.1. Настройка .....	17
1.1.2. Построение модели .....	17
1.1.3. Расчет механических передач .....	17
1.2. Взаимодействие системы Валы и механические передачи 2D с КОМПАС-3D .....	18
1.3. Начало работы с системой Валы и механические передачи 2D .....	18
<b>Глава 2</b>	
<b>Интерфейс модуля построения .....</b>	<b>19</b>
2.1. Панель управления .....	20
2.1.1. Команды управления изображением модели в документе КОМПАС .....	21
2.1.2. Команды построения дополнительных изображений .....	22
2.1.3. Команды вызова дополнительных модулей системы .....	23
2.1.4. Команда настройки параметров работы системы .....	24
Общие настройки .....	24
Формы таблиц .....	25
Генерация сечений модели .....	25
Генерация твердотельной модели .....	27
2.2. Инструментальная панель внешнего контура .....	27
2.3. Инструментальная панель внутреннего контура .....	28

2.4.	Меню сил и моментов . . . . .	29
2.5.	Контекстное меню дерева ступеней . . . . .	29

### Глава 3

#### **Общие приемы создания и редактирования моделей. . . . . 31**

3.1.	Начало построения новой модели . . . . .	31
3.2.	Построение основной ступени. . . . .	31
3.3.	Построение дополнительных элементов . . . . .	32
3.4.	Изменение взаимного расположения ступеней. . . . .	32
3.5.	Общие приемы ввода значений параметров проектируемой ступени . .	32
3.5.1.	Использование калькулятора . . . . .	33
3.6.	Общие приемы управления изображением проектируемой ступени . . .	34
3.7.	Редактирование модели . . . . .	35
3.7.1.	Изменение базового торца ступени . . . . .	35

### Глава 4

#### **Построение внешнего контура . . . . . 36**

4.1.	Цилиндрическая ступень . . . . .	37
4.1.1.	Канавки . . . . .	37
	Канавка . . . . .	38
	Канавка под стопорное кольцо . . . . .	38
	Канавка под выход шлифовального круга . . . . .	39
	Выносной элемент канавки под выход шлифовального круга. . . . .	40
4.1.2.	Резьбы. . . . .	41
	Метрическая резьба . . . . .	41
	Профиль метрической резьбы . . . . .	42
	Метрическая резьба для пластмасс . . . . .	43
	Трубная резьба . . . . .	43
	Трапецидальная резьба . . . . .	44
	Упорная резьба. . . . .	45
	Круглая резьба . . . . .	46
4.1.3.	Шлицы. . . . .	46
	Шлицы прямоугольные. . . . .	46
	Профиль внешних прямоугольных шлицев. . . . .	47
	Шлицы эвольвентные . . . . .	48
	Шлицы треугольные. . . . .	49
	Расчет шлицевого соединения . . . . .	49

4.1.4.	Шпоночные пазы . . . . .	54
	Шпоночный паз под призматическую шпонку. . . . .	54
	Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку . . . . .	55
	Шпоночный паз под призматическую высокую шпонку . . . . .	55
	Шпоночный паз под сегментную шпонку (передача крутящего момента) . . . . .	56
	Шпоночный паз под сегментную шпонку (фиксация элементов) . . . . .	57
4.1.5.	Подшипники . . . . .	58
4.1.6.	Кольцевые пазы . . . . .	60
	Кольцевой паз. Тип 1 . . . . .	60
	Кольцевой паз. Тип 2 . . . . .	61
4.1.7.	Лыска. . . . .	62
4.1.8.	Кольцевые отверстия . . . . .	63
4.2.	Коническая ступень . . . . .	64
4.2.1.	Кольцевые пазы . . . . .	65
4.2.2.	Шпоночные пазы . . . . .	65
4.2.3.	Кольцевые отверстия . . . . .	65
4.3.	Шестигранник . . . . .	65
4.4.	Квадрат . . . . .	66
4.5.	Сфера . . . . .	66
4.6.	Элементы механических передач . . . . .	67
4.6.1.	Шестерня цилиндрической зубчатой передачи . . . . .	68
	Таблица параметров цилиндрической шестерни с внешними зубьями. . . . .	69
	Профиль зубьев . . . . .	70
	Полный профиль шестерни . . . . .	70
	Профиль затыловки. . . . .	71
4.6.2.	Шестерня конической передачи с прямыми зубьями . . . . .	71
	Таблица параметров конической шестерни с прямыми зубьями. . . . .	73
4.6.3.	Шестерня конической передачи с круговыми зубьями . . . . .	73
	Таблица параметров конической шестерни с круговыми зубьями . . . . .	75
4.6.4.	Червяк цилиндрической червячной передачи . . . . .	75
	Таблица параметров червяка цилиндрической передачи . . . . .	76
4.6.5.	Червячное колесо . . . . .	76
4.6.6.	Звездочка цепной передачи с роликовой цепью . . . . .	77
	Таблица параметров звездочки цепной передачи . . . . .	78
	Профиль зубьев звездочки . . . . .	79
4.6.7.	Шкив клиноременной передачи. . . . .	79
4.6.8.	Шкив зубчатоременной передачи . . . . .	81
	Таблица параметров шкива зубчатоременной передачи. . . . .	82
	Профиль зубьев шкива . . . . .	82

**Глава 5**

	<b>Построение внутреннего контура</b> .....	<b>84</b>
5.1.	Цилиндрическая ступень внутреннего контура .....	85
5.1.1.	Канавки .....	85
	Канавка под стопорное кольцо .....	85
	Канавка под выход шлифовального круга .....	86
	Выносной элемент канавки под выход шлифовального круга .....	87
5.1.2.	Резьба .....	87
5.1.3.	Шлицы .....	88
	Шлицы прямобочные внутренние .....	88
	Профиль внутренних прямобочных шлицев .....	89
	Шлицы эвольвентные внутренние .....	89
	Шлицы треугольные внутренние .....	90
5.1.4.	Шпоночные пазы .....	91
	Шпоночный паз под призматическую шпонку .....	91
	Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку .....	92
	Шпоночный паз под призматическую высокую шпонку .....	92
	Шпоночный паз под сегментную шпонку (передача крутящего момента) .....	93
	Шпоночный паз под сегментную шпонку (фиксация элементов) .....	94
5.1.5.	Подшипники .....	94
5.2.	Коническая ступень внутреннего контура .....	95
5.2.1.	Шпоночные пазы .....	95
5.3.	Квадрат внутреннего контура .....	96
5.4.	Глухое отверстие .....	96
5.5.	Центровое отверстие .....	97
5.6.	Шестерня цилиндрической передачи внутреннего зацепления .....	97
5.6.1.	Таблица параметров цилиндрической шестерни с внутренними зубьями .....	98
5.6.2.	Профиль внутренних эвольвентных зубьев .....	98

**Глава 6**

	<b>Приложение нагрузки</b> .....	<b>100</b>
6.1.	Радиальные и осевые силы .....	100
6.1.1.	Задание радиальных и осевых сил через проекции .....	100
6.1.2.	Задание радиальных и осевых сил через вектор .....	101
6.2.	Распределенная нагрузка .....	102
6.3.	Изгибающий момент .....	102

6.4.	Крутящий момент . . . . .	103
6.5.	Крутящий момент от зубчатой передачи . . . . .	104
<b>Глава 7</b>		
	<b>Расчет механических передач . . . . .</b>	<b>106</b>
7.1.	Общие сведения . . . . .	106
7.1.1.	Виды расчетов . . . . .	106
7.1.2.	Единицы измерения исходных данных . . . . .	107
7.1.3.	Управление исходными данными . . . . .	107
7.1.4.	Инструментальные панели . . . . .	108
7.1.5.	Выбор материалов элементов механических передач . . . . .	109
7.2.	Цилиндрическая зубчатая передача внешнего зацепления . . . . .	110
7.2.1.	Геометрический расчет . . . . .	110
	Варианты расчета . . . . .	110
	Описание расчета . . . . .	111
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1 . . . . .	111
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 2 . . . . .	114
7.2.2.	Расчет на прочность . . . . .	115
	Особенности ввода некоторых данных . . . . .	115
7.2.3.	Расчет на долговечность . . . . .	117
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1 . . . . .	117
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Режимы нагружения . . . . .	119
7.3.	Цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления . . . . .	119
7.3.1.	Геометрический расчет . . . . .	120
	Варианты расчета . . . . .	120
	Описание расчета . . . . .	121
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1 . . . . .	121
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 2 . . . . .	123
7.3.2.	Расчет на прочность . . . . .	124
7.3.3.	Расчет на долговечность . . . . .	124
7.4.	Коническая передача с круговыми зубьями . . . . .	124
7.4.1.	Геометрический расчет . . . . .	125
	Варианты расчета . . . . .	125
	Описание расчета . . . . .	125
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1 . . . . .	126
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 2 . . . . .	128
7.4.2.	Расчет на прочность . . . . .	131
7.4.3.	Расчет на долговечность . . . . .	131

7.5.	Коническая передача с прямыми зубьями . . . . .	131
7.5.1.	Геометрический расчет . . . . .	132
	Варианты расчета . . . . .	132
	Описание расчета . . . . .	132
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1 . . . . .	132
7.5.2.	Расчет на прочность . . . . .	134
7.5.3.	Расчет на долговечность . . . . .	134
7.6.	Червячная цилиндрическая передача . . . . .	134
7.6.1.	Геометрический расчет . . . . .	135
	Варианты расчета . . . . .	135
	Описание расчета . . . . .	135
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1 . . . . .	136
7.6.2.	Расчет на прочность . . . . .	139
	Особенности ввода некоторых данных . . . . .	139
7.6.3.	Расчет на теплостойкость . . . . .	140
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1 . . . . .	141
7.7.	Цепная передача . . . . .	142
7.7.1.	Геометрический расчет . . . . .	143
	Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1 . . . . .	143
7.7.2.	Проектный расчет . . . . .	145
	Особенности ввода некоторых данных . . . . .	145
7.7.3.	Расчет на работоспособность . . . . .	147
7.8.	Клиноременная передача . . . . .	148
7.8.1.	Проектный расчет . . . . .	148
	Особенности ввода некоторых данных . . . . .	148
7.8.2.	Проверочный расчет . . . . .	150
7.9.	Зубчатременная передача . . . . .	151
7.9.1.	Проектный расчет . . . . .	151
	Особенности ввода некоторых данных . . . . .	151
<b>Глава 8</b>		
	<b>Расчет валов и подшипников . . . . .</b>	<b>153</b>
8.1.	Общие сведения . . . . .	153
8.1.1.	Загрузка модуля расчета валов и подшипников . . . . .	154
8.1.2.	Интерфейс модуля . . . . .	154
8.1.3.	Панель инструментов . . . . .	155
8.1.4.	Завершение работы модуля . . . . .	156
8.1.5.	Настройка . . . . .	156

	Параметры построения графиков . . . . .	157
	Параметры страницы отчета . . . . .	157
	Параметры нагружения . . . . .	158
8.1.6.	Выбор материала вала . . . . .	159
8.1.7.	Выбор шероховатости поверхностей вала . . . . .	159
8.2.	Расчет вала . . . . .	160
8.2.1.	Управление расчетом . . . . .	161
8.2.2.	Просмотр результатов расчета вала . . . . .	162
8.2.3.	Управление отчетами о результатах расчета вала . . . . .	163
	Выбор типов формируемых графиков и отчетов . . . . .	163
	Просмотр документов многостраничного отчета, сформированного в КОМПАС . . . . .	165
	Просмотр отчета, сформированного в FastReport . . . . .	165
8.2.4.	Примерный алгоритм расчета вала . . . . .	166
8.3.	Расчет подшипников . . . . .	166
8.3.1.	Общий расчет . . . . .	167
8.3.2.	Расчет на тепловыделение . . . . .	168
8.3.3.	Отчет о результатах расчета подшипников. . . . .	168
<b>Глава 9</b>		
	<b>Выбор материала проектируемого изделия . . . . .</b>	<b>169</b>
9.1.	Общие сведения . . . . .	169
9.1.1.	Вызов Модуля выбора материалов . . . . .	170
9.1.2.	Интерфейс Модуля выбора материалов . . . . .	170
	Режим выбора материала . . . . .	170
	Режим изменения свойств материала . . . . .	171
9.1.3.	Панель инструментов . . . . .	171
9.1.4.	Завершение работы модуля. . . . .	172
9.2.	Работа в режиме выбора материала . . . . .	172
9.2.1.	Выбор материала . . . . .	173
9.2.2.	Сортировка списка материалов . . . . .	173
9.2.3.	Отчет о свойствах материала . . . . .	174
9.2.4.	Отказ от показа базового материала в списке . . . . .	174
9.2.5.	Удаление записи пользовательского материала . . . . .	175
9.2.6.	Восстановление списка базовых материалов. . . . .	175
9.2.7.	Просмотр информации в Корпоративном справочнике Материалы и Сортаменты . . . . .	175
9.2.8.	Переход в режим редактирования свойств материалов . . . . .	175

9.3.	Работа в режиме изменения свойств материала . . . . .	176
9.3.1.	Редактирование свойств материала . . . . .	176
9.3.2.	Ввод нового материала в базу данных . . . . .	177
9.3.3.	Редактирование свойств текущего пользовательского материала . . . . .	177
9.3.4.	Просмотр информации в Корпоративном справочнике Материалы и Сортаменты . . . . .	177
9.3.5.	Выбор материала из Корпоративного справочника Материалы и Сортаменты . . . . .	177

## Часть II.

### Библиотека проектирования тел вращения Валы и механические передачи 3D

<b>Глава 10</b>		
	<b>Общие сведения. . . . .</b>	<b>180</b>
10.1.	Назначение библиотеки . . . . .	180
10.2.	Получение доступа к функциям библиотеки . . . . .	181
<b>Глава 11</b>		
	<b>Создание моделей средствами библиотеки Валы и механические передачи 3D . . . . .</b>	<b>182</b>
11.1.	Порядок создания моделей . . . . .	182
11.2.	Общие приемы работы, используемые при создании моделей средствами библиотеки Валы и механические передачи 3D . . . . .	182
11.2.1.	Определение местоположения модели в документе КОМПАС-3D . . . . .	182
	Определение местоположения простых ступеней и элементов механических передач . . . . .	183
	Определение местоположения дополнительных конструктивных элементов . . . . .	185
11.2.2.	Управление свойствами модели . . . . .	185
	Управление свойствами простых конструктивных элементов . . . . .	185
	Управление свойствами элементов механических передач . . . . .	186
11.3.	Построение простых конструктивных элементов . . . . .	187
11.3.1.	Внешняя цилиндрическая ступень . . . . .	189
11.3.2.	Внешняя коническая ступень . . . . .	190
11.3.3.	Внешняя многогранная ступень . . . . .	191

---

11.3.4.	Внешняя профильная ступень . . . . .	192
11.3.5.	Внутренняя цилиндрическая ступень . . . . .	192
11.3.6.	Внутренняя коническая ступень . . . . .	193
11.3.7.	Внутренняя многогранная ступень . . . . .	193
11.3.8.	Внутренняя профильная ступень . . . . .	194
11.3.9.	Кольцевые отверстия . . . . .	194
11.3.10.	Кольцевые пазы . . . . .	195
11.3.11.	Отверстия, канавки, проточки . . . . .	196
11.4.	Построение элементов механических передач . . . . .	196
11.4.1.	Шестерня цилиндрическая с внешними зубьями . . . . .	199
11.4.2.	Шестерня цилиндрическая с внутренними зубьями . . . . .	200
11.4.3.	Шестерня коническая с прямым зубом . . . . .	201
11.4.4.	Шестерня коническая с круговым зубом . . . . .	202
11.4.5.	Шкив клиноременной передачи . . . . .	203
11.4.6.	Шкив зубчатоременной передачи . . . . .	204
11.4.7.	Звездочка для приводных роликовых цепей . . . . .	205
11.4.8.	Цилиндрический червяк . . . . .	206
11.4.9.	Цилиндрическое червячное колесо . . . . .	207
11.5.	Построение шлицев и шпоночных пазов . . . . .	208



## Введение

Данное пособие предназначено и для тех, кто только приступает к знакомству с интегрированной системой проектирования тел вращения *Валы и механические передачи 2D* и библиотекой *Валы и механические передачи 3D*, и для тех, кто уже работает с этими программными продуктами. Новички смогут получить представление о возможностях систем, о порядке построения модели и расчета ее конструктивных элементов. Пользователи, которые уже знакомы с системами, найдут для себя информацию, которая поможет им полностью овладеть приемами работы и сделает их работу более быстрой и эффективной.

Неотъемлемыми частями системы являются:

- ▼ Модуль расчетов механических передач *КОМПАС-GEARS* (геометрические и прочностные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных и ременных передач);
- ▼ Модуль расчета валов и подшипников *КОМПАС-ShaftCalc*;
- ▼ Модуль выбора материалов.

Интерфейс этих модулей и приемы работы с ними также подробно рассматриваются в данном пособии.

Предполагается, что читатель имеет навыки работы с приложениями Windows и системой трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D.

## Условности и сокращения

Если для вызова команды, о которой рассказывается в тексте пособия, можно использовать кнопку, то изображение этой кнопки помещается на левом поле абзаца. На левом поле также изображается кнопка или пиктограмма, которая упоминается в текущем фрагменте текста.

Названия клавиш клавиатуры заключаются в угловые скобки и выделяются курсивом. Например, если в тексте написано «нажмите *<Enter>*», это значит, что необходимо нажать на клавишу с надписью «Enter». Комбинация клавиш записывается с помощью знака «плюс», например, *<Ctrl>+<F6>*. Такая запись обозначает, что следует нажать клавишу *<Ctrl>*, затем, не отпуская ее – клавишу *<F6>*.

Замечания, советы и особенно важные сведения выделены горизонтальными линейками и отмечены следующими значками:



– Замечание,



– Совет,



– Внимание!



# Часть I

## Интегрированная система проектирования тел вращения Валы и механические передачи 2D

# Глава 1.

## Назначение системы

Система *Валы и механические передачи 2D* предназначена для параметрического проектирования:

- ▼ валов и втулок;
- ▼ цилиндрических и конических шестерен;
- ▼ червячных колес и червяков;
- ▼ шкивов клиноременных и зубчатоременных передач;
- ▼ звездочек цепных передач.

Модели валов и втулок могут состоять из следующих простых ступеней:

- ▼ цилиндрическая ступень внешнего или внутреннего контура;
- ▼ коническая ступень внешнего или внутреннего контура;
- ▼ квадрат внешнего или внутреннего контура;
- ▼ шестигранник внешнего контура;
- ▼ сфера внешнего контура;
- ▼ глухое отверстие;
- ▼ центровое отверстие.

На простых ступенях модели могут быть смоделированы шлицевые, резьбовые и шпоночные участки, а также другие конструктивные элементы – канавки, проточки, пазы, лыски и т. д. Для цилиндрических участков внешнего и внутреннего контуров могут быть подобраны подшипники. Сложность модели и количество ступеней не ограничены. Параметрические модели сохраняются непосредственно в чертеже и доступны для последующего редактирования средствами системы *Валы и механические передачи 2D*.

При создании и редактировании может быть изменен как порядок ступеней модели (Drag&Drop), так и любой параметр ступени, либо выполнено удаление ступени.

В процессе создания модели могут быть выполнены расчеты:

- ▼ элементов механических передач;
- ▼ валов и подшипников, смоделированных в системе *Валы и механические передачи 2D*;
- ▼ шлицев, являющихся конструктивным элементом модели, созданной в системе *Валы и механические передачи 2D*.

Система *Валы и механические передачи 2D* интегрирована:

- ▼ с Корпоративным справочником Материалы и Сортаменты (библиотекой Материалы и Сортаменты) – из него можно выбрать материал проектируемой детали;
- ▼ с Корпоративным справочником Стандартные Изделия (библиотекой Стандартные изделия) – его данными можно воспользоваться при выборе параметров некоторых проектируемых стандартных элементов.

## 1.1. Режимы работы системы

С системой *Валы и механические передачи 2D* можно работать в трех режимах:

- ▼ Настройка;
- ▼ Построение модели;
- ▼ Расчеты механических передач.

Выбор режима работы осуществляется после подключения системы к КОМПАС-3D.

### 1.1.1. Настройка

В режиме настройки вы сможете задать параметры работы системы *Валы и механические передачи 2D*. Подробно о настраиваемых параметрах рассказано в разделе 2.1.4 на с. 24.

### 1.1.2. Построение модели

В режиме построения модели в системе *Валы и механические передачи 2D* вы сможете:

- ▼ создавать параметрические модели валов, втулок, элементов механических передач;
- ▼ создавать основу чертежа модели системы *Валы и механические передачи 2D* (в том числе, автоматически проставлять основные размеры элементов модели);
- ▼ создавать на основе параметрической модели, созданной в системе *Валы и механические передачи 2D* трехмерную твердотельную модель;
- ▼ выполнять расчеты некоторых конструктивных элементов модели (в том числе, расчет элементов механических передач);
- ▼ по результатам расчетов генерировать таблицы параметров зубчатых колес и выносные элементы с профилями зубьев;
- ▼ автоматически создавать в чертежах виды проектируемых тел вращения слева и справа, получать изображения сечений ступеней модели (для формирования сечений на чертеже КОМПАС должны быть созданы линии разреза-сечения, перпендикулярные оси вращения детали).

### 1.1.3. Расчет механических передач

В режиме расчета механических передач вы сможете выполнять геометрические и прочностные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных и ременных передач. Результаты расчета могут быть выведены на печать, сохранены в файле определенного формата. Чертеж или модель элемента передач в этом режиме не создается.

Для получения в процессе работы с системой *Валы и механические передачи 2D* дополнительной справочной информации об особенностях расчета элементов механических передач необходимо, чтобы файлы *GEARS.chm* (справочная система модуля *КОМПАС-GEARS*) и *SHAFT.chm* (справочная система к модулю *Валы и механические передачи 2D*) находились в одном каталоге.

## 1.2. Взаимодействие системы Валы и механические передачи 2D с КОМПАС-3D

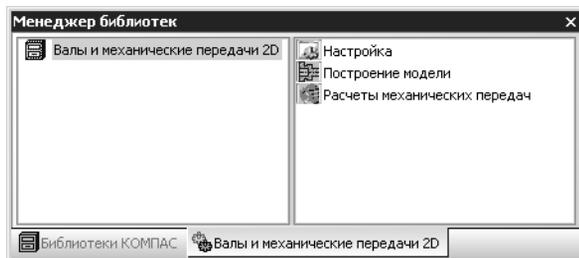
Система *Валы и механические передачи 2D* может работать с КОМПАС-3D, генерируя трехмерные твердотельные модели на основе параметрической модели, созданной в системе *Валы и механические передачи 2D*.

В настоящее время реализована возможность построения трехмерных твердотельных моделей втулок, валов, шестерен цилиндрической передачи с прямыми зубьями, шкивов и звездочек.

Построенная модель может редактироваться средствами КОМПАС-3D.

## 1.3. Начало работы с системой Валы и механические передачи 2D

1. Подключите систему *Валы и механические передачи 2D* (файл *Shaft.rtw*) к КОМПАС-3D (или к КОМПАС-График) как обычную библиотеку.
2. В КОМПАС-3D (или в КОМПАС-График) откройте или создайте чертеж либо фрагмент.
3. Запустите систему *Валы и механические передачи 2D* и выберите режим работы с системой – *Настройка*, *Построение модели* или *Расчет механических передач*. Для этого дважды щелкните мышью по строке меню, совпадающей с названием нужного режима (рис. 1.1).



Если в КОМПАС уже открыт рабочий документ, содержащий ранее созданную модель системы *Валы и механические передачи 2D*, вы можете запустить систему двойным щелчком мыши по этой модели.

Рис. 1.1.



Помните, что если модель системы *Валы и механические передачи 2D* построена в документе типа **Фрагмент**, то будет невозможно создать ряд дополнительных элементов ступеней модели (таблицы параметров, профили конструктивных элементов, выносные элементы), поскольку они автоматически помещаются в новый вид, а графический фрагмент не предусматривает работу с видами.

---

## Глава 2.

### Интерфейс модуля построения

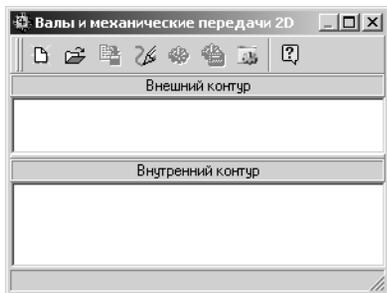


Рис. 2.1.

Система *Валы и механические передачи 2D* – это стандартное приложение Windows. Главное рабочее окно системы содержит стандартные атрибуты – заголовок окна, панель управления, кнопки минимизации, максимизации и закрытия окна, рамку для изменения размеров окна (рис. 2.1).

Окно модуля построения разделено на две рабочих области. Верхняя область предназначена для отображения дерева ступеней и элементов **внешнего** контура, нижняя – для отображения дерева ступеней и элементов **внутреннего** контура проектируемой модели.

Вы можете изменить размеры областей. Для этого подведите курсор к линии, разделяющей области. Когда курсор примет вид двойной стрелки, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская ее, переместите линию, устанавливая нужное соотношение размеров.

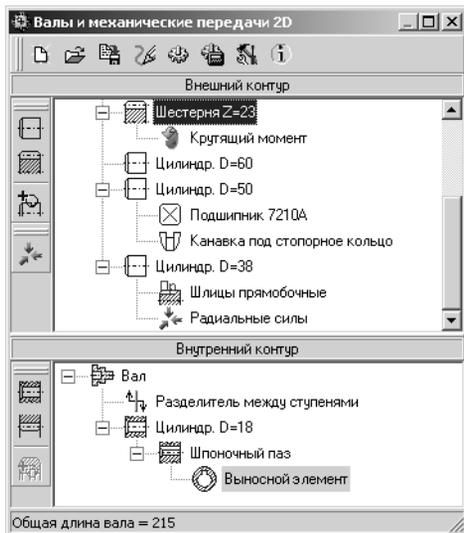


Рис. 2.2.

После начала построения новой или при редактировании существующей модели в левой части окна появляются инструментальные панели внешнего и внутреннего контуров, а также меню сил и моментов (рис. 2.2). На них расположены кнопки вызова команд, необходимых для проектирования и нагружения параметрической модели тела вращения.

Инструментальные панели можно перемещать внутри главного окна системы *Валы и механические передачи 2D*, а также выносить за его пределы.

Чтобы вынести панель за пределы главного окна системы, установите курсор над двумя параллельными линиями, которые находятся в верхней части панели. Когда курсор примет вид пересекающихся двунаправленных стрелок, нажмите левую клавишу мыши и, не отпуская ее, переместите панель.

В области внешнего и внутреннего контуров модели отображаются пиктограммы построенных элементов.

Они образуют дерево ступеней и элементов. Чтобы свернуть ветвь с изображением пиктограмм дополнительных элементов ступени, щелкните мышью по значку «-», расположенному рядом с наименованием ступени. Повторный щелчок по этому значку (после сворачивания ветви он отображается как «+») приведет к разворачиванию текущей ветви дерева.

## 2.1. Панель управления



Рис. 2.3.

Панель управления по умолчанию расположена в верхней части главного рабочего окна системы *Валы и механические передачи 2D*. Она содержит кнопки вызова команд управления моделью, изображением, расчетом и настройкой системы (рис. 2.3). Информация о назначении кнопок содержится в таблице 2.1.

Для запуска команды подведите курсор к кнопке и щелкните по ней мышью.

Табл. 2.1. Назначение кнопок панели управления

Команда	Назначение
 <b>Новая модель</b>	Переход в режим создания новой модели.
 <b>Выбрать другую модель</b>	Переход в режим редактирования другой модели системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> , имеющейся в активном документе КОМПАС. После вызова команды укажите курсором модель, которую нужно отредактировать, и ответьте на вопрос о необходимости сохранения изменений в текущей модели. В главном окне системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> будет открыто дерево ступеней и элементов указанной модели.
 <b>Сохранить модель и выйти</b>	Сохранение параметров модели и завершение работы с системой.
 <b>Обновить, показать, перестроить</b>	Вызов группы команд, предназначенных для управления изображением модели системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> в документе КОМПАС (см. раздел 2.1.1 на с. 21).
 <b>Дополнительные построения</b>	Вызов группы команд, предназначенных для выполнения дополнительных построений (см. раздел 2.1.2 на с. 22).
 <b>Свойства и расчеты</b>	Вызов группы команд (см. раздел 2.1.3 на с. 23), предназначенных для выбора материала проектируемой модели (см. Главу 9), а также для запуска системы расчета валов и подшипников <i>КОМПАС-ShaftCalc</i> (см. Главу 8).
 <b>Настройка</b>	Выбор режимов и определение параметров работы системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> (см. раздел 2.1.4 на с. 24).

## 2.1.1. Команды управления изображением модели в документе КОМПАС

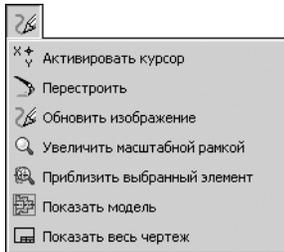


Рис. 2.4.

Команды группы **Обновить, показать, перестроить** панели управления предназначены для управления отображением модели, созданной в системе *Валы и механические передачи 2D*, в документе КОМПАС-3D (рис. 2.4).

Название и назначение этих команд приведены в таблице 2.2.

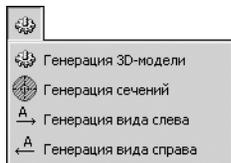
Табл. 2.2. Команды группы **Обновить, показать, перестроить**

Команда	Назначение и использование команды
<b>Активизировать курсор</b>	Передача управления системе КОМПАС с целью использования ее стандартных приемов работы для выбора наиболее удобного масштаба отображения модели системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> в активном документе КОМПАС. Чтобы прервать выполнение команды, нажмите клавишу <Esc>.
<b>Перестроить</b>	Просмотр результатов изменений, внесенных в модель системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> , в активном документе КОМПАС без выхода из текущего режима работы с системой.
<b>Обновить изображение</b>	Автоматическое перестроение изображения в активном документе КОМПАС без изменения масштаба. Рекомендуется использовать для удаления с экрана вспомогательных линий, возникших в процессе работы с системой, а также временных объектов – так называемого «мусора».
<b>Увеличить масштабной рамкой</b>	Увеличение произвольного участка области документа КОМПАС - 3D. Вызовите команду <b>Увеличить масштабной рамкой</b> и щелкните мышью в точке первого угла рамки, которая должна охватывать увеличиваемую площадь. Затем перемещайте курсор до достижения нужного размера рамки. При этом на экране будет отображаться фантом рамки. После того как второй угол рамки будет зафиксирован, изображение будет увеличено таким образом, чтобы область поля вывода, ограниченная рамкой, занимала всю площадь окна.
<b>Приблизить выбранный элемент</b>	Отображение во весь экран элемента, выделенного в дереве ступеней и элементов.

Табл. 2.2. Команды группы **Обновить, показать, перестроить**

Команда	Назначение и использование команды
 <b>Показать модель</b>	Изменение масштаба в активном документе КОМПАС с целью отображения всей модели, созданной в системе <i>Валы и механические передачи 2D</i> .
 <b>Показать все</b>	Изменение масштаба в активном документе КОМПАС с целью отображения всего документа КОМПАС-3D.

## 2.1.2. Команды построения дополнительных изображений



Команды построения дополнительных изображений модели можно вызвать, раскрыв при помощи панели управления группу **Дополнительные построения** (рис. 2.5). Краткое описание этих команд приведено в таблице 2.3.

Рис. 2.5.

Табл. 2.3. Команды группы **Дополнительные построения**

Команда	Назначение и использование команды
 <b>Генерация 3D-модели</b>	<p>Запуск процесса формирования трехмерной твердотельной модели на основе плоской модели, созданной в системе <i>Валы и механические передачи 2D</i> (для втулок, валов, шестерен цилиндрической передачи, шкивов и звездочек).</p> <p>После вызова команды на экран выводится панель, отражающая ход генерации.</p> <p>Готовая трехмерная модель помещается в новый документ КОМПАС. Чтобы перейти к нему, закройте окно системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> и откройте документ с моделью со страницы <b>Окно</b> главного меню КОМПАС.</p> <p>Команда работает только при наличии модуля трехмерного проектирования КОМПАС-3D.</p>

Табл. 2.3. Команды группы **Дополнительные построения**

Команда	Назначение и использование команды
	<p><b>Генерация сечений</b></p> <p>Отрисовка сечений тела вращения в месте, предварительно указанном в активном документе КОМПАС линией разреза. Параметры отрисовки и размещения сечений на чертеже определяются в диалоге <b>Настройка</b> на вкладке <b>Генерация сечений модели</b> (см. раздел «Генерация сечений модели» на с. 25).</p> <p><b>Ограничения на построение сечений:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼ для конических шестерен сечения не строятся;</li> <li>▼ при генерации сечений не учитывается фактический угол наклона линии разреза относительно оси тела вращения, поэтому средствами системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> строятся сечения, перпендикулярные оси тела вращения.</li> </ul>
	<p><b>Генерация вида слева</b></p> <p>Автоматическая отрисовка вида тела вращения слева на чертеже КОМПАС.</p>
	<p><b>Генерация вида справа</b></p> <p>Автоматическая отрисовка вида тела вращения справа на чертеже КОМПАС.</p>

### 2.1.3. Команды вызова дополнительных модулей системы

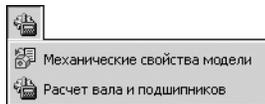


Рис. 2.6.

Раскрыв группу команд **Свойства и расчеты** на панели управления системы *Валы и механические передачи 2D* (рис. 2.6), можно вызвать специализированные программы, предназначенные для:

- ▼ выбора материала модели (см. Главу 9);
- ▼ расчета валов и подшипников (см. Главу 8).

Краткое описание команд вызова дополнительных модулей системы приведено в таблице 2.4.

Табл. 2.4. Команды группы **Свойства и расчеты**

Команда	Назначение команды
	<p><b>Механические свойства материала модели</b></p> <p>Запуск модуля, предназначенного для выбора материала модели, создаваемой в системе <i>Валы и механические передачи 2D</i>.</p>
	<p><b>Расчет вала и подшипников</b></p> <p>Запуск модуля, предназначенного для расчета валов и подшипников, которые смоделированы в системе <i>Валы и механические передачи 2D</i>.</p>

## 2.1.4. Команда настройки параметров работы системы



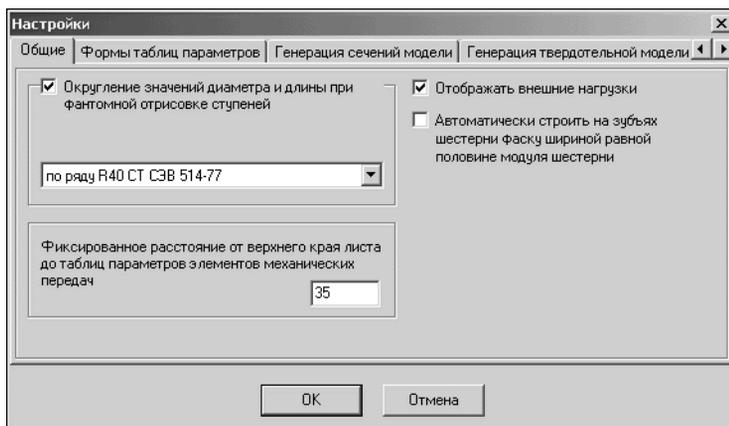
Для выбора режима работы системы *Валы и механические передачи 2D* нажмите на панели инструментов кнопку **Настройка**. Откроется одноименное окно, которое содержит группы настраиваемых параметров. Каждая группа расположена на отдельной вкладке:

- ▼ **Общие;**
- ▼ **Формы таблиц параметров;**
- ▼ **Генерация сечений модели;**
- ▼ **Генерация твердотельной модели.**

### Общие настройки

На вкладке **Общие** (рис. 2.7) расположены элементы управления, позволяющие:

- ▼ задать параметры фантомной отрисовки ступеней модели,
- ▼ указать источник данных о стандартных изделиях;
- ▼ включить (или выключить) режим отображения внешних нагрузок, приложенных к модели.



**Фантом** – изображение, которое временно появляется на экране при выполнении какой-либо операции и показывает текущее положение создаваемых или редактируемых объектов. При изменении положения курсора фантом динамически перестраивается, показывая новое положение вводимого элемента.

Рис. 2.7.



1. Чтобы при фантомной отрисовке округлялись значения диаметра и длины ступени, включите соответствующую опцию, раскройте список (рис. 2.8) и выберите тип округления.

Рис. 2.8.

2. Укажите, на каком расстоянии от верхнего края внутренней рамки чертежа будут располагаться таблицы параметров элементов механических передач.
3. Чтобы запретить отображение внешних нагрузок, приложенных к модели, проектируемой в системе *Валы и механические передачи 2D*, выключите опцию **Отображать внешние нагрузки**.

## Формы таблиц

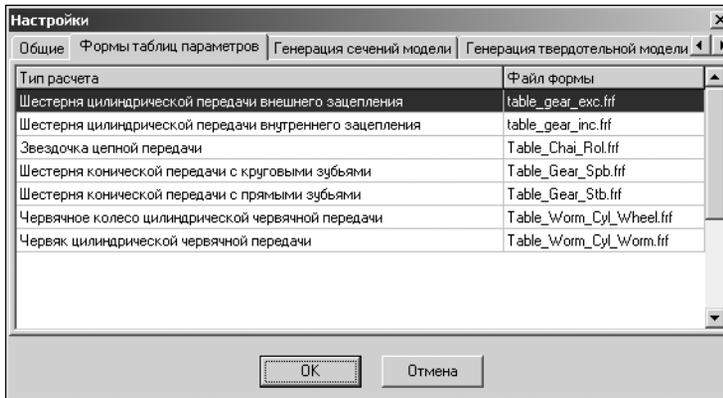


Рис. 2.9.

Вкладка **Формы таблиц параметров** (рис. 2.9) несет информацию о файлах, которые содержат формы таблиц параметров зубчатых зацеплений, поставленных в соответствие каждому типу расчета. Файл формы (\*.fif) создается при помощи лицензированного визуального Дизайнера отчетов *FastReport* ([www.fastreport.ru](http://www.fastreport.ru)).

## Генерация сечений модели

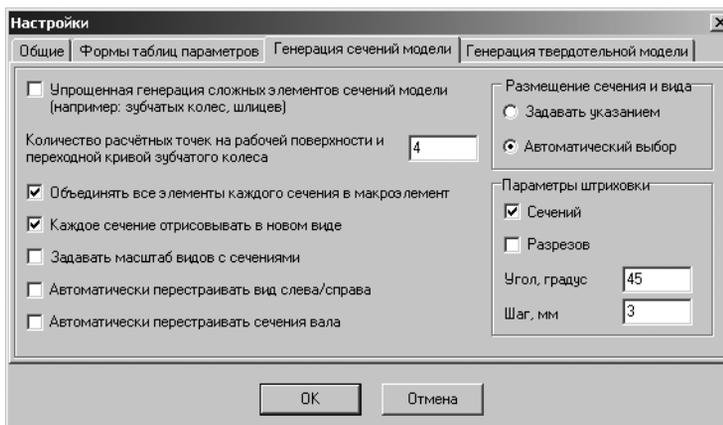


Рис. 2.10.

Вкладка **Генерация сечений модели** (рис. 2.10) предназначена для ввода параметров отрисовки и размещения сечений модели на чертеже КОМПАС.

1. Включите опцию **Упрощенная генерация сложных элементов**, чтобы не прорисовывать на сечении все зубья зубчатых колес или шлицев.

2. Укажите *Количество расчетных точек на рабочей поверхности и переходной кривой зубчатого колеса*. Этот параметр будет влиять на точность отрисовки линии эвольвенты при построении профиля зуба в чертеже. Чем больше размер зуба, тем большее количество точек необходимо задать, чтобы построить плавную линию эвольвенты.
3. Включите опцию **Объединять все элементы каждого сечения в макроэлемент**, если необходимо, чтобы каждое сечение модели являлось макроэлементом.

**Макроэлемент** – это объект, состоящий из нескольких простых объектов. Макроэлемент воспринимается системой (выделяется, перемещается, удаляется) как единое целое. Ни один из входящих в макроэлемент простых объектов нельзя редактировать или удалять отдельно, а если такие действия необходимы, то сначала нужно разрушить макроэлемент.

4. Включите опцию **Каждое сечение отрисовывать в новом виде**, чтобы каждое сечение модели было помещено на чертеже КОМПАС в отдельный вид.



Если модель спроектирована средствами системы *Валы и механические передачи 2D* построена в документе типа **Фрагмент** и опция **Каждое сечение отрисовывать в новом виде** включена, то команды генерации сечений и видов модели будут **НЕДОСТУПНЫ**.

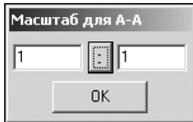


Рис. 2.11.

5. При включенной опции **Каждое сечение отрисовывать в новом виде** доступна опция **Задать масштаб видов с сечениями**. Если вы ее включите, то перед генерацией каждого сечения будет открываться окно, в котором потребуется указать масштаб изображения (рис. 2.11).

Масштаб можно ввести с помощью клавиатуры или выбрать из предлагаемого стандартного ряда, нажав кнопку с двумя точками.

6. Включите опцию **Автоматически перестраивать вид слева/справа**, чтобы построенные виды автоматически перестраивались при изменении конструкции модели. Обратите внимание, что перестроение будет возможно только в текущем сеансе работы с моделью системы *Валы и механические передачи 2D*.
7. Включите опцию **Автоматически перестраивать сечения вала**, чтобы построенное тело вращения автоматически перестраивалось при изменении конструкции модели. Обратите внимание, что перестроение будет возможно только в текущем сеансе работы с моделью системы *Валы и механические передачи 2D*.



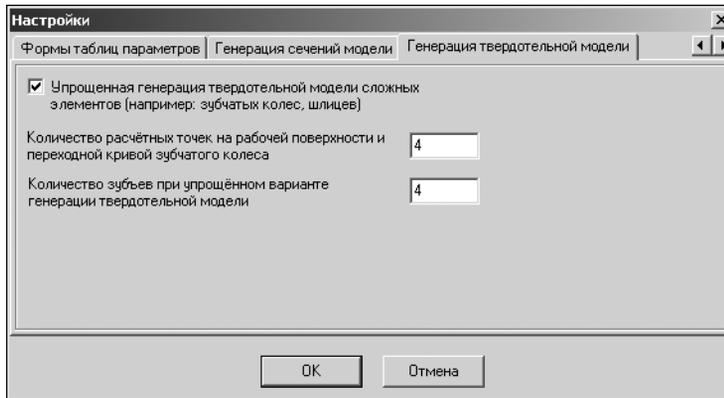
Опции **Автоматически перестраивать вид слева/справа** и **Автоматически перестраивать сечения вала** доступны, если:

- ▼ опция **Задать масштаб видов с сечениями** **ВЫКЛЮЧЕНА**;
- ▼ в группе **Размещение сечения и вида** выбран вариант **Автоматический выбор**.

8. В группе **Размещение сечения и вида** выберите один из вариантов определения положения сечений и видов на листе чертежа.
  - ▼ Выберите вариант **Задать указанием**, чтобы вручную указывать положение сечений и видов на чертеже.

После вызова команды генерации сечения будет показан фантом изображения и предлагаемое место его размещения, а также рамка с перекрестьем, обозначающая сечение. Ваша задача – переместить рамку в нужное место и щелкнуть клавишей мыши, после чего на листе чертежа появится изображение сечения.
  - ▼ Выберите вариант **Автоматический выбор**, чтобы сечения и виды автоматически располагались справа от тела вращения на одной с ним оси.
9. В группе команд **Параметры штриховки** включите опции **Сечений** и **Разреза**, чтобы поперечные сечения и разрез модели штриховались на чертеже. При необходимости измените шаг и угол наклона штриховки.

## Генерация твердотельной модели



Вкладка **Генерация твердотельной модели** (рис. 2.12) служит для определения параметров генерации системой трехмерных твердотельных моделей по модели, созданной в системе *Валы и механические передачи 2D*.

Рис. 2.12.

Если проектируемый элемент имеет много зубьев (шлицев), вы можете для ускорения процесса генерации включить опцию **Упрощенная генерация твердотельной модели сложных элементов** и задать:

- ▼ *Количество расчетных точек на рабочей поверхности и переходной кривой зубчатого колеса.* Этот параметр будет влиять на точность отрисовки линии эвольвенты при построении профиля зуба в чертеже. Чем больше размер зуба, тем большее количество точек необходимо задать, чтобы построить плавную линию профиля зуба.
- ▼ *Количество зубьев при упрощенном варианте генерации твердотельной модели.* Это количество зубьев, которые будут показаны на модели.

## 2.2. Инструментальная панель внешнего контура



Рис. 2.13.

На инструментальной панели внешнего контура (рис. 2.13) расположены кнопки вызова команд построения ступеней и элементов модели:

- ▼ **Простые ступени;**
- ▼ **Элементы механических передач;**
- ▼ **Дополнительные элементы ступеней.**



При нажатии кнопки **Простые ступени** раскрывается вложенное меню (рис. 2.14). Оно содержит список ступеней внешнего контура, которые вы можете создать при проектировании:

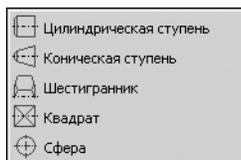


Рис. 2.14.

- ▼ **Цилиндрическая ступень;**
- ▼ **Коническая ступень;**
- ▼ **Шестигранник;**
- ▼ **Квадрат;**
- ▼ **Сфера.**



При нажатии кнопки **Элементы механических передач** раскрывается вложенное меню (рис. 2.15). Оно содержит список элементов зубчатых, винтовых, цепных и ременных передач, которые вы можете создать при проектировании.

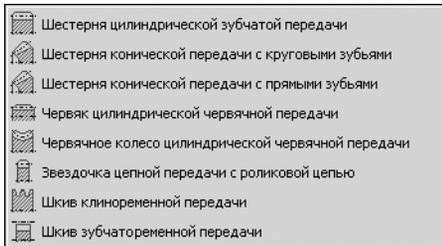
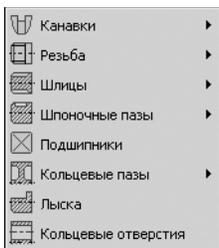


Рис. 2.15.



При нажатии кнопки **Дополнительные элементы ступеней** раскрывается вложенное меню (рис. 2.16). Оно содержит список дополнительных элементов, которые можно создать для ступени модели, указанной в дереве ступеней и элементов внешнего контура.



Многие команды в меню отмечены черным треугольником. Это значит, что они имеют подменю, которые раскрываются при наведении курсора на команду.

Для разных ступеней и элементов модели предлагается разный набор дополнительных элементов.

Чтобы перейти к вводу параметров ступени модели, элемента механических передач или дополнительного элемента, выберите нужную команду, щелкните мышью по строке меню или нажмите клавишу <Enter>.

Рис. 2.16.

### 2.3. Инструментальная панель внутреннего контура



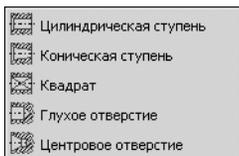
На инструментальной панели внутреннего контура (рис. 2.17) расположены кнопки вызова команд построения ступеней и элементов модели:

- ▼ Простые ступени;
- ▼ Цилиндрическая шестерня;
- ▼ Дополнительные элементы ступеней.

Рис. 2.17.



При нажатии кнопки **Простые ступени** раскрывается вложенное меню (рис. 2.18). Оно содержит список ступеней внутреннего контура, которые вы можете создать при проектировании:



- ▼ Цилиндрическая ступень;
- ▼ Коническая ступень;
- ▼ Квадрат;
- ▼ Глухое отверстие;
- ▼ Центровое отверстие.

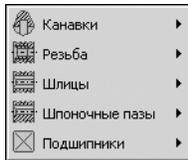
Рис. 2.18.



При нажатии кнопки **Дополнительные элементы ступеней** раскрывается вложенное меню (рис. 2.19). Оно содержит список дополнительных элементов, которые можно со-

здать для ступени модели, указанной в дереве ступеней и элементов внутреннего контура.

Многие команды в меню отмечены черным треугольником. Это значит, что они имеют подмену, которые раскрываются при наведении курсора на команду.



Для разных ступеней и элементов модели предлагается разный набор дополнительных элементов.

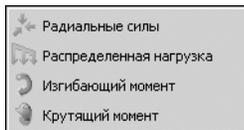
Чтобы перейти к вводу параметров ступени модели, элемента механических передач или дополнительного элемента, выберите нужную команду, щелкните мышью по строке меню или нажмите клавишу *<Enter>*.

Рис. 2.19.

## 2.4. Меню сил и моментов



Чтобы развернуть меню сил и моментов, выделите основную ступень модели в дереве ступеней и элементов. Нажмите кнопку **Приложение нагрузки**.



Раскроется вложенное меню (рис. 2.20), содержащее перечень команд, с помощью которых вы сможете приложить нагрузку к активной ступени модели.

Чтобы перейти к заданию нагрузки, щелчком мыши или нажатием клавиши *<Enter>* выберите в перечне вид нагружения.

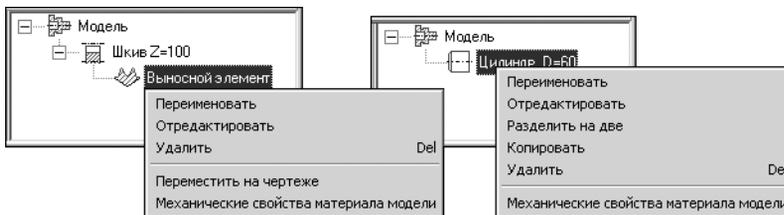
Рис. 2.20.

## 2.5. Контекстное меню дерева ступеней

С помощью команд контекстного меню дерева ступеней и элементов вы сможете управлять расположением и свойствами выделенных элементов модели.

Чтобы вызвать контекстное меню, укажите ступень или элемент модели в дереве и нажмите правую клавишу мыши.

Состав меню различен для разных элементов дерева (рис. 2.21).



Описание команд контекстного меню приведено в таблице 2.5.

Рис. 2.21.

Табл. 2.5. Команды контекстного меню дерева элементов и ступеней

Команда	Назначение и использование команды
<b>Переименовать</b>	<p>Команда служит для изменения названия выбранной ступени или элемента.</p> <p>После вызова команды на экране появляется диалог, в котором необходимо ввести новое название и нажать кнопку <b>ОК</b>. Для отказа от переименования достаточно нажать кнопку <b>Отмена</b> или закрыть диалог.</p>
<b>Отредактировать</b>	<p>Команда предназначена для изменения параметров выбранной ступени или элемента.</p>
<b>Разделить на две...</b>	<p>Команда используется для разделения указанной ступени модели на две части. При этом дополнительные элементы данной ступени остаются в ее левой части.</p> <p>После вызова команды на экране появляется диалог, в котором по умолчанию предлагается разделить ступень на два равных участка.</p>
<b>Удалить</b>	<p>Команда служит для удаления выбранной ступени или элемента.</p>
<b>Копировать</b>	<p>Команда применяется для создания копии выбранной ступени модели.</p> <p>Дополнительные элементы ступени не копируются.</p>
<b>Переместить на чертеже</b>	<p>Команда предназначена для перемещения выносного элемента по полю чертежа КОМПАС без выхода из системы <i>Валы и механические передачи 2D</i>.</p>
<b>Придвинуть к правому краю</b>	<p>С помощью этой команды можно перенести таблицу параметров элемента механической передачи к внутренней рамке чертежа так, что правый край таблицы будет соприкасаться с внутренней рамкой, а верхний край таблицы будет находиться от внутренней рамки на расстоянии, которое указано при настройке системы на вкладке <b>Общие</b> (см. раздел «Общие настройки» на с. 24).</p>
<b>Механические свойства материала модели</b>	<p>Команда служит для вызова диалога, в котором можно выбрать материал модели и определить его механические свойства.</p>

## Глава 3.

# Общие приемы создания и редактирования моделей

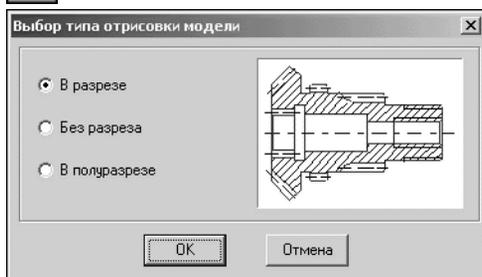
Создание и редактирование моделей средствами системы *Валы и механические передачи 2D* осуществляется в режиме *Построение модели*.

### 3.1. Начало построения новой модели

Чтобы создать новую модель в системе *Валы и механические передачи 2D*, запустите систему в режиме *Построение модели* (см. раздел 1.3 на с. 18). Затем выполните следующие действия.



1. Нажмите на панели управления кнопку **Новая модель**.



2. В открывшемся окне **Выбор типа отрисовки модели** (рис. 3.1) выберите нужный вариант и нажмите кнопку **ОК**.

3. В поле документа КОМПАС укажите точку начала отсчета создаваемой локальной системы координат – нажмите клавишу `<Enter>` или щелкните левой клавишей мыши). Откроется главное окно системы *Валы и механические передачи 2D*.

Рис. 3.1.

**Локальная система координат (ЛСК)** – система координат с произвольной начальной точкой, назначенная пользователем в текущем виде листа чертежа. При установке какой-либо локальной системы координат в качестве текущей значения координат и углов будут измеряться относительно этой ЛСК.

4. Приступайте к построению. При этом помните, что:

- ▼ модель, созданная в системе *Валы и механические передачи 2D*, является макроэлементом;
- ▼ в документе КОМПАС может быть несколько моделей, созданных средствами системы *Валы и механические передачи 2D*.

### 3.2. Построение основной ступени

1. Укажите в дереве ступеней и элементов внешнего контура ту ступень, следом за которой будет располагаться создаваемая ступень. Если вы проектируете первую ступень модели, переходите сразу к п. 2.
2. Нажмите на инструментальной панели кнопку **Простые ступени** или кнопку **Элементы механических передач**.
3. Выберите необходимый элемент.
4. Задайте требуемые параметры и нажмите кнопку **ОК**.

### 3.3. Построение дополнительных элементов

1. Укажите в дереве ступень, для которой нужно построить дополнительный элемент.
2. Нажмите на инструментальной панели кнопку **Дополнительные элементы ступеней**.
3. Выберите дополнительный элемент.
4. Задайте требуемые параметры и нажмите кнопку **ОК**.

Перемещение дополнительных элементов (таблиц, выносных элементов) по полю чертежа можно производить, не прерывая работу с системой, при помощи команды контекстного меню **Переместить на чертеже** (см. табл. 2.5 на стр. 30).

После окончания работы с системой *Валы и механические передачи 2D* дополнительные элементы в документе КОМПАС можно перемещать только «видами» – сначала выделить вид, а затем его передвинуть.

### 3.4. Изменение взаимного расположения ступеней

В процессе построения вы можете менять взаимное расположение созданных ступеней. Для этого выполните следующие действия.

1. Укажите в дереве ступень, которую нужно переместить, и нажмите левую клавишу мыши.
2. Не отпуская клавишу, переместите курсор, чтобы выделилась подсветкой та ступень, перед которой вы хотите поместить перемещаемую ступень.
3. Отпустите клавишу мыши. При этом переместятся и все дополнительные элементы, которые принадлежат данной ступени.



Чтобы увидеть на чертеже результаты перемещения, вызовите команду **Перестроить**, находящуюся на панели инструментов в группе команд **Обновить, показать, перестроить** (см. табл. 2.2 на стр. 21).

### 3.5. Общие приемы ввода значений параметров проектируемой ступени

При определении параметров ступеней и элементов вы можете использовать различные способы ввода значений:

- ▼ вводить численные данные при помощи клавиатуры; при этом можно перемещаться между полями ввода при помощи клавиши *<Tab>* и пользоваться калькулятором (см. раздел 3.5.1 на с. 33);



- ▼ выбирать значения из стандартного ряда; для этого потребуется нажать кнопку с изображением книги, а затем указать нужное значение в предлагаемом списке и зафиксировать его нажатием клавиши *<Enter>* или двойным щелчком мыши;
- ▼ брать значения параметра (чаще всего, это диаметр) с чертежа:
  - ▼ щелкнуть правой клавишей мыши в поле значения параметра;
  - ▼ вызвать из открывшегося контекстного меню команду **Снять с чертежа**;
  - ▼ указать на чертеже точку, которая определяет интересующий вас параметр;

- ▼ выбирать значение параметра из предлагаемого списка предпочтительных величин; для этого потребуется нажать кнопку с черным треугольником, чтобы раскрыть список, а затем указать нужное значение курсором.

### 3.5.1. Использование калькулятора

При вводе значений параметров (длины, диаметра и т. д.) ступеней и элементов модели можно использовать специальный калькулятор (рис. 3.2).



Вызов калькулятора осуществляется нажатием клавиш `<Shift>+<Ctrl>+<C>`.

Рис. 3.2.

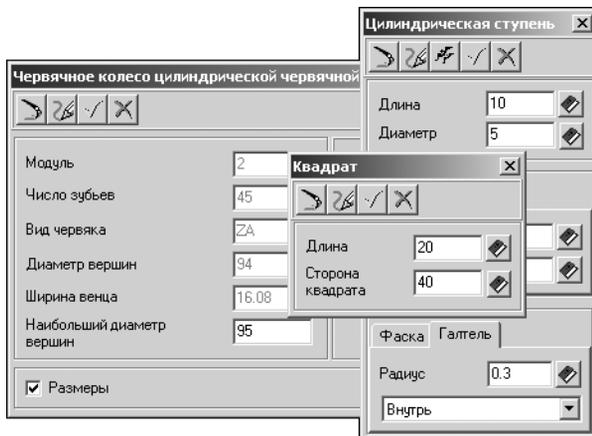
При работе с калькулятором доступны знаки и функции, перечисленные в таблице 3.1.

Табл. 3.1. Знаки и функции калькулятора системы Валы и механические передачи 2D

Знак	Функция
+	сложить
-	вычесть
/	разделить
*	умножить
()	скобки
Sqrt()	квадратный корень
^	возведение в степень
CosD()	косинус, аргумент в градусах
SinD()	синус, аргумент в градусах
TgD()	тангенс, аргумент в градусах
ArcTgD()	арктангенс, значение в градусах
Inv	инволюта, значение в радианах
Arclnv	аркинволюта, значение в радианах
InvD	инволюта, значение в градусах
ArclnvD	аркинволюта, значение в градусах

Чтобы получить результат вычисления, нажмите клавишу `<=>` или клавишу `<Enter>`.

### 3.6. Общие приемы управления изображением проектируемой ступени



Проектирование модели осуществляется при помощи окон ввода параметров ступеней и конструктивных элементов. Многие окна имеют одинаковые элементы управления изображением. Как правило, это кнопки вызова команд, расположенные на инструментальных панелях в верхней части окон (рис. 3.3).

Описание команд управления изображением проектируемой ступени приведено в таблице 3.2.

Рис. 3.3.

Табл. 3.2. Команды управления изображением проектируемой ступени

Команда	Назначение и использование команды
	<b>Перестроить</b> Отображение изменений, внесенных в модель системы <i>Валы и механические передачи 2D</i> , без выхода из текущего режима работы с системой.
	<b>Обновить изображение</b> Автоматическое перестроение изображения в активном документе КОМПАС без изменения масштаба. Рекомендуется использовать для удаления с экрана вспомогательных линий, возникших в процессе работы с системой.
	<b>Фантомное построение</b> Ввод параметров ступени фантомно-динамическим способом.  При фантомном построении основные параметры ступени отображаются в уменьшенном окне параметров (рис. 3.4). После завершения фантомного построения введенные значения можно отредактировать.

Рис. 3.4.

Значения диаметра и длины при фантомном построении ступени будут автоматически округляться, если при настройке системы на вкладке **Общие** включена соответствующая опция (см. раздел «Общие настройки» на с. 24).

Чтобы прервать работу команды, нажмите клавишу <Esc> или кнопку **Стоп** на панели специального управления КОМПАС.



Табл. 3.2. Команды управления изображением проектируемой ступени

	Команда	Назначение и использование команды
	<b>OK</b>	Построение ступени с заданными параметрами в чертеже (фрагменте) КОМПАС.
	<b>Отмена</b>	Заккрытие окна ввода параметров ступени.
	<b>Расчет шлицевого соединения</b>	Вызов <i>Модуля расчета шлицевых соединений</i> (см. раздел «Расчет шлицевого соединения» на с. 49).

## 3.7. Редактирование модели

Чтобы начать редактирование модели, созданной средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, дважды щелкните по ее изображению. Откроется главное окно системы.

Вы можете изменить значения параметров любого элемента модели. После ввода новых значений все связи внутри модели будут сохранены.

Чтобы отредактировать элемент модели, выполните следующие действия.

1. Выделите в главном окне системы *Валы и механические передачи 2D* элемент модели – щелкните мышью на его наименовании. При этом на чертеже редактируемая часть модели будет подсвечена красным цветом.
2. Вызовите контекстное меню дерева ступеней и элементов и выберите команду **Отредактировать**.
3. Внесите изменения в значения параметров элемента.

При редактировании внутреннего контура модели можно изменить базовый торец простой ступени или шестерни внутреннего зацепления (см. раздел 3.7.1).

### 3.7.1. Изменение базового торца ступени

При редактировании модели может возникнуть необходимость изменения расположения ступени внутреннего контура относительно базового торца модели. Это можно сделать двумя способами:



- ▼ **Переместить разделитель** – подвести курсор к знаку разделителя, нажать левую клавишу мыши и, не отпуская кнопки, переместить курсор до выделения того элемента, перед которым вы желаете, поставить разделитель. Затем отпустить клавишу мыши.
- ▼ **Переместить элемент** – подвести курсор к наименованию элемента, который нужно переместить, нажать левую клавишу мыши и, не отпуская ее, переместить курсор до выделения того элемента, перед которым вы желаете поставить перемещаемый элемент. Затем отпустить клавишу мыши.

## Глава 4.

### Построение внешнего контура

На инструментальной панели внешнего контура расположены кнопки вызова команд построения основных ступеней и дополнительных элементов модели.

К основным ступеням внешнего контура относятся:

- ▼ Цилиндрическая ступень;
- ▼ Коническая ступень;
- ▼ Шестигранник;
- ▼ Квадрат;
- ▼ Сфера;
- ▼ Элементы механических передач.

Дополнительные элементы могут быть разными для каждой ступени. Например:

- ▼ для цилиндрической ступени:
  - ▼ Канавки;
  - ▼ Резьба;
  - ▼ Шлицы;
  - ▼ Шпоночные пазы;
  - ▼ Лыска;
  - ▼ Кольцевые отверстия;
- ▼ для шестерни:
  - ▼ Таблица параметров;
  - ▼ Профиль зубьев;
  - ▼ Полный профиль шестерни;
  - ▼ Кольцевые пазы;
  - ▼ Кольцевые отверстия.

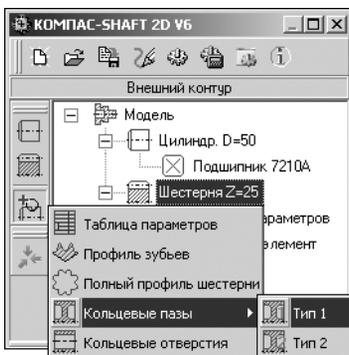


Рис. 4.1.

Дополнительные элементы ступени могут иметь разновидности. На рис. 4.1 показано, что дополнительный элемент *Кольцевые пазы* может быть двух типов – *Типа 1* или *Типа 2*.

Дополнительные элементы ступени, в свою очередь, могут иметь дополнительные элементы. Например, для шлицев может быть создан дополнительный *Выносной элемент*.

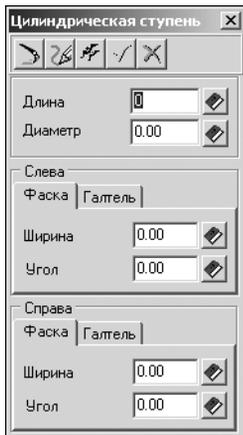
Для каждого вида ступени приводится список дополнительных элементов, относящихся только к данному виду ступени.

## 4.1. Цилиндрическая ступень

Чтобы построить цилиндрическую ступень внешнего контура, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Цилиндрическая ступень**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внешнего контура. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.2).



В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемой ступени (см. табл. 3.2 на стр. 34).

2. Задайте *Длину* и *Диаметр* ступени.
3. При необходимости задайте для каждого конца ступени:

- ▼ *Ширину* и *Угол* фаски (на вкладке **Фаска**);
- ▼ *Радиус* галтели (на вкладке **Галтель**).

При вводе значений пользуйтесь приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.

Рис. 4.2.



4. Нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

На цилиндрической ступени внешнего контура можно построить следующие дополнительные элементы:

- ▼ **Канавки;**
- ▼ **Подшипники;**
- ▼ **Кольцевые пазы;**
- ▼ **Резьбы;**
- ▼ **Шлицы;**
- ▼ **Шпоночные пазы;**
- ▼ **Лыски;**
- ▼ **Кольцевые отверстия.**

Общий порядок построения дополнительных элементов описан в разделе 3.3 на с. 32.

### 4.1.1. Канавки

На цилиндрической ступени внешнего контура модели, созданной средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, могут быть построены:

- ▼ **Канавка;**
- ▼ **Канавка под стопорное кольцо;**
- ▼ **Канавка под выход шлифовального круга.**

## Канавка

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели канавку, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Канавки**. Откроется дополнительное меню с различными типами канавок.
4. Укажите тип **Канавка** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.3).

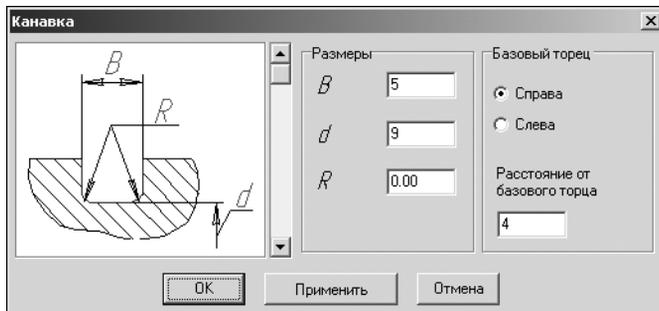


Рис. 4.3.

5. В левой области окна **Канавки** показан вид канавки по умолчанию. Чтобы выбрать другой вид, щелкните по слайду правой (или два раза левой) клавишей мыши. Появится развернутое меню видов канавок (рис. 4.4).

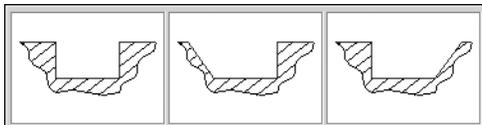


Рис. 4.4.

6. Перемещая курсор, выберите нужный вид и щелкните на нем левой клавишей мыши.

Вы можете выбрать вид канавки, пролистывая слайды в окне **Канавка** с помощью линейки прокрутки.

7. Задайте размеры канавки в соответствии с обозначениями параметров, приведенными на слайде.
8. Определите торец ступени, относительно которого будет базироваться канавка.
9. Задайте расстояние от базового торца до канавки.
10. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
11. Нажмите кнопку **ОК**.

## Канавка под стопорное кольцо

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели канавку под стопорное кольцо, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

3. В развернувшемся меню выберите команду **Канавки**. Откроется дополнительное меню с различными типами канавок.
4. Укажите тип канавки **Под стопорное кольцо** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров канавки и кольца (рис. 4.5).

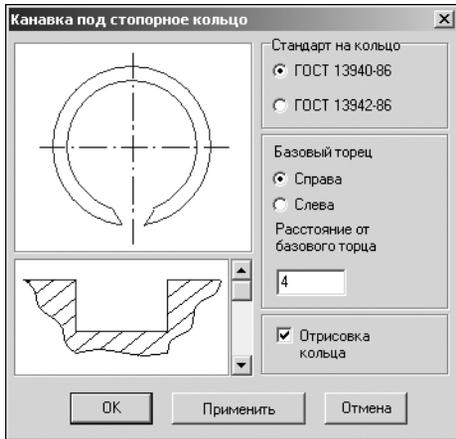


Рис. 4.5.

5. В левой области окна показан вид канавки по умолчанию. Чтобы выбрать другой вид:
  - ▼ щелкните на слайде правой (или два раза левой) клавишей мыши; появится развернутое меню видов канавок (см. рис. 4.4 на с. 38).
  - ▼ перемещая курсор, выберите нужный вид и щелкните на нем левой клавишей мыши.
 Вы можете выбрать вид канавки, пролистывая слайды в окне **Канавка под стопорное кольцо** с помощью линейки прокрутки.
6. Выберите ГОСТ на кольцо в группе **Стандарт на кольцо**.
7. Определите торец ступени, относительно которого будет базироваться канавка.

8. Задайте расстояние от базового торца до канавки.
9. Включите опцию **Отрисовка кольца**, чтобы отображать стопорное кольцо на чертеже.
10. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
11. Нажмите кнопку **ОК**.

### Канавка под выход шлифовального круга

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели канавку под выход шлифовального круга, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Канавки**. Откроется дополнительное меню с различными типами канавок.

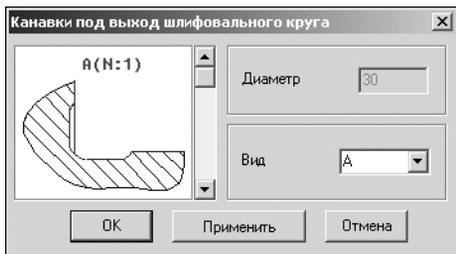


Рис. 4.6.

4. Укажите тип канавки **Под выход шлифовального круга** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для выбора вида канавки (рис. 4.6).

В левой части окна показан вид канавки по умолчанию. Чтобы его изменить, щелкните по слайду правой (или два раза левой) клавишей мыши. Появится диалог выбора вида канавки (рис. 4.7). Он содержит три вкладки:

- ▼ Шлифование по цилиндру;
- ▼ Шлифование по торцу;
- ▼ Шлифование по цилиндру и торцу.

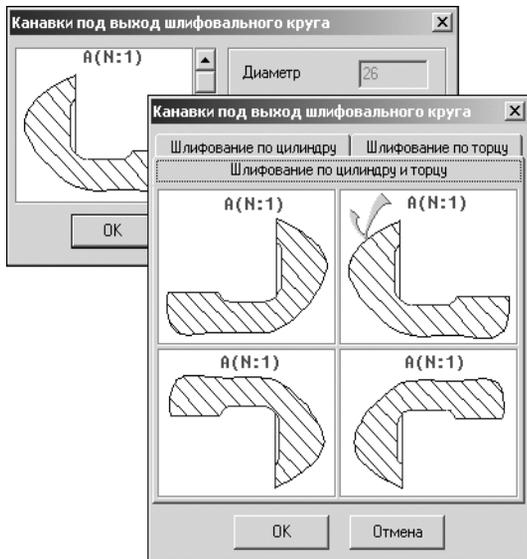


Рис. 4.7.

5. Раскройте вкладку, соответствующую необходимому виду шлифования.
6. Укажите нужное изображение, затем дважды щелкните по нему мышью или нажмите кнопку **ОК**. Вы можете выбрать тип канавки, пролистывая слайды в окне **Канавки под выход шлифовального круга** с помощью линейки прокрутки.
7. В поле **Вид** укажите букву, которой будет на чертеже обозначаться выносной элемент с изображением канавки.
8. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
9. Нажмите кнопку **ОК**.

Для канавки под выход шлифовального круга можно построить дополнительный **Выносной элемент**.

### Выносной элемент канавки под выход шлифовального круга

Чтобы построить для канавки под выход шлифовального круга выносной элемент, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Вали и механические передачи 2D* дополнительный элемент **Канавка под выход шлифовального круга**.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Выносной элемент** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно **Канавка под выход шлифовального круга** (рис. 4.8).

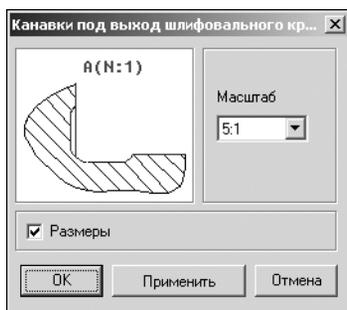


Рис. 4.8.

4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда **Масштаб** изображения профиля канавки на чертеже.
5. Включите опцию **Размеры** для простановки основных размеров канавки на чертеже.
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

## 4.1.2. Резьбы

На цилиндрической ступени внешнего контура модели, созданной средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, может быть построена резьба:

- ▼ **Метрическая;**
- ▼ **Метрическая для пластмасс;**
- ▼ **Трубная;**
- ▼ **Трапецеидальная;**
- ▼ **Упорная;**
- ▼ **Круглая.**



Правила ввода параметров резьбы одинаковы для ступеней и внешнего, и внутреннего контуров.

### Метрическая резьба

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели метрическую резьбу, выполните следующие действия.



1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели того контура, в котором выполняете построения.

3. В развернувшемся меню выберите команду **Резьба**. Откроется дополнительное меню с различными типами резьбы.

4. Укажите тип **Метрическая** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров резьбы (рис. 4.9).

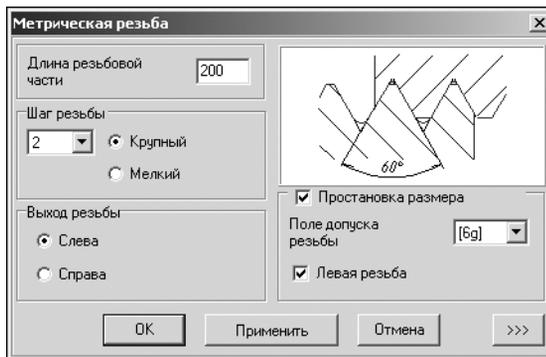


Рис. 4.9.

5. Введите *Длину резьбовой части*. По умолчанию она задается равной длине конструируемой ступени.

6. Определите, каким будет *Шаг резьбы* – крупным или мелким. Затем выберите величину шага из предлагаемого списка допустимых относительных шагов для стандартных типов резьбы.

7. Определите, где будет *Выход резьбы* – слева или справа от торца проектируемой ступени. Для этого выберите нужный вариант в группе **Выход резьбы**.

8. Если вы хотите, чтобы на чертеже были указаны размеры резьбы, включите опцию **Простановка размера**. После этого станут доступными опция **Левая резьба** и поле ввода **Поле допуска резьбы**.

9. Выберите *Поле допуска резьбы* из предлагаемого ряда значений.

10. Включите опцию **Левая резьба**, чтобы внести в обозначение резьбы на чертеже соответствующую пометку.

>>> 11. Чтобы отобразить на чертеже проточку для выхода резьбообразующего инструмента, нажмите кнопку **Дополнительно**. Откроется панель для ввода данных о проточке (рис. 4.10).

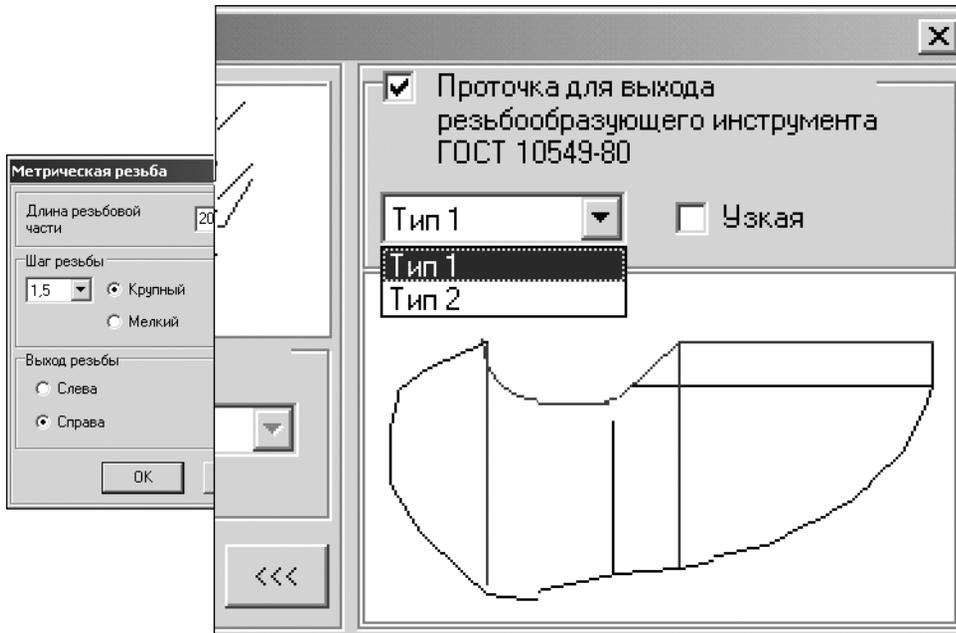


Рис. 4.10.

11.1. Включите опцию **Проточка для выхода резьбообразующего инструмента**.

11.2. Выберите тип проточки.

11.3. Если требуется, включите опцию **Узкая**.

<<< 11.4. Вернитесь в основное окно ввода параметров резьбы – нажмите кнопку **Дополнительно**.

12. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.

13. Нажмите кнопку **ОК**.

Для метрической резьбы можно построить дополнительный элемент **Профиль резьбы**.

### Профиль метрической резьбы

Чтобы построить профиль метрической резьбы, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* дополнительный элемент **Резьба метрическая**.

2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы** ступеней на инструментальной панели того контура, в котором выполняете построения.



3. В развернутом меню выберите строку **Профиль резьбы** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно **Профиль метрической резьбы** (рис. 4.11).



Рис. 4.11.

4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля резьбы на чертеже.
5. Включите опции **Штриховка** и **Размеры**, чтобы показать эти атрибуты на изображении профиля.
6. Нажмите кнопку **ОК**.

### Метрическая резьба для пластмасс

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели метрическую резьбу для пластмасс, выполните следующие действия.



1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели того контура, в котором выполняете построения.
3. В развернутом меню выберите команду **Резьба**. Откроется дополнительное меню с различными типами резьбы.

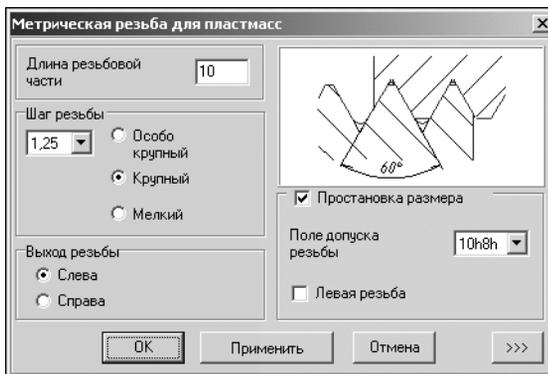


Рис. 4.12.

4. Укажите тип **Метрическая резьба для пластмасс** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров резьбы (рис. 4.12).
5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров метрической резьбы (см. раздел «Метрическая резьба» на с. 41).
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

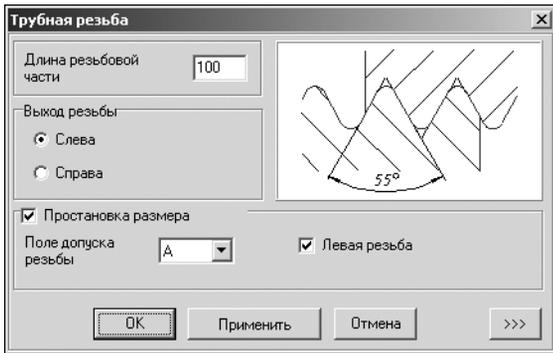
Для метрической резьбы для пластмассовых деталей можно построить дополнительный элемент **Профиль резьбы**. Это делается так же, как для метрической резьбы (см. раздел «Профиль метрической резьбы» на с. 42).

### Трубная резьба

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели трубную резьбу, выполните следующие действия.



1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели того контура, в котором выполняете построения.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Резьба**. Откроется дополнительное меню с различными типами резьбы.
4. Укажите тип **Трубная** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров резьбы (рис. 4.13).



5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров метрической резьбы (см. раздел «Метрическая резьба» на с. 41). Исключение – не нужно задавать шаг резьбы.
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

Рис. 4.13.

Для трубной резьбы можно построить дополнительный элемент **Профиль резьбы**. Это делается так же, как для метрической резьбы (см. раздел «Профиль метрической резьбы» на с. 42).

### Трапецидальная резьба

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели трапецидальную резьбу, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели того контура, в котором выполняете построения.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Резьба**. Откроется дополнительное меню с различными типами резьбы.
4. Укажите тип **Трапецидальная** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров резьбы (рис. 4.14).



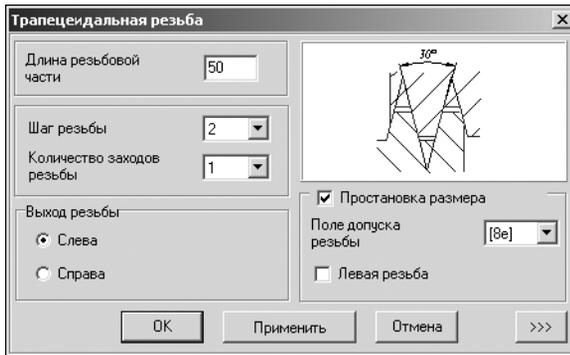


Рис. 4.14.

**резьбы.** Это делается так же, как для метрической резьбы (см. раздел «Профиль метрической резьбы» на с. 42).

### Упорная резьба

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели упорную резьбу, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели того контура, в котором выполняете построения.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Резьба**. Откроется дополнительное меню с различными типами резьбы.
4. Укажите тип **Упорная** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров резьбы (рис. 4.15).

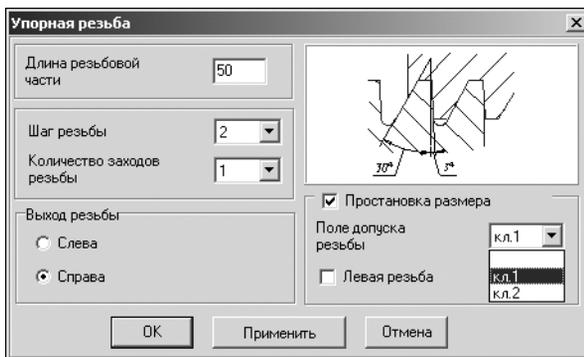


Рис. 4.15.

Для упорной резьбы можно построить дополнительный элемент **Профиль резьбы.** Это делается так же, как для метрической резьбы (см. раздел «Профиль метрической резьбы» на с. 42).

5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров метрической резьбы (см. раздел «Метрическая резьба» на с. 41). Исключение – кроме шага нужно задать еще и *Количество заходов резьбы*.
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

Для трапецидальной резьбы можно построить дополнительный элемент **Профиль**

5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров метрической резьбы (см. раздел «Метрическая резьба» на с. 41). Исключение – кроме шага следует задать еще и *Количество заходов резьбы*, а параметры проточки определять не нужно.
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

## Круглая резьба

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели круглую резьбу, выполните следующие действия.



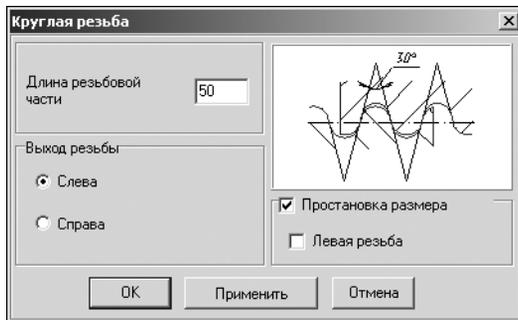
1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели того контура, в котором выполняете построения.

3. В развернувшемся меню выберите команду **Резьба**. Откроется дополнительное меню с различными типами резьбы.

4. Укажите тип **Круглая** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров резьбы (рис. 4.16).



5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров метрической резьбы (см. раздел «Метрическая резьба» на с. 41). Исключение – не нужно задавать шаг резьбы и параметры проточки.

6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.

7. Нажмите кнопку **ОК**.

Рис. 4.16.

Для круглой резьбы вы можете построить дополнительный элемент **Профиль резьбы**. Это делается так же, как для метрической резьбы (см. раздел «Профиль метрической резьбы» на с. 42).

### 4.1.3. Шлицы

На цилиндрической ступени внешнего контура модели, созданной средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, могут быть построены шлицы:

- ▼ **Прямобоочные;**
- ▼ **Эвольвентные;**
- ▼ **Треугольные.**

#### Шлицы прямобоочные

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели прямобоочные шлицы, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

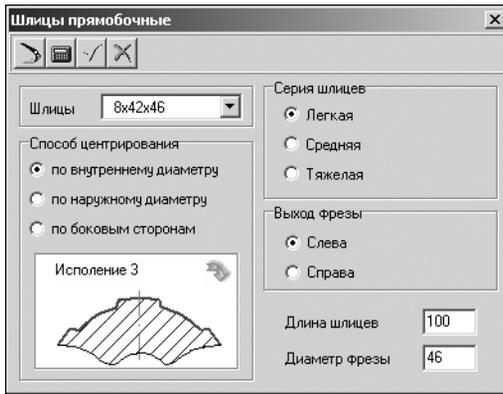


Рис. 4.17.

3. В развернутом меню выберите команду **Шлицы**. Откроется дополнительное меню с различными типами шлицев.
4. Укажите тип **Шлицы прямобочные** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шлицев в соответствии с ГОСТ 1139-80 (рис. 4.17).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34).

5. В поле **Шлицы** приводится обозначение шлицев, соответствующих диаметру активной ступени модели и указанной серии. Вы можете выбрать другие шлицы из предлагаемого списка. Рекомендуется выбирать значение наружного диаметра шлицев ближайшее к диаметру активной ступени. При несовпадении диаметров программа изменит диаметр ступени на тот, который вы задали для шлицев.
6. Определите *Способ центрирования шлицев* – выберите один из вариантов в группе **Способ центрирования**.
7. Укажите *Серию шлицев* – выберите один из вариантов в группе **Серия шлицев**.
8. В зависимости от выбранных способа центрирования и серии будет меняться слайд с изображением шлицев. Если шлицы могут иметь исполнения, в правом верхнем углу слайда появится изображение стрелки. Чтобы выбрать другое исполнение, щелкните мышью в поле слайда.
9. Определите, где будет *Выход фрезы* – слева или справа от торца проектируемой ступени.
10. Задайте *Длину шлицев* (по умолчанию она принимается равной длине конструируемой ступени) и *Диаметр фрезы*.



11. Нажмите на панели инструментов кнопку **Перестроить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.



12. Нажмите кнопку **ОК**.

Для внешних прямобочных шлицев можно построить дополнительный элемент **Профиль шлицев**.

### Профиль внешних прямобочных шлицев

Чтобы построить профиль прямобочных шлицев, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* дополнительный элемент **Шлицы прямобочные**.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

3. В раскрывшемся меню выберите строку **Профиль шлицев** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно **Профиль внешних прямобоочных шлицев** (рис. 4.18).

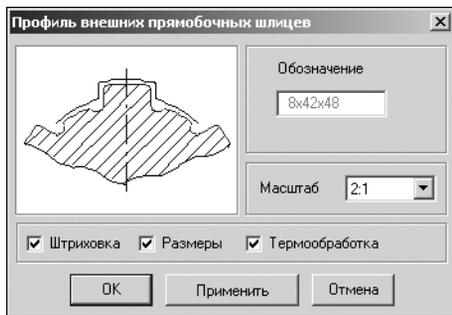


Рис. 4.18.

4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда **Масштаб** изображения профиля шлицев на чертеже.
5. Включите опции **Штриховка** и **Размеры**, чтобы показать эти атрибуты на изображении профиля.
6. Включите опцию **Термообработка**, чтобы обозначить на чертеже поверхность, которая будет подвергаться термообработке.
7. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.

8. Нажмите кнопку **ОК**.

### Шлицы эвольвентные

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели эвольвентные шлицы, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Вали и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шлицы**. Откроется дополнительное меню с различными типами шлицев.

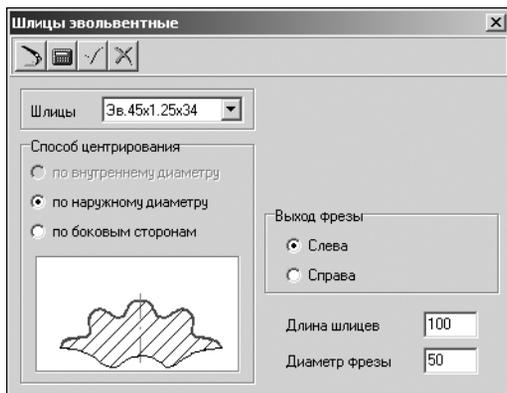


Рис. 4.19.

4. Укажите тип **Шлицы эвольвентные** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шлицев в соответствии с ГОСТ 6033-80 (рис. 4.19).
5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров прямобоочных шлицев (см. раздел «Шлицы прямобоочные» на с. 46). Исключение – не нужно указывать серию шлицев.



6. Нажмите на панели инструментов кнопку **Перестроить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.



7. Нажмите кнопку **ОК**.

Для внешних эвольвентных шлицев можно построить дополнительный элемент **Профиль шлицев**. Это делается так же, как для внешних прямобоочных шлицев (см. раздел «Профиль внешних прямобоочных шлицев» на с. 47).

## Шлицы треугольные

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели треугольные шлицы, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шлицы**. Откроется дополнительное меню с различными типами шлицев.
4. Укажите тип **Шлицы треугольные** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шлицев в соответствии с ОСТ 100092-73 (рис. 4.20).

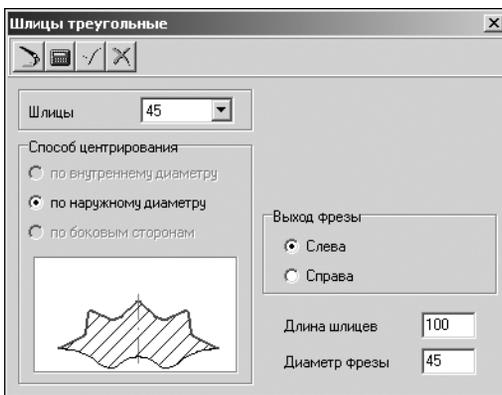


Рис. 4.20.

6. Нажмите на панели инструментов кнопку **Перестроить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

## Расчет шлицевого соединения

Вы можете рассчитать на прочность и износостойкость шлицы, которые являются элементом модели, созданной средствами системы *Валы и механические передачи 2D*. Расчет выполняется посредством специализированного модуля, являющегося частью системы *Валы и механические передачи 2D*, в соответствии с рекомендациями источников:

- ▼ ГОСТ 21425-75 «Соединения зубчатые (шлицевые) прямобоочные»;
- ▼ Решетов Д.Н. Детали машин. М.: – Машиностроение, 1989;
- ▼ Глухарев Е.Г., Зубарев Н.И. Зубчатые соединения. Справочник. Л.: – Машиностроение, 1983.



Расчету подлежат только шлицы, передающие крутящий момент от элемента механической передачи.

По результатам расчета формируется отчет в формате *FastReport*. Готовый отчет может быть распечатан, отредактирован, сохранен в файле формата *frf*.

1. Чтобы вызвать модуль расчета шлицевого соединения из диалогов, в которых задаются параметры шлицев, нажмите кнопку с изображением калькулятора. Откроется окно **Расчет шлицевого соединения** (рис. 4.21).

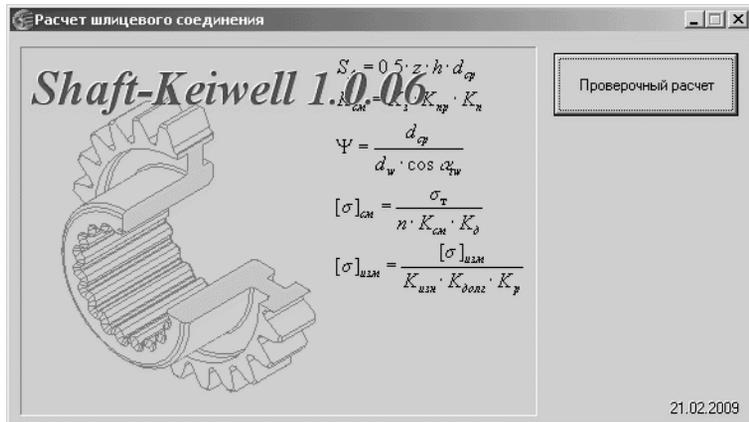


Рис. 4.21.

2. Чтобы приступить к вводу исходных данных, нажмите кнопку **Проверочный расчет**. Откроется окно, предназначенное для ввода данных (рис. 4.22). Оно содержит две вкладки.

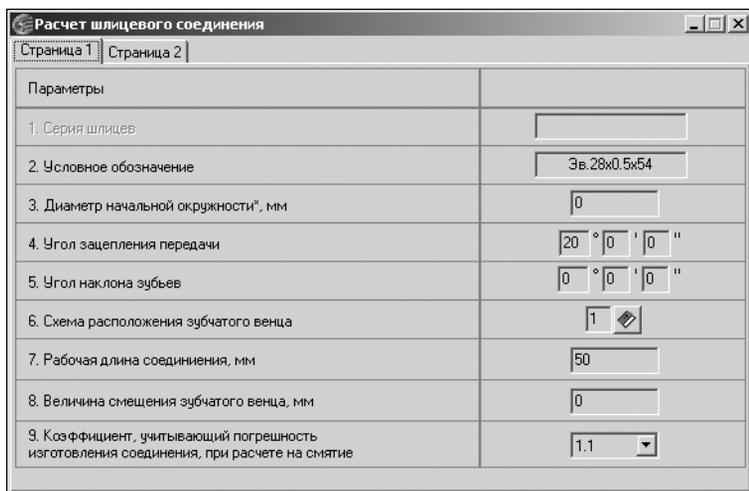


Рис. 4.22.

На вкладке **Страница 1** для рассматриваемых шлицев показаны:

- ▼ *Серия* (для прямоугольных шлицев);
- ▼ *Условное обозначение*;
- ▼ *Рабочая длина* шлицевого соединения.

Эти данные считываются из списка параметров модели, созданной средствами *Вали и механические передачи 2D*.

Если элемент механической передачи, нагружающий шлицы, сделан заодно с валом, в списке параметров для расчета будут указаны характеристики зубчатого зацепления:

- ▼ *Диаметр начальной окружности*;
- ▼ *Угол зацепления*;
- ▼ *Угол наклона зубьев*.

Если эти параметры отсутствуют, введите их вручную.



При расчете шлицев берется нагрузка от зубчатого колеса с внешними зубьями, расположенного ближе к правому краю модели, созданной средствами системы *Валы и механические передачи 2D*.

3. Выберите схему расположения зубчатого венца. Для этого нажмите кнопку с изображением книги, введите в открывшемся окне номер нужного варианта (рис. 4.23) и нажмите кнопку **Да**.

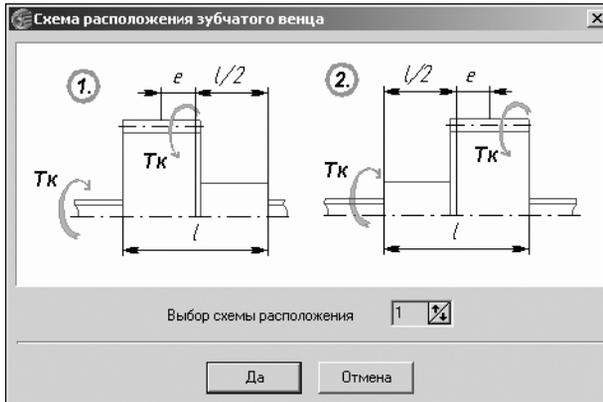


Рис. 4.23.

4. Введите *Величину смещения зубчатого венца*. На схеме эта величина обозначена буквой *e*.
5. Задайте *Коэффициент, учитывающий погрешность изготовления соединения* – выберите его из предлагаемого списка.
6. Для продолжения ввода данных и расчета раскройте вкладку **Страница 2** (рис. 4.24).

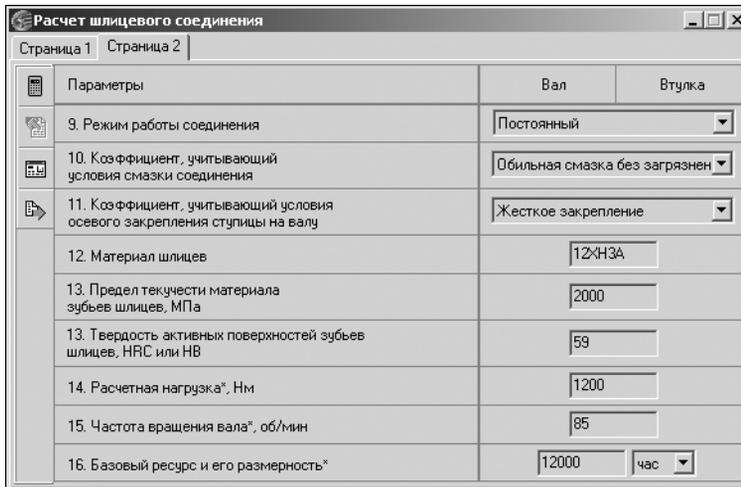


Рис. 4.24.

Панель инструментов, расположенная в левой части вкладки, содержит кнопки вызова команд управления расчетом (табл. 4.1).

Табл. 4.1. Команды управления расчетом шлицев

Команда	Назначение команды
<b>Расчет</b>	Запуск проверочного расчета шлицев с указанными параметрами.

Табл. 4.1. Команды управления расчетом шлицев

	Команда	Назначение команды
	<b>Просмотр результатов расчета</b>	Вывод на экран результатов расчета в виде отчета, выполненного в <i>FastReport</i> . Из окна отчета возможен вывод результатов на принтер.
	<b>Возврат в главное окно</b>	Переход к стартовому окну модуля.
	<b>Закончить расчеты</b>	Завершение работы модуля расчета шлицев.

7. Выберите из предлагаемых списков:

- ▼ *Режим работы соединения;*
- ▼ *Коэффициент, учитывающий условия смазки соединения;*
- ▼ *Коэффициент, учитывающий условия осевого закрепления ступицы зубчатого колеса на валу.*

8. Марка материала, из которого изготовлены шлицы, и его характеристики считываются из списка параметров модели, созданной в системе *Валы и механические передачи 2D*. Если данные параметры отсутствуют, введите их вручную.

9. Введите при помощи клавиатуры:

- ▼ *величину Расчетной нагрузки на шлицы;*
- ▼ *Частоту вращения вала;*
- ▼ *Базовый ресурс работы соединения.*

Базовый ресурс можно вводить в часах или в циклах. Укажите единицу измерения, выбрав ее из списка.



10. После ввода данных нажмите на панели инструментов кнопку **Расчет**.

При отсутствии значения какой-либо запрашиваемой величины расчет выполняться не будет. В этом случае потребуется ввести недостающие данные и вновь запустить расчет.

Если введенных данных достаточно для расчета, на экране появится окно **Отчет**. Оно предназначено для просмотра и редактирования отчета, сформированного в результате расчета шлицевого соединения.

Управление отчетом осуществляется при помощи кнопок, вынесенных на панель инструментов окна **Отчет** (табл. 4.2).

Табл. 4.2. Команды управления отчетом

	Команда	Назначение и описание команды
	<b>Редактировать отчет</b>	<p>Переход в режим редактирования отчета.</p> <p>После выбора этой кнопки или двойного щелчка мышью в поле отчета текущая страница готового отчета будет открыта в <i>FastReport</i>.</p> <p>Используя общие правила работы с Дизайнером отчетов, внесите изменения в документ.</p>
	<b>Сохранить отчет</b>	<p>Сохранение готового отчета в файле формата <i>*.frp (FastReport)</i>.</p> <p>Нажмите кнопку <b>Сохранить</b>. Откроется окно стандартного диалога Windows. В этом окне выберите формат, укажите имя файла и нажмите кнопку <b>Сохранить</b>.</p>
	<b>Открыть отчет</b>	<p>Открытие файла формата <i>*.frp</i>, содержащего отчет <i>FastReport</i>.</p> <p>Нажмите кнопку <b>Открыть</b>. На экране появится окно стандартного диалога Windows. Укажите файл с отчетом и нажмите кнопку <b>Открыть</b>.</p>
	<b>Печать</b>	Вывод готового отчета на печать.
	<b>Страница целиком</b>	Отображение страницы отчета во всю высоту окна просмотра.
	<b>По ширине страницы</b>	Отображение страницы отчета во всю ширину окна просмотра.
	<b>Страница 100%</b>	Отображение страницы отчета в окне просмотра в масштабе 1:1.
	<b>Перейти к первой странице</b>	Переход к первой странице отчета.
	<b>Перейти к предыдущей странице</b>	Переход к предыдущей странице отчета.
	<b>Перейти к следующей странице</b>	Переход к следующей странице отчета.
	<b>Перейти к последней странице</b>	Переход к последней странице отчета.
	<b>Масштаб</b>	<p>Ввод масштаба отображения отчета.</p> <p>Масштаб можно ввести при помощи клавиатуры или выбрать из предлагаемого списка.</p>

#### 4.1.4. Шпоночные пазы

На цилиндрической ступени внешнего контура модели, построенной в системе *Валы и механические передачи 2D*, могут быть построены шпоночные пазы:

- ▼ Под призматическую шпонку;
- ▼ Под призматическую высокую шпонку;
- ▼ Под сегментную шпонку (передача крутящего момента);
- ▼ Под сегментную шпонку (фиксация элементов).

##### Шпоночный паз под призматическую шпонку

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели, созданной в системе *Валы и механические передачи 2D*, шпоночный паз под призматическую шпонку, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внешнего контура.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шпоночные пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами пазов.
4. Укажите тип паза **Под призматическую шпонку ГОСТ 23360-78** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шпонки и шпоночного паза (рис. 4.25).

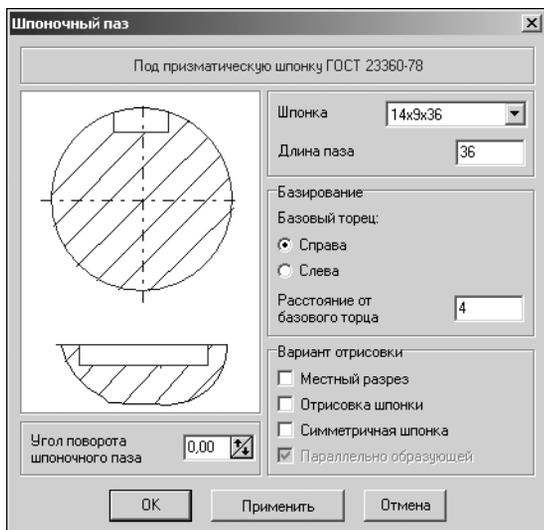


Рис. 4.25.

5. В поле **Шпонка** автоматически указываются стандартные размеры шпонки, которая подобрана, исходя из диаметра активной ступени модели. Вы можете выбрать другую шпонку из предлагаемого списка.
6. Введите значение в поле **Длина паза**.
7. Определите торец ступени, относительно которого будет базироваться шпонка.
8. Задайте расстояние от базового торца до шпоночного паза.
9. В группе **Вариант отрисовки** выберите способы отрисовки шпоночного паза и шпонки на чертеже. Для этого включите опции:

▼ **Местный разрез** – для отображения местного разреза модели по шпоному пазу;

- ▼ **Отрисовка шпонки** – для отображения шпонки;
- ▼ **Симметричная шпонка** – для построения второй шпонки, симметричной первой относительно оси вала.

10. При необходимости задайте *Угол поворота шпоночного паза* – введите значение в поле под слайдом.
11. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
12. Нажмите кнопку **ОК**.

Для шпоночного паза под призматическую шпонку можно построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**.

### Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку

Чтобы построить профиль шпоночного паза под призматическую шпонку, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* дополнительный элемент **Шпоночный паз** под призматическую шпонку.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В раскрывшемся меню выберите строку **Профиль шпоночного паза** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно **Профиль шпоночного паза на валу** (рис. 4.26).

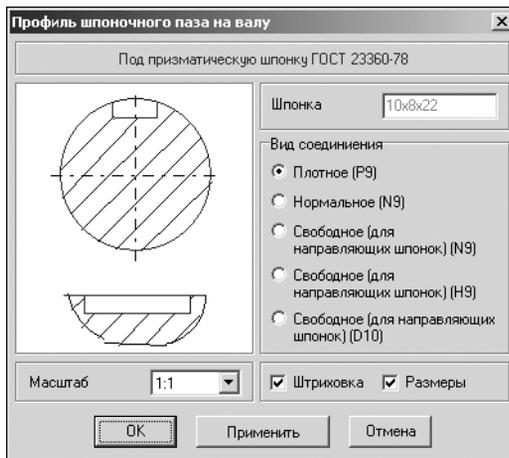


Рис. 4.26.

4. Укажите *Вид соединения* – выберите нужный вариант в группе **Вид соединения**.
5. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля шпоночного паза на чертеже.
6. Включите опции **Штриховка** и **Размеры**, чтобы показать эти атрибуты на изображении профиля.
7. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
8. Нажмите кнопку **ОК**.

### Шпоночный паз под призматическую высокую шпонку

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели шпоночный паз под призматическую высокую шпонку, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шпоночные пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами пазов.



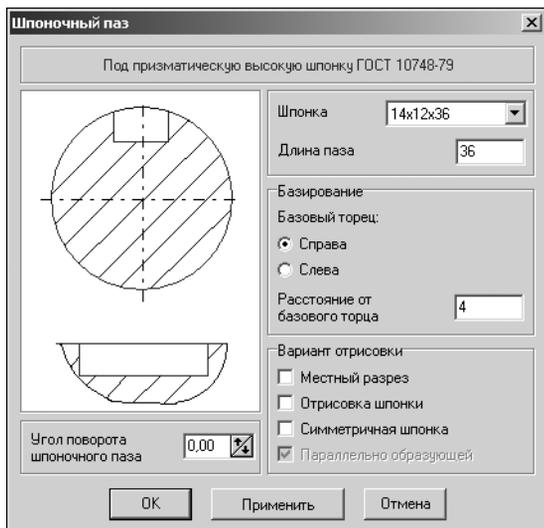


Рис. 4.27.

Для шпоночного паза под призматическую высокую шпонку можно построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**. Это делается так же, как для шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку» на с. 55).

### Шпоночный паз под сегментную шпонку (передача крутящего момента)

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели шпоночный паз под сегментную шпонку, предназначенную для передачи крутящего момента, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шпоночные пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами пазов.



4. Укажите тип паза **Под призматическую высокую шпонку ГОСТ 10748-79** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шпонки и шпоночного паза (рис. 4.27).
5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Шпоночный паз под призматическую шпонку» на с. 54).
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

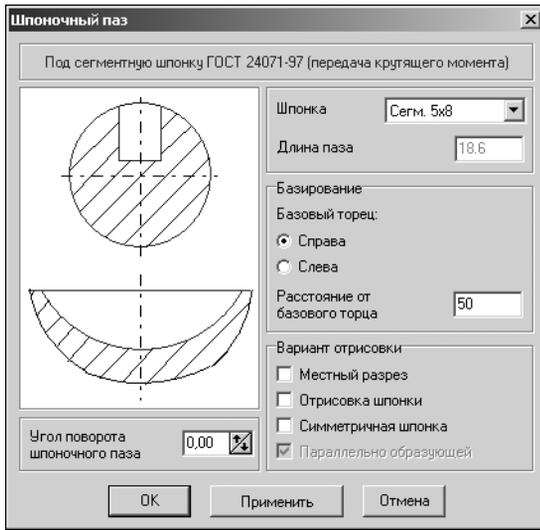


Рис. 4.28.

Для шпоночного паза под сегментную шпонку можно построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**. Это делается так же, как для шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку» на с. 55).

### Шпоночный паз под сегментную шпонку (фиксация элементов)

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели шпоночный паз под сегментную шпонку, предназначенную для фиксации элементов, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шпоночные пазы**. Откроется меню с различными типами пазов.
4. Укажите тип паза **Под сегментную шпонку ГОСТ 24071-97 (фиксация элементов)** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шпонки и шпоночного паза (рис. 4.29).



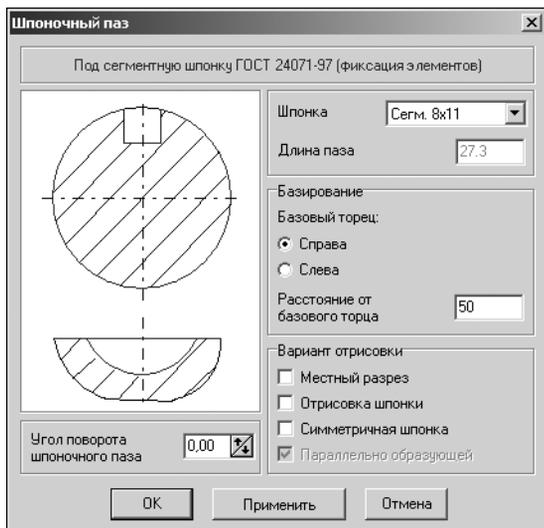


Рис. 4.29.

Для шпоночного паза под сегментную шпонку можно построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**. Это делается так же, как для шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку» на с. 55).

#### 4.1.5. Подшипники

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели подшипник, выполните следующие действия.

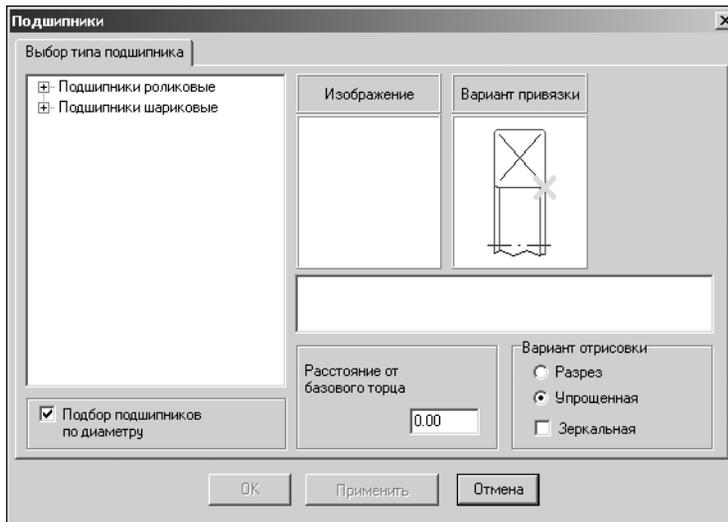
1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

В развернувшемся меню дополнительных элементов выберите команду **Подшипники**. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.30). В левой части вкладки **Выбор типа подшипника** находится список подшипников, имеющихся в базе данных системы. Он оформлен в виде классификатора. Разделы классификатора с пустым составом имеют слева от обозначения значки «+» или «-». Знак «-» означает, что категории, расположенные ниже со смещением вправо, входят в этот раздел. Знак «+» показывает, что состав раздела скрыт, и для того чтобы его увидеть, необходимо щелкнуть мышью на знаке «+».

5. Задайте требуемые характеристики. Порядок их ввода аналогичен порядку определения параметров шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Шпоночный паз под призматическую шпонку» на с. 54). Исключение – не нужно указывать длину паза.
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.



Например, раздел классификатора подшипников *Подшипники роликовые* включает в себя ряд стандартов, каждый из которых содержит несколько типов подшипников.

Рис. 4.30.

3. Укажите в классификаторе ГОСТ и тип подшипника. В области **Изображение** появится соответствующая иллюстрация. Ниже будет приведено наименование подшипника. В окне **Подшипники** появится вкладка **Выбор подшипника**.
4. В области **Вариант привязки** выберите способ привязки подшипника к валу. Для этого щелкните по слайду правой (или два раза левой) клавишей мыши. На экране появится развернутое меню вариантов привязки (рис. 4.31). Перемещая курсор, выберите нужный вид и щелкните по нему мышью.

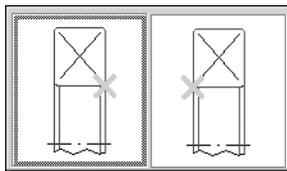


Рис. 4.31.

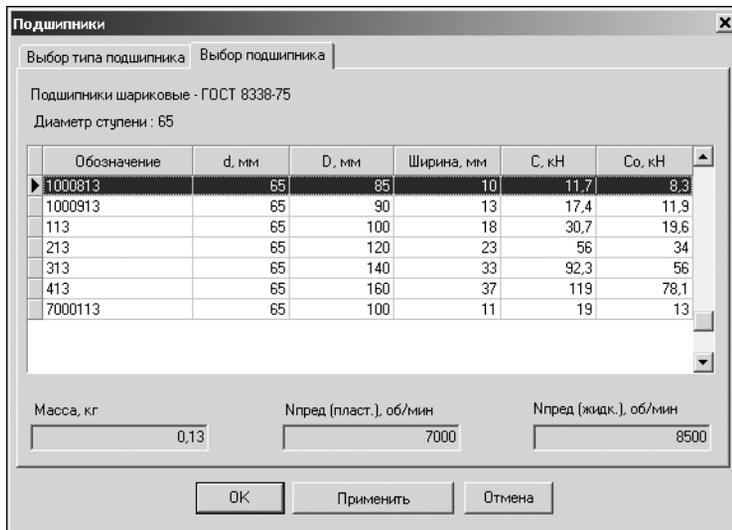
5. Вы можете подобрать для модели подшипники с внутренним диаметром, превышающим диаметр активной ступени. Для этого отключите опцию **Подбор подшипников по диаметру**.
6. Задайте *Расстояние от базового торца ступени до точки привязки подшипника*.

7. Определите способ отрисовки подшипника на чертеже. Для этого выберите один из вариантов в группе **Вариант отрисовки**.
8. Включите опцию **Зеркальная**, чтобы получить зеркальное изображение подшипника. При включении или выключении этой опции происходит смена иллюстрации в области **Изображение**.
9. Чтобы выбрать конкретный подшипник указанного типа, раскройте вкладку **Выбор подшипника** (рис. 4.32) и укажите подшипник, который должен быть установлен на активную ступень модели.

В верхней части вкладки показано наименование стандарта, из которого будет выбран подшипник, и диаметр активной ступени модели. Для каждого подшипника приводятся:

- ▼ обозначение;
- ▼ внутренний диаметр  $d$ ;
- ▼ наружный диаметр  $D$ ;

- ▼ ширина;
- ▼ динамическая грузоподъемность **C**;
- ▼ статическая грузоподъемность **Co**.



В нижней части вкладки для указанного подшипника отображается справочная информация о его массе, предельных оборотах при использовании пластического смазочного материала **Nпред (пласт.)** и о предельных оборотах при использовании жидкого смазочного материала **Nпред (жидк.)**.

Рис. 4.32.

10. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы, не закрывая окно ввода параметров, увидеть расположение подшипника.
11. Нажмите кнопку **OK**.

#### 4.1.6. Кольцевые пазы

При помощи системы *Вали и механические передачи 2D* вы можете построить кольцевые пазы двух типов:

- ▼ **Тип 1;**
- ▼ **Тип 2.**

##### Кольцевой паз. Тип 1

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели кольцевой паз первого типа, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Вали и механические передачи 2D* ту ступень, на которой должен быть построен кольцевой паз.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Кольцевые пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами кольцевых пазов.
4. Укажите последовательно строки **Кольцевой паз – Тип 1**. Щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно **Кольцевой паз, тип 1** (рис. 4.33).



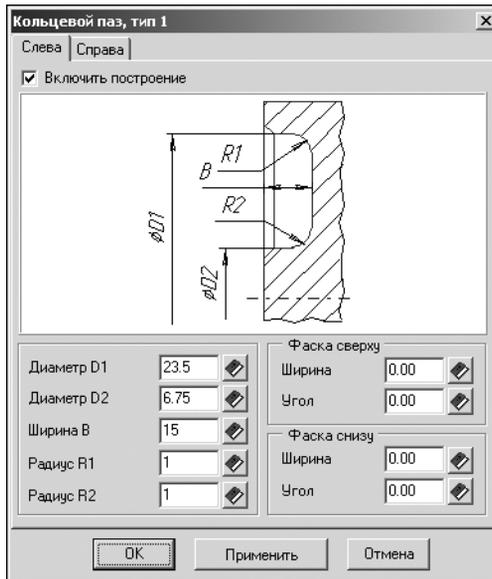


Рис. 4.33.

5. На вкладках **Слева** и **Справа** задайте параметры, необходимые для построения пазов. При вводе значений пользуйтесь приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32. Система предложит вам размеры паза, автоматически подобранные к диаметру активной ступени. Эти значения можно скорректировать.
  6. Вы можете построить симметричные пазы с левой и правой стороны ступени. Чтобы задать одинаковые значения параметров пазов, подведите курсор к области ввода значения диаметра, ширины или радиуса и щелкните правой клавишей мыши. В открывшемся меню выберите нужную строку:
    - ▼ *Так же, как слева* – в текущее поле будет занесено такое же значение, какое установлено для противоположного паза;
  - ▼ *Все размеры как слева* – во все поля (кроме параметров фасок) будут занесены такие же значения, какие установлены для противоположного паза;
  - ▼ *Снять с чертежа* – в текущее поле будет занесено значение диаметра, который вы сможете указать на чертеже, выбрав точку, принадлежащую этому диаметру.
7. Задайте параметры верхней и нижней фасок.
  8. Если вы не хотите, чтобы проектируемый кольцевой паз отображался на модели, выключите опцию **Включить построение**. В этом случае нельзя будет редактировать параметры паза.
  9. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не выходя из диалога.
  10. Нажмите кнопку **ОК**.

### Кольцевой паз. Тип 2

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели кольцевой паз второго типа, выполните следующие действия.



1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* ту ступень, на которой должен быть построен кольцевой паз.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Кольцевые пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами кольцевых пазов.
4. Укажите последовательно строки **Кольцевой паз – Тип 2**. Щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно **Кольцевой паз, тип 2** (рис. 4.34).

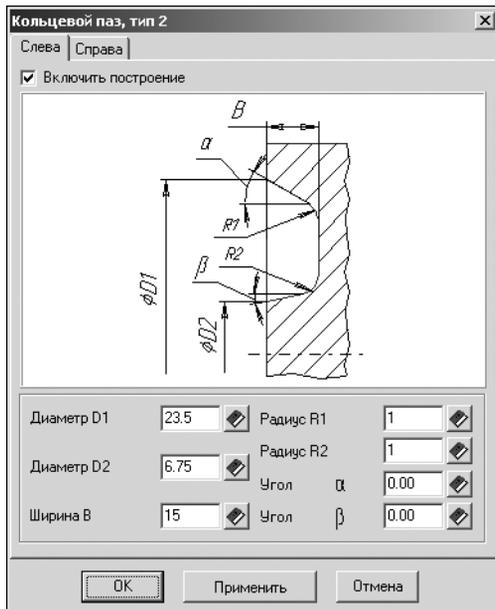


Рис. 4.34.

5. На вкладках **Слева** и **Справа** задайте параметры, необходимые для построения пазов. При вводе значений пользуйтесь приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32. Система предложит вам значения параметров паза, автоматически подобранные к диаметру активной ступени. Эти значения можно скорректировать.
6. Вы можете построить симметричные пазы с левой и правой стороны ступени. Чтобы задать одинаковые значения параметров пазов, подведите курсор к области ввода значения диаметра, ширины или радиуса и щелкните правой клавишей мыши. В открывшемся меню выберите нужную строку:
  - ▼ *Так же, как слева* – в текущее поле будет занесено такое же значение, какое установлено для противоположного паза;
7. Задайте радиусы скругления ребер и углы наклона граней паза.
8. Если вы не хотите, чтобы проектируемый паз отображался на модели, выключите опцию **Включить построение**. В этом случае нельзя будет редактировать параметры паза.
9. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не выходя из диалогов.
10. Нажмите кнопку **ОК**.

#### 4.1.7. Лыска

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели лыску, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* цилиндрическую ступень внешнего контура.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В развернувшемся меню дополнительных элементов выберите команду **Лыска**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров лыски (рис. 4.35). В левой области окна показан вид лыски по умолчанию. Чтобы выбрать другой вид, щелкните по слайду правой (или два раза левой) клавишей мыши.



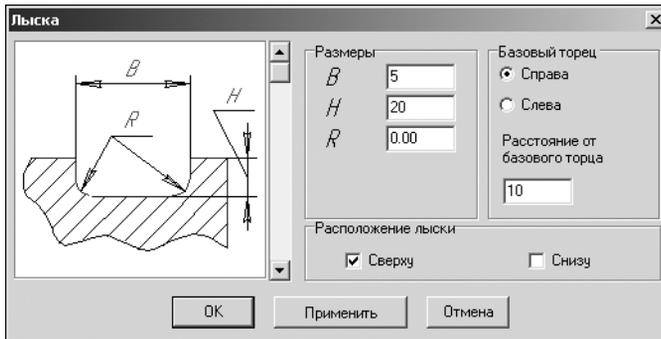


Рис. 4.35.

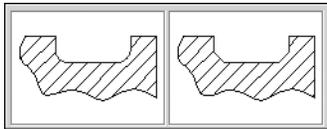


Рис. 4.36.

4. В открывшемся меню видов лысок (рис. 4.36) выберите нужный вид и щелкните по нему мышью. Вы можете выбрать вид лыски, пролистывая слайды в окне **Лыска** с помощью линейки прокрутки.
5. Задайте *Размеры* лыски в соответствии с обозначениями параметров, приведенными на слайде.
6. Определите торец ступени, относительно которого будет базироваться лыска.
7. Задайте расстояние от базового торца до лыски.
8. Укажите, в какой части конструируемой ступени будет находиться лыска – в верхней или в нижней. Для этого включите одну из опций в группе **Расположение лыски**.
9. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
10. Нажмите кнопку **ОК**.

#### 4.1.8. Кольцевые отверстия

Чтобы построить на цилиндрической шестерне кольцевые отверстия, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D* ту ступень, на которой нужно построить кольцевые отверстия.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

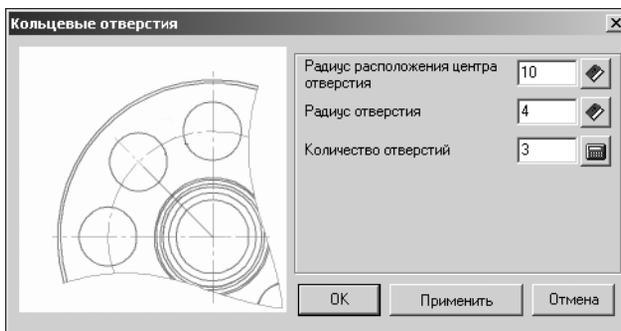


Рис. 4.37.

3. В раскрывшемся списке выберите команду **Кольцевые отверстия**. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.37).
4. Задайте радиус окружности, на которой будут располагаться центры отверстий.
5. Задайте радиус отверстий.

6. Задайте количество отверстий.



Нажмите кнопку с изображением калькулятора, чтобы рассчитать максимально возможное количество отверстий.

7. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
8. Нажмите кнопку **ОК**.

## 4.2. Коническая ступень

Чтобы в модели, создаваемой средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, построить коническую ступень внешнего контура, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Коническая ступень**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внешнего контура. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.38).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемой ступени (см. табл. 3.2 на стр. 34).

2. Выберите *Вариант ввода данных* для построения ступени. В зависимости от этого варианта станут доступными те или иные поля ввода параметров.
3. Введите значения параметров ступени.

Рис. 4.38.

4. При необходимости с помощью групп команд **Справа** и **Слева** задайте для каждого конца ступени *Ширину* и *Угол фаски*. При вводе значений пользуйтесь приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.



5. Нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

На конической ступени внешнего контура можно построить следующие дополнительные элементы:

- ▼ **Кольцевые пазы;**
- ▼ **Шпоночные пазы;**
- ▼ **Кольцевые отверстия.**

Общий порядок построения дополнительных элементов описан в разделе 3.3 на с. 32.

### 4.2.1. Кольцевые пазы

На конической ступени внешнего контура модели, создаваемой средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, могут быть построены кольцевые пазы **Типа 1** и **Типа 2**.

Порядок ввода параметров кольцевых пазов на конической и на цилиндрической ступенях модели совпадают (см. раздел 4.1.6 на с. 60). Отличие – перед вызовом списка дополнительных элементов необходимо выделить коническую ступень модели.

### 4.2.2. Шпоночные пазы

На конической ступени внешнего контура модели, создаваемой средствами *Валы и механические передачи 2D*, могут быть построены шпоночные пазы:

▼ **Под призматическую шпонку;**

▼ **Под призматическую высокую шпонку.**

Порядок ввода параметров шпоночных пазов под призматическую и под призматическую высокую шпонку на конической и на цилиндрической ступенях модели совпадают (см. раздел 4.1.4 на с. 54). Отличия:

▼ перед вызовом списка дополнительных элементов необходимо выделить коническую ступень модели;

▼ в группе **Вариант отрисовки** доступна опция **Параллельно образующей**; ее активация позволит расположить шпоночный паз параллельно образующей конуса.

Для обоих типов пазов можно построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**. Порядок ввода параметров этого элемента на конической и на цилиндрической ступенях модели совпадают и являются аналогом порядка, описанного в разделе «Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку» на с. 55.

### 4.2.3. Кольцевые отверстия

На конической ступени внешнего контура модели, создаваемой средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, могут быть построены кольцевые отверстия.

Порядок ввода параметров кольцевых отверстия на конической и на цилиндрической ступенях модели совпадают (см. раздел 4.1.8 на с. 63). Отличие – перед вызовом списка дополнительных элементов необходимо выделить коническую ступень модели.

## 4.3. Шестигранник

Чтобы построить шестигранную ступень внешнего контура на модели, создаваемой средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Шестигранник**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внешнего контура. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.39).

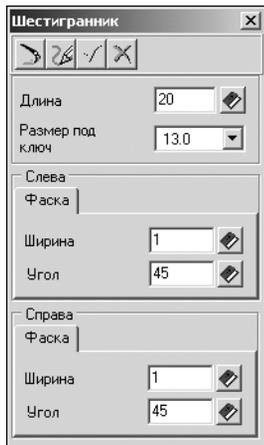


Рис. 4.39.

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемой ступени (см. табл. 3.2 на стр. 34).

2. Задайте *Длину ступени* и *Размер под ключ*.
3. При необходимости с помощью групп команд **Справа** и **Слева** задайте для каждого конца ступени *Ширину* и *Угол фаски*.

При вводе значений пользуйтесь приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.



4. После ввода параметров нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

## 4.4. Квадрат

Чтобы построить квадратную ступень внешнего контура на модели, создаваемой средствами *Валы и механические передачи 2D*, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Квадрат**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внешнего контура. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.40).

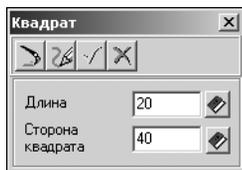


Рис. 4.40.

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемой ступени (см. табл. 3.2 на стр. 34).

2. Задайте *Длину ступени* и размер *Стороны квадрата*.

При вводе значений пользуйтесь приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.



3. После ввода параметров нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

## 4.5. Сфера

Чтобы построить сферическую ступень внешнего контура на модели, создаваемой средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Сфера**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внешнего контура. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.41).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемой ступени (см. табл. 3.2 на стр. 34).

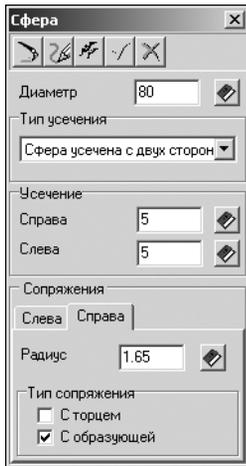


Рис. 4.41.

2. Введите *Диаметр* сферы.
3. Выберите *Тип усечения* сферы из предлагаемого списка. Если сфера будет усекается, укажите длину стрелы сегмента каждой усекаемой части.
4. Задайте параметры сопряжения сферы и соседних с ней ступеней. На вкладках **Справа** и **Слева** укажите:
  - ▼ величину *Радиуса* дуги сопряжения со смежной ступенью;
  - ▼ тип сопряжения со смежной ступенью.
 При вводе значений пользуйтесь приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.



Радиус дуги сопряжения обязательно должен быть больше нуля. Иначе система автоматически подберет радиус из стандартного ряда.

При вводе недопустимого радиуса сопряжения значение в поле **Радиус** будет выделено красным цветом. Построение будет невозможно до изменения значения параметра.



5. После ввода параметров нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

## 4.6. Элементы механических передач

В системе *Валы и механические передачи 2D* можно спроектировать следующие элементы механических передач:

- ▼ **Шестерня цилиндрической зубчатой передачи** (см. раздел 4.6.1 на с. 68);
- ▼ **Шестерня конической передачи с круговыми зубьями** (см. раздел 4.6.2 на с. 71);
- ▼ **Шестерня конической передачи с прямыми зубьями** (см. раздел 4.6.3 на с. 73);
- ▼ **Червяк цилиндрической червячной передачи** (см. раздел 4.6.4 на с. 75);
- ▼ **Червячное колесо цилиндрической червячной передачи** (см. раздел 4.6.5 на с. 76);
- ▼ **Звездочка цепной передачи с роликовой цепью** (см. раздел 4.6.6 на с. 77);
- ▼ **Шкив клиноременной передачи** (см. раздел 4.6.7 на с. 79);
- ▼ **Шкив зубчатоременной передачи** (см. раздел 4.6.8 на с. 81).



Если во время проведения расчета промежуточные результаты высвечиваются красным цветом, значит их значения не соответствуют заданным системным параметрам. В таких случаях необходимо проверить правильность исходных данных.

Для элементов механических передач могут быть построены дополнительные элементы. Общий порядок построения дополнительных элементов описан в разделе 3.3 на с. 32.

### 4.6.1. Шестерня цилиндрической зубчатой передачи

Чтобы построить шестерню цилиндрической зубчатой передачи, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Элементы механических передач внешнего контура**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.
2. В раскрывшемся дополнительном меню со списком элементов механических передач выберите команду **Шестерня цилиндрической зубчатой передачи**. Откроется окно, в котором нужно задать параметры для расчета (рис. 4.42).



Рис. 4.42.

3. Выберите тип рассчитываемой передачи: внешнего или внутреннего зацепления.
4. Задайте параметры фасок и галтелей.
5. Если должна иметь место затыловка зубьев, раскройте вкладку **Затыловка**. Если вы хотите видеть на чертеже упрощенное изображение данного конструктивного элемента, включите опцию **Упрощенное изображение**.
6. Нажмите кнопку **Запуск расчета**. Откроется окно модуля расчетов механических передач *КОМПАС-GEARS*. Подробная информация о порядке выполнения расчета – в разделах «Цилиндрическая зубчатая передача внешнего зацепления» на с. 110 и «Цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления» на с. 119.

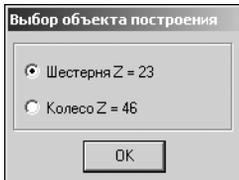


Рис. 4.43.

7. Если выполнялся расчет передачи внешнего зацепления, после выполнения расчетов откроется окно, в котором предлагается выбрать для дальнейшей работы одно из зубчатых колес передачи (рис. 4.43). Выберите объект построения и нажмите кнопку **ОК**. Основные параметры выбранного зубчатого колеса будут показаны в качестве справочных данных в левой верхней части окна **Цилиндрическая шестерня с внешними зубьями** (см. рис. 4.42).

8. Включите опцию **Размеры**, чтобы отобразить размеры шестерни на чертеже.
9. При необходимости скорректируйте характеристику точности изготовления шестерни – измените значение в поле **Квалитет**.



10. Чтобы построить выбранное зубчатое колесо, нажмите кнопку **ОК**.
11. Чтобы построить второе зубчатое колесо рассчитанной передачи внешнего зацепления:

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34).

Если расчет выполняется в первый раз, поля, содержащие параметры шестерни, неактивны и содержат нулевые значения.

- ▼ выберите шестерню в дереве ступеней и элементов модели;
- ▼ двойным щелчком мыши по пиктограмме ступени откройте окно **Цилиндрическая шестерня с внешними зубьями** (см. рис. 4.42);
- ▼ нажмите кнопку **Выбор объекта построения**;
- ▼ выберите объект построения в открывшемся окне (см. рис. 4.43).



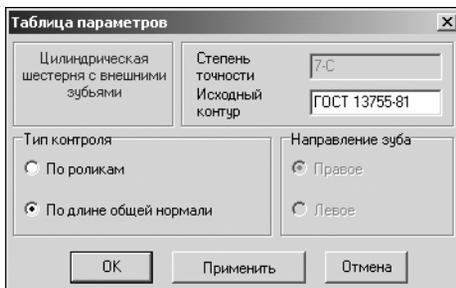
Для цилиндрической шестерни с внешними зубьями можно построить следующие дополнительные элементы:

- ▼ **Таблица параметров**;
- ▼ **Профиль зубьев**;
- ▼ **Полный профиль шестерни**;
- ▼ **Кольцевые пазы**<sup>1</sup>;
- ▼ **Профиль затыловки**;
- ▼ **Кольцевые отверстия**<sup>2</sup>.

### Таблица параметров цилиндрической шестерни с внешними зубьями

Чтобы построить таблицу параметров шестерни, выполните следующие действия.

1. Выделите шестерню в дереве ступеней и элементов модели.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.



3. В раскрывшемся списке выберите команду **Таблица параметров**. Откроется окно, в котором необходимо ввести информацию для создания таблицы параметров цилиндрической шестерни с внешними зубьями (рис. 4.44).

В окне указан тип шестерни (цилиндрическая шестерня с внешними зубьями), степень точности, заданная при расчете, и вид исходного контура.

Рис. 4.44.

4. При необходимости скорректируйте данные об исходном контуре шестерни.
5. В группе **Тип контроля** укажите способ контроля профиля зубьев, выбрав один из предлагаемых вариантов.
6. Для косозубой шестерни задайте *Направление зуба* – правое или левое.
7. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы построить таблицу, не закрывая окно **Таблица параметров**.
8. Чтобы создать таблицу, нажмите кнопку **ОК**.

1. Порядок ввода параметров кольцевых пазов совпадает с порядком ввода параметров кольцевых пазов на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.6 на с. 60).
2. Порядок ввода параметров кольцевых отверстий совпадает с порядком ввода параметров кольцевых отверстий на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.8 на с. 63).

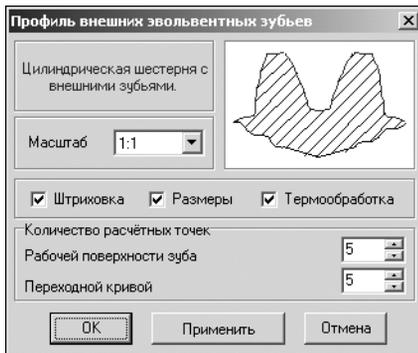
## Профиль зубьев

Чтобы построить профиль зубьев шестерни, выполните следующие действия.

1. Выделите шестерню в дереве ступеней и элементов системы *Валы и механические передачи 2D*.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В раскрывшемся списке выберите команду **Профиль зубьев**. Откроется окно **Профиль внешних эвольвентных зубьев** (рис. 4.45).



4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля зубьев на чертеже.
5. Включите опции **Штриховка** и **Размеры**, чтобы показать эти атрибуты на изображении профиля.
6. Включите опцию **Термообработка**, чтобы получить на чертеже обозначение поверхности, которая будет подвергаться термообработке.
7. Задайте *Количество расчетных точек* на рабочей поверхности зуба и на переходной кривой. Эти параметры будут влиять на точность отрисовки линии эвольвенты при построении профиля зуба в чертеже.

Рис. 4.45.

Чем больше размер зуба, тем большее количество точек необходимо задать, чтобы построить плавную линию профиля зуба.

8. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно **Профиль внешних эвольвентных зубьев**.
9. Нажмите кнопку **ОК**.

## Полный профиль шестерни

Чтобы построить полный профиль шестерни, выполните следующие действия.

1. Выделите шестерню в дереве ступеней и элементов.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В раскрывшемся списке выберите команду **Полный профиль зубьев**. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.46).



4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля на чертеже.
5. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно **Полный профиль шестерни**.
6. Нажмите кнопку **ОК**.

Рис. 4.46.

## Профиль затыловки

Чтобы построить профиль затыловки зубьев шестерни, выполните следующие действия.

1. Выделите шестерню в дереве ступеней и элементов.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В раскрывшемся списке выберите команду **Профиль затыловки**. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.47).

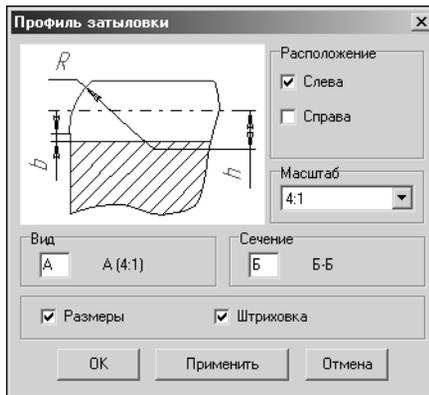


Рис. 4.47.

В группе **Расположение** флажком отмечен вариант расположения затыловки, который был задан при вводе параметров шестерни.

На слайде показано, как будет выглядеть изображение профиля затыловки на чертеже. При этом отображается не расположение, а вариант отрисовки затыловки – полный или упрощенный.

Если затыловка выполняется и слева, и справа, на слайде будет показано изображение, соответствующее расположению, отмеченному в группе **Расположение**.

4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля затыловки на чертеже.
5. Введите буквы для обозначения на чертеже вида и сечения, на которых будет показана затыловка.
6. Включите опции **Размеры** и **Штриховка**, чтобы показать эти атрибуты на изображении профиля.
7. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
8. Нажмите кнопку **ОК**.



Профиль затыловки появится в списке дополнительных элементов только в том случае, если при проектировании цилиндрической шестерни средствами системы *Валы и механические передачи 2D* было указано, что зубья имеют затыловку.

### 4.6.2. Шестерня конической передачи с прямыми зубьями

Чтобы построить шестерню конической передачи с прямыми зубьями, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Элементы механических передач внешнего контура**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.

- В раскрывшемся дополнительном меню со списком элементов механических передач выберите команду **Шестерня конической передачи с прямыми зубьями**. Откроется окно, в котором нужно задать параметры для расчета (рис. 4.48).

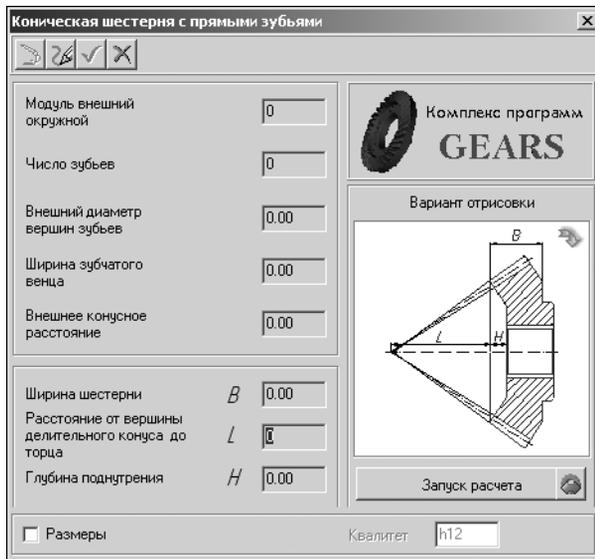


Рис. 4.48.

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34).

Если расчет выполняется в первый раз, поля параметров шестерни неактивны и содержат нулевые значения.

В правой нижней области окна **Коническая шестерня с прямыми зубьями** показан вариант ориентации шестерни на валу. Чтобы выбрать другую ориентацию шестерни, щелкните по слайду правой клавишей мыши. Появится развернутое меню вариантов. Выберите нужный вид щелчком мыши.

- Нажмите кнопку **Запуск расчета**. Откроется окно модуля расчетов механических передач *КОМПАС-GEARS*. Подробная информация о порядке выполнения расчета – в разделе «Коническая передача с прямыми зубьями» на с. 131.

- После выполнения расчетов откроется окно, в котором предлагается выбрать для дальнейшей работы одно из зубчатых колес передачи (см. рис. 4.43 на с. 68). Выберите объект построения и нажмите кнопку **ОК**. Основные параметры выбранного зубчатого колеса будут показаны в качестве справочных данных в левой верхней части окна **Коническая шестерня с прямыми зубьями** (см. рис. 4.48). Для редактирования будут доступны значения параметров:

- ▼ *Ширина шестерни;*
- ▼ *Глубина поднутрения.*

- Включите опцию **Размеры**, чтобы отобразить размеры шестерни на чертеже.
- При необходимости скорректируйте характеристику точности изготовления шестерни – измените значение в поле **Квалитет**.



- Чтобы построить выбранное зубчатое колесо, нажмите кнопку **ОК**.

- Чтобы построить второе зубчатое колесо рассчитанной передачи:

- ▼ выберите шестерню в дереве ступеней и элементов модели;
- ▼ двойным щелчком мыши по пиктограмме ступени откройте окно **Коническая шестерня с прямыми зубьями** (см. рис. 4.48);



- ▼ нажмите кнопку **Выбор объекта построения**;
- ▼ выберите объект построения в открывшемся окне (см. рис. 4.43 на с. 68).

Для шестерни конической передачи с прямыми зубьями вы можете построить следующие дополнительные элементы:

- ▼ **Таблица параметров;**
- ▼ **Кольцевые пазы**<sup>3</sup>;
- ▼ **Кольцевые отверстия**<sup>4</sup>.

### Таблица параметров конической шестерни с прямыми зубьями

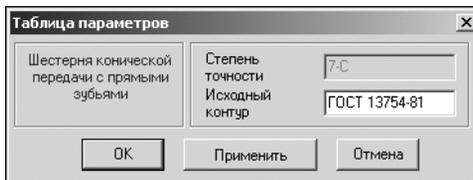
Чтобы построить таблицу параметров шестерни, выполните следующие действия.

1. Выделите шестерню в дереве ступеней и элементов.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

3. В раскрывшемся списке выберите команду **Таблица параметров**. Откроется одноименное командное окно (рис. 4.49).



В окне указан тип шестерни (шестерня конической передачи с прямыми зубьями), степень точности, заданная при расчете, и вид исходного контура.

4. При необходимости скорректируйте данные об исходном контуре шестерни.

Рис. 4.49.

5. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы построить таблицу, не закрывая окно **Таблица параметров**.
6. Чтобы создать таблицу, нажмите кнопку **ОК**.

### 4.6.3. Шестерня конической передачи с круговыми зубьями

Чтобы построить шестерню конической передачи с круговыми зубьями, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Элементы механических передач внешнего контура**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.

2. В раскрывшемся дополнительном меню со списком элементов механических передач выберите команду **Шестерня конической передачи с круговыми зубьями**. Откроется окно, в котором нужно задать параметры для расчета (рис. 4.50). В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34).

Если расчет выполняется в первый раз, поля, содержащие параметры шестерни, неактивны и содержат нулевые значения.

3. Порядок ввода параметров кольцевых пазов аналогичен порядку ввода параметров кольцевых пазов на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.6 на с. 60).
4. Порядок ввода параметров кольцевых отверстий аналогичен порядку ввода параметров кольцевых отверстий на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.8 на с. 63).

В правой нижней области окна показан вариант ориентации шестерни на валу. Чтобы выбрать другую ориентацию шестерни, щелкните по слайду правой клавишей мыши. На экране появится развернутое меню вариантов. Щелчком мыши укажите нужный вид.

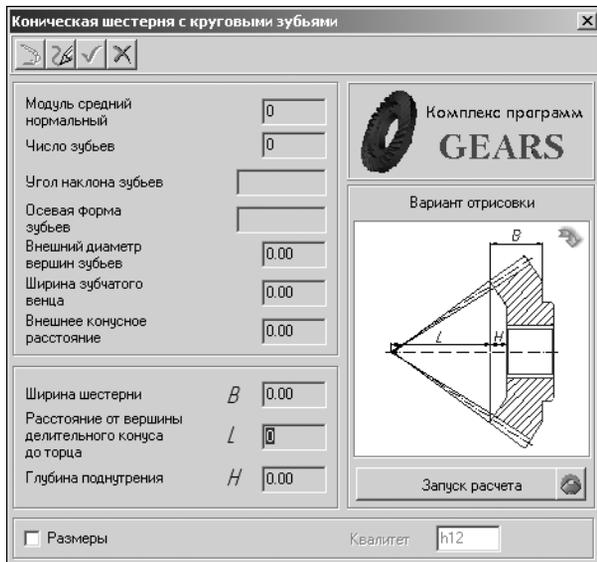


Рис. 4.50.

Для редактирования будут доступны значения параметров:

- ▼ *Ширина шестерни;*
- ▼ *Глубина поднутрения.*

5. Включите опцию **Размеры**, чтобы отобразить размеры шестерни на чертеже.
6. При необходимости скорректируйте характеристику точности изготовления шестерни – измените значение в поле **Квалитет**.



7. Чтобы построить выбранное зубчатое колесо, нажмите кнопку **ОК**.

8. Чтобы построить второе зубчатое колесо рассчитанной передачи:

- ▼ выберите шестерню в дереве ступеней и элементов модели;
- ▼ двойным щелчком мыши по пиктограмме ступени откройте окно **Коническая шестерня с круговыми зубьями** (см. рис. 4.50 на с. 74);
- ▼ нажмите кнопку **Выбор объекта построения**;
- ▼ выберите объект построения в открывшемся окне (см. рис. 4.43 на с. 68).



Для шестерни конической передачи с круговыми зубьями можно построить следующие дополнительные элементы:

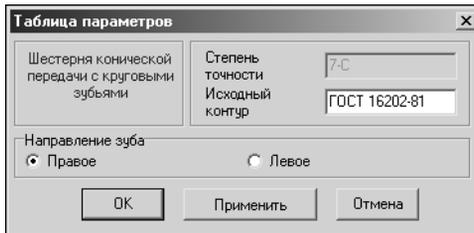
- ▼ **Таблица параметров;**
- ▼ **Кольцевые пазы**<sup>5</sup>;
- ▼ **Кольцевые отверстия**<sup>6</sup>.

5. Порядок ввода параметров кольцевых пазов аналогичен порядку ввода параметров кольцевых пазов на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.6 на с. 60).

## Таблица параметров конической шестерни с круговыми зубьями

Чтобы построить таблицу параметров шестерни, выполните следующие действия.

1. Выделите шестерню в дереве ступеней и элементов модели.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В раскрывшемся списке выберите команду **Таблица параметров**. Откроется одноименное команде окно (рис. 4.49).



В окне указан тип шестерни (шестерня конической передачи с круговыми зубьями), степень точности, заданная при расчете, и вид исходного контура.

4. При необходимости скорректируйте данные об исходном контуре шестерни.
5. Укажите *Направление зуба*.

Рис. 4.51.

6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы построить таблицу, не закрывая окно **Таблица параметров**.
7. Чтобы создать таблицу, нажмите кнопку **ОК**.

### 4.6.4. Червяк цилиндрической червячной передачи

Чтобы построить червяк, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Элементы механических передач внешнего контура**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.



Рис. 4.52.

2. В раскрывшемся дополнительном меню со списком элементов механических передач выберите команду **Червяк цилиндрической червячной передачи**. Откроется окно для ввода параметров расчета (рис. 4.52).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34). Если расчет выполняется в первый раз, поля, содержащие параметры червяка, неактивны и содержат нулевые значения.

3. Задайте параметры фасок левого и правого торцев червяка.

6. Порядок ввода параметров кольцевых отверстий аналогичен порядку ввода параметров кольцевых отверстий на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.8 на с. 63).

4. Нажмите кнопку **Запуск расчета**. Откроется окно модуля расчетов механических передач *КОМПАС-GEARS*.

Подробная информация о порядке выполнения расчета – в разделе «Червячная цилиндрическая передача» на с. 134.

После выполнения расчета основные параметры червяка будут показаны в качестве справочных данных в левой верхней части окна **Червяк цилиндрической червячной передачи**.



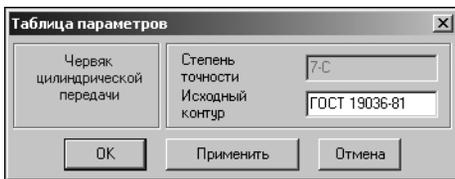
5. Чтобы построить червяк, нажмите кнопку **ОК**.

Для червяка цилиндрической червячной передачи можно построить дополнительный элемент **Таблица параметров**.

### Таблица параметров червяка цилиндрической передачи

Чтобы построить таблицу параметров червяка, выполните следующие действия.

1. Выделите червяк в дереве ступеней и элементов модели.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В раскрывшемся списке выберите команду **Таблица параметров**. Откроется одноименное команде окно (рис. 4.53). В окне указан тип элемента механической передачи, степень точности, заданная при расчете, и вид исходного контура.



4. При необходимости скорректируйте данные об исходном контуре червяка.
5. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы построить таблицу, не закрывая окно **Таблица параметров**.
6. Нажмите кнопку **ОК**, чтобы создать таблицу.

Рис. 4.53.

### 4.6.5. Червячное колесо

Чтобы построить червячное колесо, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Элементы механических передач внешнего контура**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.

В раскрывшемся дополнительном меню со списком элементов механических передач выберите команду **Червячное колесо цилиндрической червячной передачи**. Откроется окно, в котором нужно задать параметры для расчета (рис. 4.54).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34). Если расчет выполняется в первый раз, поля с параметрами червячного колеса неактивны и содержат нулевые значения.

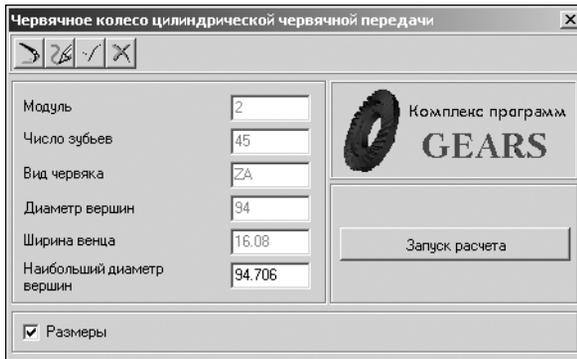


Рис. 4.54.



3. Для простановки размеров на чертеже включите опцию **Размеры**.

4. Чтобы построить выбранное зубчатое колесо, нажмите кнопку **ОК**.

Для червячного колеса цилиндрической червячной передачи можно построить следующие дополнительные элементы:

- ▼ **Таблица параметров**<sup>7</sup>;
- ▼ **Кольцевые пазы**<sup>8</sup>;
- ▼ **Кольцевые отверстия**<sup>9</sup>.

#### 4.6.6. Звездочка цепной передачи с роликовой цепью

Чтобы построить звездочку цепной передачи, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Элементы механических передач внешнего контура**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.

2. В раскрывшемся дополнительном меню со списком элементов механических передач выберите команду **Звездочка цепной передачи с роликовой цепью**. Откроется окно, в котором нужно задать параметры для расчета (рис. 4.55).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34). Если расчет выполняется в первый раз, поля, содержащие параметры звездочки, неактивны и содержат нулевые значения.

3. Нажмите кнопку **Запуск расчета**. Откроется окно модуля расчетов механических передач *КОМПАС-GEARS*. Подробная информация о порядке выполнения расчета – в разделе «Цепная передача» на с. 142.

4. После выполнения расчетов откроется окно, в котором необходимо выбрать для дальнейшей работы одну из рассчитанных звездочек (рис. 4.56).

7. Таблица параметров создается так же, как для червяка цилиндрической червячной передачи (см. раздел «Таблица параметров червяка цилиндрической передачи» на с. 76).
8. Порядок ввода параметров кольцевых пазов аналогичен порядку ввода параметров кольцевых пазов на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.6 на с. 60).
9. Порядок ввода параметров кольцевых отверстий аналогичен порядку ввода параметров кольцевых отверстий на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.8 на с. 63).



Рис. 4.55.

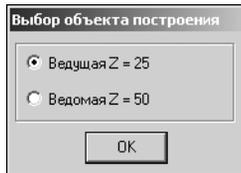


Рис. 4.56.

5. Выберите объект построения и нажмите кнопку **OK**. Основные параметры выбранной звездочки будут показаны в качестве справочных данных в левой части окна **Звездочка цепной передачи с роликовой цепью**. Для редактирования станут доступны параметры:
  - ▼ *Тип звездочки;*
  - ▼ *Ширина звездочки по буртикам.*

6. Включите опцию **Размеры**, чтобы отобразить размеры звездочки на чертеже.



7. Чтобы построить выбранную звездочку, нажмите кнопку **OK**.

8. Чтобы построить вторую звездочку рассчитанной передачи:

- ▼ выберите звездочку в дереве ступеней и элементов модели;
- ▼ двойным щелчком мыши по пиктограмме ступени откройте окно **Звездочка цепной передачи с роликовой цепью** (см. рис. 4.55);



- ▼ нажмите кнопку **Выбор объекта построения**;
- ▼ выберите объект построения в открывшемся окне (см. рис. 4.56).

Для звездочки цепной передачи с роликовой цепью можно построить следующие дополнительные элементы:

- ▼ **Таблица параметров;**
- ▼ **Профиль зубьев звездочки;**
- ▼ **Кольцевые пазы**<sup>10</sup>;
- ▼ **Кольцевые отверстия**<sup>11</sup>.

### Таблица параметров звездочки цепной передачи

Чтобы построить таблицу параметров звездочки, выполните следующие действия.

10. Порядок ввода параметров кольцевых пазов аналогичен порядку ввода параметров кольцевых пазов на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.6 на с. 60).

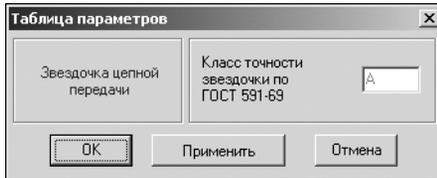
11. Порядок ввода параметров кольцевых отверстий аналогичен порядку ввода параметров кольцевых отверстий на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.8 на с. 63).

1. Выделите звездочку в дереве ступеней и элементов модели.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

3. В раскрывшемся списке выберите команду **Таблица параметров**. Откроется одноименное команде окно (рис. 4.57). В окне указан тип элемента механической передачи (звездочка цепной передачи) и класс точности, заданный при расчете.



4. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы построить таблицу, не закрывая окно **Таблица параметров**.

5. Нажмите кнопку **ОК**, чтобы создать таблицу.

Рис. 4.57.

### Профиль зубьев звездочки

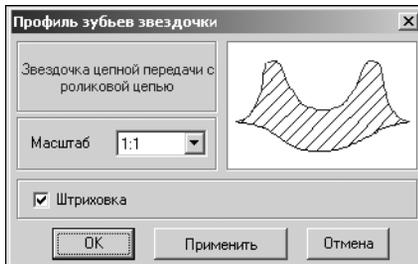
Чтобы построить профиль зубьев звездочки, выполните следующие действия.

1. Выделите звездочку в дереве ступеней и элементов модели.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

3. В раскрывшемся списке выберите команду **Профиль зубьев**. Откроется окно **Профиль зубьев звездочки** (рис. 4.58).



4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля зубьев на чертеже.

5. Включите опцию **Штриховка**, чтобы показать этот атрибут на изображении профиля.

6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно диалога.

7. Нажмите кнопку **ОК**.

Рис. 4.58.

### 4.6.7. Шкив клиноременной передачи

Чтобы построить шкив клиноременной передачи, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Элементы механических передач внешнего контура**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.

2. В раскрывшемся дополнительном меню со списком элементов механических передач выберите команду **Шкив клиноременной передачи**. Откроется одноименное команде окно (рис. 4.59).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34).

Окно содержит две вкладки:

▼ **Рассчитать передачу;**

▼ Построить шкив.



Рис. 4.59.

Чтобы рассчитать шкив, нажмите кнопку **Запуск расчета** на вкладке **Рассчитать передачу**. Откроется окно модуля расчетов механических передач **КОМПАС-GEARS**. Подробная информация о порядке выполнения расчета содержится в разделе «Клиноременная передача» на с. 148.

После выполнения расчетов откроется окно, в котором необходимо выбрать для дальнейшей работы один из шкивов (рис. 4.60).

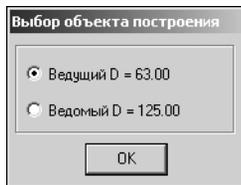


Рис. 4.60.

Выберите объект построения и нажмите кнопку **ОК**. Основные параметры выбранного шкива и передачи будут показаны в качестве справочных данных в левой верхней части окна **Шкив клиноременной передачи**.

Чтобы вручную задать геометрически параметры шкива для отрисовки на чертеже КОМПАС, раскройте вкладку **Построить шкив** (рис. 4.61), введите необходимые значения и нажмите кнопку **Применить значения**.

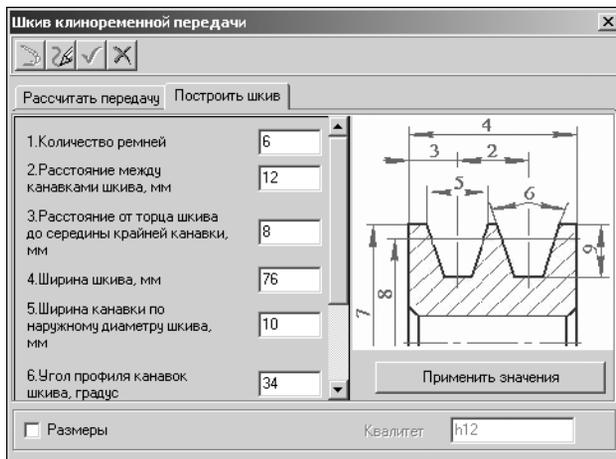


Рис. 4.61.

Если расчет выполняется в первый раз, на вкладке **Рассчитать передачу** поля, содержащие параметры шкива, неактивны и содержат нулевые значения.

3. Вы можете:
  - ▼ рассчитать параметры шкива, запустив расчет со вкладки **Рассчитать передачу**;
  - ▼ задать параметры шкива, не выполняя расчет, на вкладке **Построить шкив**.

4. Включите опцию **Размеры**, чтобы отобразить размеры шкива на чертеже.
5. При необходимости скорректируйте характеристику точности изготовления шкива – измените значение в поле **Квалитет**.

- 6. Чтобы построить шкив, нажмите кнопку **ОК**.
  - 7. Чтобы построить второй шкив рассчитанной передачи:
    - ▼ выберите шкив в дереве ступеней и элементов модели;
    - ▼ двойным щелчком мыши по пиктограмме ступени откройте окно **Шкив клиноременной передачи** (см. рис. 4.59);
-  ▼ нажмите кнопку **Выбор объекта построения**;
- ▼ выберите объект построения в открывшемся окне (см. рис. 4.60).
- Для шкива клиноременной передачи можно построить следующие дополнительные элементы:
- ▼ **Кольцевые пазы**<sup>12</sup>;
  - ▼ **Кольцевые отверстия**<sup>13</sup>.

#### 4.6.8. Шкив зубчатоременной передачи

Чтобы построить шкив зубчатоременной передачи, выполните следующие действия.

- 1. Нажмите кнопку **Элементы механических передач внешнего контура**, расположенную на инструментальной панели внешнего контура.
- 2. В раскрывшемся дополнительном меню со списком элементов механических передач выберите команду **Шкив зубчатоременной передачи**. Откроется окно, в котором нужно задать параметры для расчета (рис. 4.62).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34).

Если расчет выполняется в первый раз, поля, содержащие параметры шкива, неактивны и содержат нулевые значения.



- 3. Нажмите кнопку **Запуск расчета**. Откроется окно модуля расчетов механических передач **КОМПАС-GEARS**. Подробная информация о порядке выполнения расчета – в разделе «Зубчатоременная передача» на с. 151.
- 4. После выполнения расчетов откроется окно, в котором необходимо выбрать для дальнейшей работы один из шкивов (рис. 4.63).

Рис. 4.62.

- 12. Порядок ввода параметров кольцевых пазов аналогичен порядку ввода параметров кольцевых пазов на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.6 на с. 60).
- 13. Порядок ввода параметров кольцевых отверстий аналогичен порядку ввода параметров кольцевых отверстий на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.8 на с. 63).

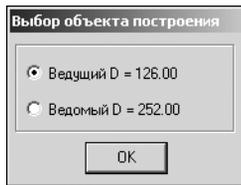


Рис. 4.63.

5. Выберите объект построения и нажмите кнопку **ОК**. Основные параметры выбранного шкива и передачи будут показаны в качестве справочных данных в левой верхней части окна **Шкив зубчатременной передачи**.
6. Включите опцию **Размеры**, чтобы отобразить размеры шкива на чертеже.



7. Чтобы построить выбранный шкив, нажмите кнопку **ОК**.

8. Чтобы построить второй шкив рассчитанной передачи:

- ▼ выберите шкив в дереве ступеней и элементов модели;
- ▼ двойным щелчком мыши по пиктограмме ступени откройте окно **Шкив зубчатременной передачи** (см. рис. 4.62 на с. 81);



- ▼ нажмите кнопку **Выбор объекта построения**;
- ▼ выберите объект построения в открывшемся окне (см. рис. 4.63).

Для шкива зубчатременной передачи вы можете построить дополнительные элементы:

- ▼ **Таблица параметров**;
- ▼ **Профиль зубьев**;
- ▼ **Кольцевые пазы**<sup>14</sup>.

### Таблица параметров шкива зубчатременной передачи

Чтобы построить таблицу параметров шкива, выполните следующие действия.

1. Выделите шкив в дереве ступеней и элементов модели.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

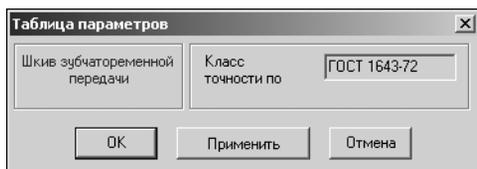


Рис. 4.64.

3. В раскрывшемся списке выберите команду **Таблица параметров**. Откроется одноименное команде окно (рис. 4.64), где указан тип элемента механической передачи (шкив зубчатременной передачи) и класс точности, заданный при расчете.

4. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы построить таблицу, не закрывая окно **Таблица параметров**.
5. Чтобы создать таблицу, нажмите кнопку **ОК**.

### Профиль зубьев шкива

Чтобы построить профиль зубьев шкива зубчатременной передачи, выполните следующие действия.

1. Выделите шкив в дереве ступеней и элементов модели.

14. Порядок ввода параметров кольцевых пазов аналогичен порядку ввода параметров кольцевых пазов на цилиндрической ступени (см. раздел 4.1.6 на с. 60).



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.
3. В раскрывшемся списке выберите команду **Профиль зубьев**. Откроется окно **Профиль зубьев шкива** (рис. 4.65).

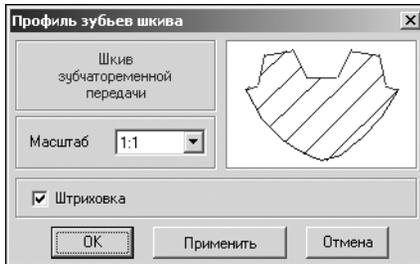


Рис. 4.65.

4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля зубьев на чертеже.
5. Включите опцию **Штриховка**, чтобы показать этот атрибут на изображении профиля.
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

## Глава 5.

### Построение внутреннего контура

На инструментальной панели внутреннего контура расположены кнопки вызова команд построения основных ступеней и дополнительных элементов модели.

К основным ступеням внутреннего контура относятся:

- ▼ Цилиндрическая ступень;
- ▼ Коническая ступень;
- ▼ Центровое отверстие;
- ▼ Глухое отверстие;
- ▼ Квадрат;
- ▼ Цилиндрическая шестерня внутреннего зацепления.

Дополнительные элементы могут быть разными для каждой ступени. Например:

- ▼ для цилиндрической ступени:
  - ▼ Канавки;
  - ▼ Резьба;
  - ▼ Шлицы;
  - ▼ Шпоночные пазы;
  - ▼ Подшипники.
- ▼ для шестерни:
  - ▼ Таблица параметров;
  - ▼ Профиль зубьев.

Дополнительные элементы ступени, в свою очередь, могут иметь дополнительные элементы. Например, для метрической резьбы существует дополнительный **Выносной элемент** (рис. 5.1).

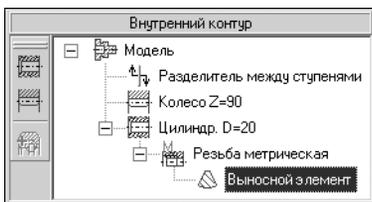


Рис. 5.1.

Для каждого вида ступени приводится список дополнительных элементов, относящихся только к данному виду ступени.

Изменение взаимного расположения ступеней внутреннего контура производится так же, как изменение расположения ступеней внешнего контура (см. раздел 3.4 на с. 32).



Особенностью построения внутреннего контура модели является возможность выбора и изменения базового торца для любого элемента внутреннего контура. В дереве ступеней и элементов внутреннего контура находится **Разделитель между ступенями**. Он изображается в виде зеленой вертикальной черты со стрелками.

Для элементов, находящихся выше разделителя, базовым является левый торец объекта. Для элементов, находящихся ниже разделителя, базовым является правый торец объекта.

## 5.1. Цилиндрическая ступень внутреннего контура

Чтобы построить на модели, создаваемой средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, цилиндрическую ступень внутреннего контура, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Цилиндрическая ступень**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внутреннего контура.
2. Далее построение цилиндрической ступени внутреннего контура аналогично построению цилиндрической ступени внешнего контура (см. раздел 4.1 на с. 37).

На цилиндрической ступени внутреннего контура можно построить следующие дополнительные элементы:

- ▼ **Канавки;**
- ▼ **Резьбы;**
- ▼ **Шлицы;**
- ▼ **Шпоночные пазы;**
- ▼ **Подшипники.**

Общий порядок построения дополнительных элементов описан в разделе 3.3 на с. 32.

### 5.1.1. Канавки

На цилиндрической ступени внутреннего контура средствами системы *Валы и механические передачи 2D* могут быть построены канавки следующих типов:

- ▼ **Под стопорное кольцо;**
- ▼ **Под выход шлифовального круга.**

#### Канавка под стопорное кольцо

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели канавку под стопорное кольцо, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов модели цилиндрическую ступень внутреннего контура.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Канавки**. Откроется дополнительное меню с различными типами канавок.
4. Укажите тип **Под стопорное кольцо** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров канавки и кольца (рис. 5.2).
5. В левой области окна показан вид канавки по умолчанию. Чтобы выбрать другой вид, щелкните по слайду правой (или два раза левой) клавишей мыши. Появится развернутое меню видов канавок (рис. 5.3)

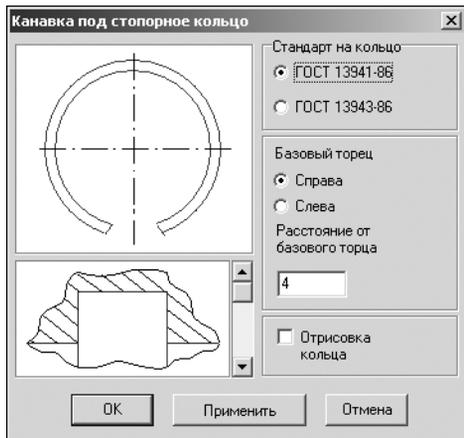


Рис. 5.2.

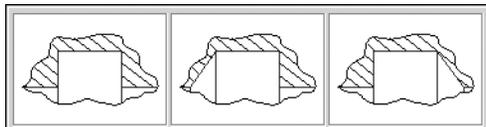


Рис. 5.3.

6. Перемещая курсор, выберите нужный вид канавки и щелкните по нему мышью. Вы можете выбрать вид канавки, пролистывая слайды в окне **Канавка под стопорное кольцо** с помощью линейки прокрутки.
7. Выберите ГОСТ на кольцо в группе **Стандарт на кольцо**.
8. Определите торец ступени, относительно которого будет базироваться канавка.
9. Включите опцию **Отрисовка кольца**, чтобы отображать стопорное кольцо на чертеже.
10. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
11. Нажмите кнопку **ОК**.

### Канавка под выход шлифовального круга

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели канавку под выход шлифовального круга, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура.
  2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
- 
3. В развернувшемся меню выберите команду **Канавки**. Откроется дополнительное меню с различными типами канавок.
  4. Укажите тип канавки **Под выход шлифовального круга** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно, предназначенное для выбора вида канавки (рис. 5.4).

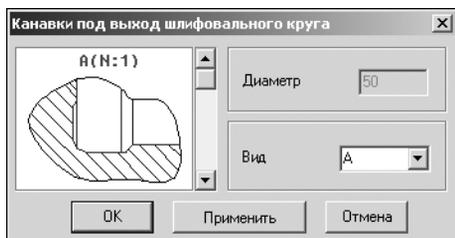


Рис. 5.4.

5. В левой части окна показан вид канавки по умолчанию. Чтобы его изменить, щелкните по слайду правой (или два раза левой) клавишей мыши. Появится диалог выбора вида канавки (рис. 5.5). Он содержит три вкладки:
  - ▼ Шлифование по цилиндру;
  - ▼ Шлифование по торцу;
  - ▼ Шлифование по цилиндру и торцу.
6. Раскройте вкладку, соответствующую необходимому виду шлифования.
7. Укажите нужный слайд, затем дважды щелкните по нему мышью или нажмите кнопку **ОК**. Можно выбрать тип канавки, пролистывая слайды с помощью линейки прокрутки.

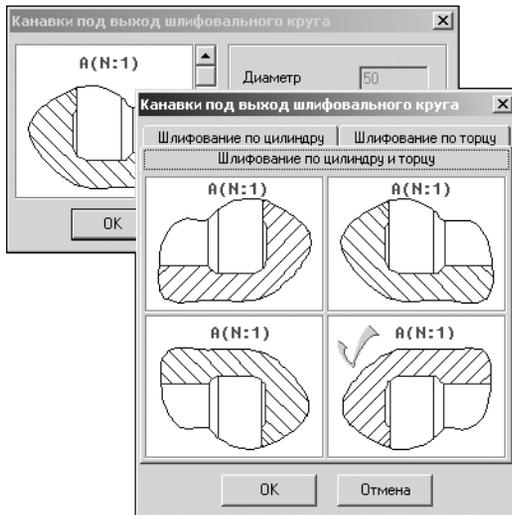


Рис. 5.5.

8. В поле **Вид** укажите букву, которой будет на чертеже обозначаться выносной элемент с изображением канавки.
9. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
10. Нажмите кнопку **OK**.

Для канавки под выход шлифовального круга вы можете построить дополнительный **Выносной элемент**.

### Выносной элемент канавки под выход шлифовального круга

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели канавку под выход шлифовального круга, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве элементов и ступеней внутреннего контура модели дополнительный элемент **Канавка под выход шлифовального круга**.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
3. Щелчком мыши выберите в развернувшемся меню команду **Выносной элемент**. Откроется окно **Канавки под выход шлифовального круга** (рис. 5.6).

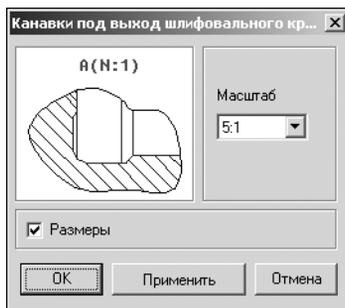


Рис. 5.6.

4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда **Масштаб** изображения профиля канавки на чертеже.
5. Включите опцию **Размеры** для простановки размеров на чертеже.
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **OK**.

## 5.1.2. Резьба

На цилиндрической ступени внутреннего контура модели средствами системы *Валы и механические передачи 2D* может быть построена резьба следующих типов:

- ▼ **Метрическая;**
- ▼ **Метрическая для пластмасс;**

- ▼ Трубная;
- ▼ Трапецеидальная;
- ▼ Упорная;
- ▼ Круглая.

Для резьбы каждого типа можно построить дополнительный элемент **Профиль резьбы**. Правила ввода параметров резьбы и данных для построения профиля резьбы одинаковы для ступеней и внешнего, и внутреннего контуров. Они описаны в разделе 4.1.2 на с. 41.

### 5.1.3. Шлицы

На цилиндрической ступени внутреннего контура модели средствами системы *Валы и механические передачи 2D* могут быть построены шлицы следующих типов:

- ▼ Прямобоочные;
- ▼ Эвольвентные;
- ▼ Треугольные.

#### Шлицы прямобоочные внутренние

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели прямобоочные внутренние шлицы, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура модели.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шлицы**. Откроется дополнительное меню с различными типами шлицев.
4. Щелчком мыши укажите тип **Шлицы прямобоочные**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шлицев в соответствии с ГОСТ 1139-80 (рис. 5.7).

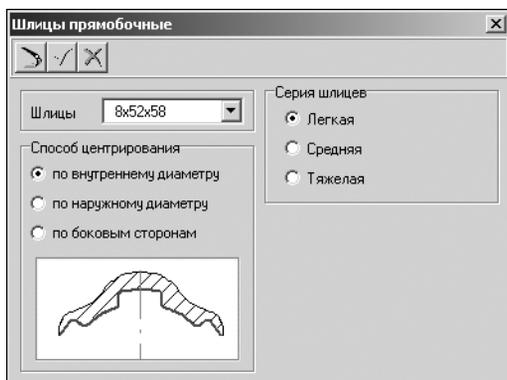


Рис. 5.7.

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34).

5. В поле **Шлицы** приводится обозначение шлицев, соответствующих диаметру активной ступени и указанной серии. Вы можете выбрать другие шлицы из предлагаемого списка. Рекомендуется выбирать значение внутреннего диаметра шлицев ближайшее к диаметру активной ступени. При несовпадении значений программа изменит диаметр ступени на тот, который вы задали для шлицев.

6. Определите *Способ центрирования шлицев* – выберите один из вариантов в группе **Способ центрирования**.

7. Укажите *Серию шлицев* – выберите один из вариантов в группе **Серия шлицев**.



8. Нажмите на панели инструментов кнопку **Перестроить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.



9. После ввода параметров нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

Для внутренних прямобочных шлицев можно построить дополнительный элемент **Профиль шлицев**.

### Профиль внутренних прямобочных шлицев

Чтобы построить профиль внутренних прямобочных шлицев, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов дополнительный элемент **Шлицы прямобочные**.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.

3. В раскрывшемся меню выберите строку **Профиль шлицев** и щелкните левой клавишей мыши. Откроется окно **Профиль внутренних прямобочных шлицев** (рис. 5.8).

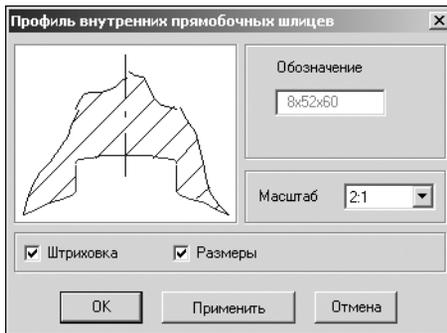


Рис. 5.8.

4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля шлицев на чертеже.

5. Включите опции **Штриховка** и **Размеры**, чтобы показать эти атрибуты на изображении профиля.

6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.

7. Нажмите кнопку **ОК**.

### Шлицы эвольвентные внутренние

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели эвольвентные внутренние шлицы, выполните следующие действия.

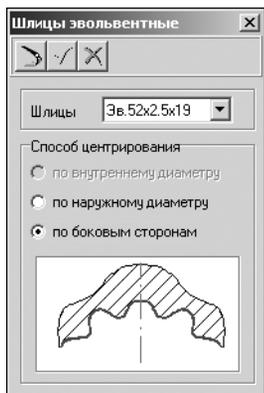
1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура модели.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.

3. В развернутом меню выберите команду **Шлицы**. Откроется дополнительное меню с различными типами шлицев.

4. Щелчком мыши укажите тип **Шлицы эвольвентные**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шлицев ГОСТ 6033-80 (рис. 5.9).



5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода значений аналогичен порядку определения параметров внутренних прямоугольных шлицев (см. раздел «Шлицы прямоугольные внутренние» на с. 88). Исключение – не нужно указывать серию шлицев.

Рис. 5.9.



6. Нажмите на панели инструментов кнопку **Перестроить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.



7. Нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

Для внутренних эвольвентных шлицев можно построить дополнительный элемент **Профиль шлицев**. Это делается так же, как для внутренних прямоугольных шлицев (см. раздел «Профиль внутренних прямоугольных шлицев» на с. 89). Исключение – наличие опции **Термообработка**. Ее включение приведет к отображению значка термообработки на изображении профиля шлицев.

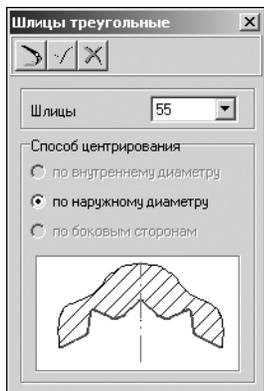
### Шлицы треугольные внутренние

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели треугольные внутренние шлицы, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура модели.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.



3. В развернутом меню выберите команду **Шлицы**. Откроется дополнительное меню с различными типами шлицев.
4. Щелчком мыши укажите тип **Шлицы треугольные**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шлицев в соответствии с ОСТ 100092-73 (рис. 5.10).
5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода значений аналогичен порядку определения параметров внутренних прямоугольных шлицев (см. раздел «Шлицы прямоугольные внутренние» на с. 88). Исключение – не нужно указывать способ центрирования и серию шлицев.

Рис. 5.10.

6. Нажмите на панели инструментов кнопку **Перестроить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

#### 5.1.4. Шпоночные пазы

На цилиндрической ступени внутреннего контура могут быть построены шпоночные пазы следующих типов:

- ▼ Под призматическую шпонку;
- ▼ Под призматическую высокую шпонку;
- ▼ Под сегментную шпонку, передача крутящего момента;
- ▼ Под сегментную шпонку, фиксация элементов.

##### Шпоночный паз под призматическую шпонку

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели шпоночный паз под призматическую шпонку выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура модели.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шпоночные пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами пазов.
4. Щелчком мыши укажите тип паза **Под призматическую шпонку ГОСТ 23360-78**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шпонки и шпоночного паза (рис. 5.11).

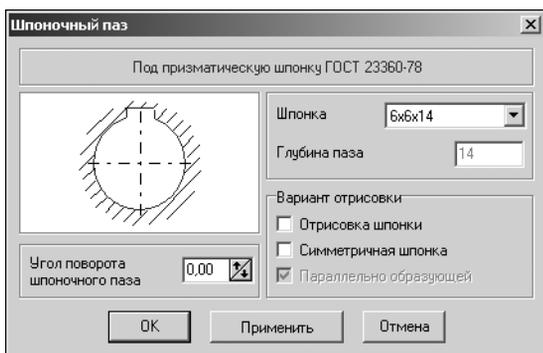


Рис. 5.11.

5. В поле **Шпонка** автоматически указываются стандартные размеры шпонки, которая подобрана, исходя из диаметра активной ступени модели.  
Вы можете выбрать другую шпонку из предлагаемого списка.
6. При необходимости задайте угол поворота шпоночного паза – введите значение в поле под слайдом.
7. В группе **Вариант отрисовки** выберите способы отрисовки шпоночного паза и шпонки на чертеже. Для этого включите опции:
  - ▼ **Отрисовка шпонки** – для отображения шпонки;
  - ▼ **Симметричная шпонка** – для построения второй шпонки, симметричной первой относительно оси вала.

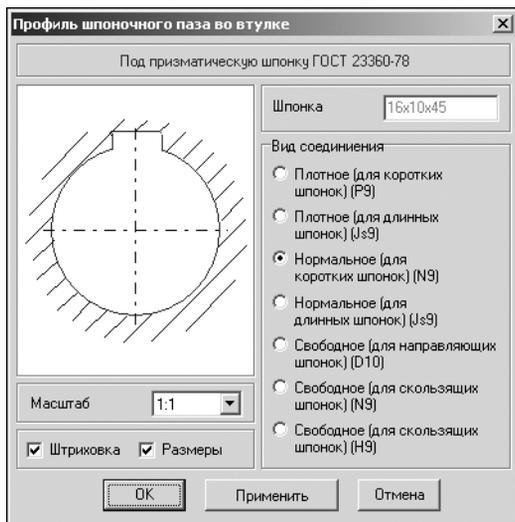
8. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
9. Нажмите кнопку **ОК**.

Для шпоночного паза под призматическую шпонку вы можете построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**.

### Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку

Чтобы построить профиль шпоночного паза под призматическую шпонку, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов внутреннего контура дополнительный элемент **Шпоночный паз** под призматическую шпонку.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
3. Щелчком мыши выберите в развернувшемся меню команду **Профиль шпоночного паза**. Откроется окно **Профиль шпоночного паза во втулке** (рис. 5.12).



4. Укажите **Вид соединения** – выберите нужный вариант в группе **Вид соединения**.
5. Выберите из предлагаемого стандартного ряда **Масштаб** изображения профиля шпоночного паза на чертеже.
6. Включите опции **Штриховка** и **Размеры**, чтобы показать эти атрибуты на изображении профиля.
7. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
8. Нажмите кнопку **ОК**.

Рис. 5.12.

### Шпоночный паз под призматическую высокую шпонку

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели шпоночный паз под призматическую высокую шпонку, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура модели.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шпоночные пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами пазов.



- Щелчком мыши укажите тип паза **Под призматическую высокую шпонку ГОСТ 10748-79**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шпонки и шпоночного паза (рис. 5.13).

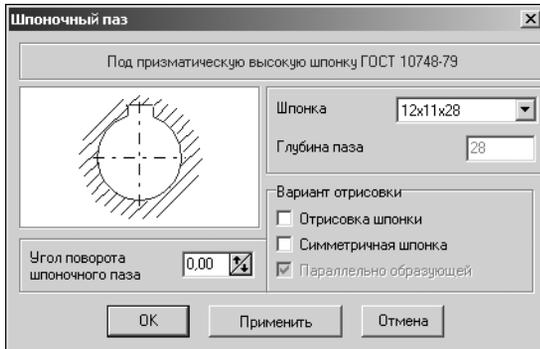


Рис. 5.13.

Для шпоночного паза под призматическую высокую шпонку можно построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**. Это делается так же, как для шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку» на с. 92).

### Шпоночный паз под сегментную шпонку (передача крутящего момента)

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели шпоночный паз под сегментную шпонку, выполните следующие действия.

- Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура модели.
- Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
- В развернувшемся меню выберите команду **Шпоночные пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами пазов.
- Щелчком мыши укажите тип паза **Под сегментную шпонку ГОСТ 24071-97 (передача крутящего момента)**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров шпонки и шпоночного паза (рис. 5.14).

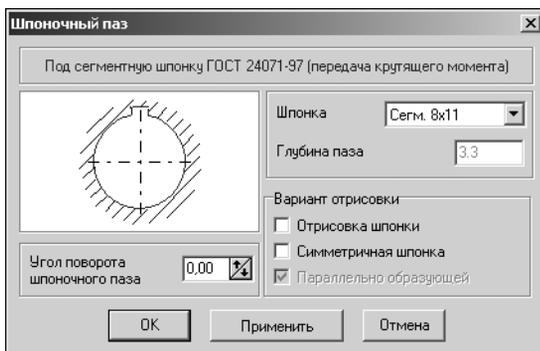


Рис. 5.14.

- Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Шпоночный паз под призматическую шпонку» на с. 91).
- Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
- Нажмите кнопку **ОК**.

- Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Шпоночный паз под призматическую шпонку» на с. 91).
- Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
- Нажмите кнопку **ОК**.

Для шпоночного паза под сегментную шпонку можно построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**. Это делается так же, как для шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку» на с. 92).

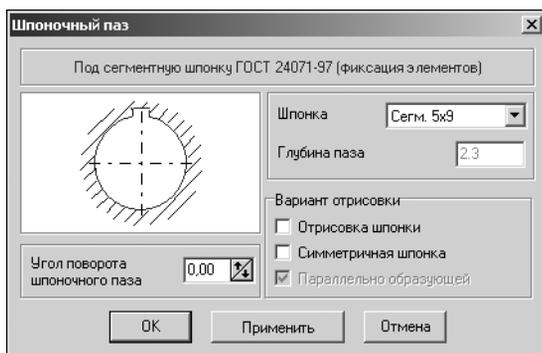
### Шпоночный паз под сегментную шпонку (фиксация элементов)

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели шпоночный паз под сегментную шпонку, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура модели.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
3. В развернувшемся меню выберите команду **Шпоночные пазы**. Откроется дополнительное меню с различными типами пазов.
4. Щелчком мыши укажите тип паза **Под сегментную шпонку ГОСТ 24071-97 (фиксация элементов)**. Откроется окно (рис. 5.15), предназначенное для ввода параметров шпонки и шпоночного паза.



5. Задайте требуемые характеристики. Порядок ввода данных аналогичен порядку определения параметров шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Шпоночный паз под призматическую шпонку» на с. 91).
6. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

Рис. 5.15.

Для шпоночного паза под сегментную шпонку вы можете построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**. Это делается так же, как для шпоночного паза под призматическую шпонку (см. раздел «Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку» на с. 92).

### 5.1.5. Подшипники

Чтобы построить на цилиндрической ступени модели подшипник, выполните следующие действия.

1. Выделите в дереве ступеней и элементов цилиндрическую ступень внутреннего контура.
2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внешнего контура.



3. В развернувшемся меню дополнительных элементов выберите команду **Подшипники**.
4. Из раскрывшего списка выберите строку **Шариковые радиальные**. Откроется окно **Шариковые радиальные подшипники качения** (рис. 5.16).

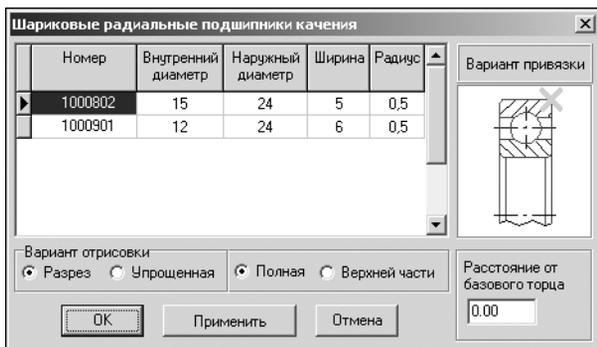


Рис. 5.16.

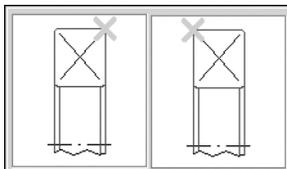


Рис. 5.17.

В левой части окна показан список подшипников, имеющих наружный диаметр равный внутреннему диаметру активной ступени модели. Укажите в списке нужный подшипник.

5. Выберите способ привязки подшипника к валу. Для этого щелкните по слайду в области **Вариант привязки** правой (или два раза левой) клавишей мыши. На экране появится развернутое меню вариантов (рис. 5.17). Щелчком мыши укажите нужный вид.

6. Выберите *Вариант отрисовки*, выбрав вариант **Разрез** или **Упрощенная**, **Полная** или **Верхней части**. Сочетание выбранных вариантов может быть любым.

7. Задайте *Расстояние от базового торца ступени до точки привязки подшипника*.

8. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы, не закрывая окно ввода параметров, увидеть, как будет расположен подшипник.

9. Нажмите кнопку **OK**.

## 5.2. Коническая ступень внутреннего контура

Чтобы построить коническую ступень внутреннего контура модели средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Коническая ступень**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внутреннего контура. Откроется одноименное командное окно (см. рис. 4.38 на с. 64).

2. Далее построение конической ступени внутреннего контура аналогично построению конической ступени внешнего контура (см. раздел 4.2 на с. 64).

На конической ступени внутреннего контура можно построить только один вид дополнительных элементов – **Шпоночные пазы**. Общий порядок построения дополнительных элементов описан в разделе 3.3 на с. 32.

### 5.2.1. Шпоночные пазы

На конической ступени внутреннего контура могут быть построены шпоночные пазы:

- ▼ Под призматическую шпонку;
- ▼ Под призматическую высокую шпонку.

Порядок ввода параметров шпоночных пазов под призматическую и под призматическую высокую шпонку на конической и на цилиндрической ступенях внутреннего контура модели совпадают (см. раздел 5.1.4 на с. 91). Отличия:

- ▼ перед вызовом списка дополнительных элементов необходимо выделить коническую ступень модели;
- ▼ в группе **Вариант отрисовки** доступна опция **Параллельно образующей**; ее активация позволит расположить шпоночный паз параллельно образующей конуса.

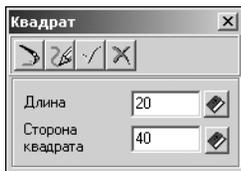
Для обоих типов пазов можно построить дополнительный элемент **Профиль шпоночного паза**. Порядок ввода параметров этого элемента на конической и на цилиндрической ступенях модели совпадают и являются аналогом порядка, описанного в разделе «Профиль шпоночного паза под призматическую шпонку» на с. 92.

### 5.3. Квадрат внутреннего контура

Чтобы построить квадратную ступень внутреннего контура модели средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Квадрат**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внутреннего контура. Откроется одноименное командное окно (рис. 5.18).



В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемой ступени (см. табл. 3.2 на стр. 34).

2. Задайте *Длину* ступени и размер *Стороны квадрата*. При вводе значений пользуйтесь приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.

Рис. 5.18.



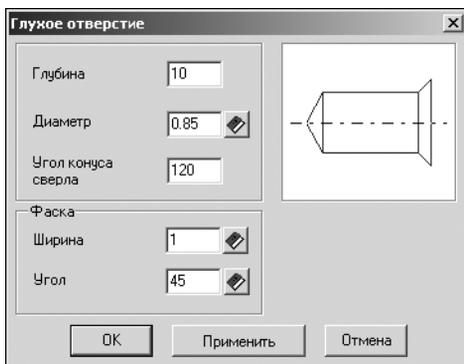
3. Нажмите кнопку **ОК**.

### 5.4. Глухое отверстие

Чтобы построить глухое отверстие, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Глухое отверстие**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внутреннего контура. Откроется одноименное командное окно (рис. 5.19).



2. Укажите *Глубину отверстия* – введите значение в поле **Глубина**.
3. Задайте *Диаметр* отверстия.
4. При необходимости задайте *Ширину* и *Угол фаски* отверстия.
5. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.
6. Нажмите кнопку **ОК**.

Рис. 5.19.

## 5.5. Центровое отверстие

Чтобы построить центровое отверстие, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Центровое отверстие**, расположенную в меню **Простые ступени** инструментальной панели внутреннего контура. Откроется одноименное командное окно (рис. 5.20).

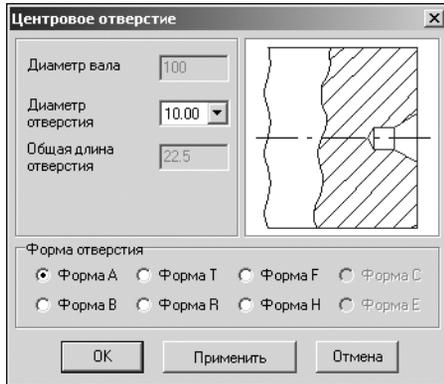


Рис. 5.20.

6. Нажмите кнопку **ОК**.

2. Выберите значение *Диаметра* отверстия из предлагаемого списка стандартных значений.
3. Укажите *Форму центрального отверстия* – выберите нужный вариант в группе **Форма отверстия**. На слайде отобразится внешний вид отверстия, и активизируются поля ввода параметров, относящиеся к данной форме. Предлагаемые формы отверстий соответствуют ГОСТ 14034-74.
4. Введите параметры, необходимые для создания отверстия выбранной формы.
5. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.

## 5.6. Шестерня цилиндрической передачи внутреннего зацепления

Чтобы построить шестерню цилиндрической зубчатой передачи с внутренними зубьями, выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Цилиндрическая шестерня внутреннего зацепления**, расположенную на инструментальной панели внутреннего контура. Откроется окно, в котором нужно задать параметры для расчета шестерни (рис. 5.21).

В верхней части окна находится панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления изображением проектируемого элемента (см. табл. 3.2 на стр. 34).

Если расчет выполняется в первый раз, поля, содержащие параметры шестерни, неактивны и содержат нулевые значения.

2. Задайте параметры фасок и галтелей.
3. Включите опцию **Размеры**, чтобы отобразить размеры шестерни на чертеже.
4. При необходимости скорректируйте характеристику точности изготовления шестерни – измените значение в поле **Квалитет**.
5. Нажмите кнопку **Запуск расчета**. Откроется окно модуля расчетов механических передач *КОМПАС-GEARS*.

Подробная информация о порядке выполнения расчета – в разделе «Цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления» на с. 119.



Рис. 5.21.

### 5.6.1. Таблица параметров цилиндрической шестерни с внутренними зубьями

Чтобы построить таблицу параметров шестерни, выполните следующие действия.

1. Выделите шестерню цилиндрической зубчатой передачи с внутренними зубьями в дереве ступеней и элементов.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.
3. Щелчком мыши выберите в развернувшемся меню команду **Таблица параметров**. Откроется одноименное команде окно (рис. 5.22), где указаны тип шестерни (цилиндрическая шестерня с внутренними зубьями), степень точности, заданная при расчете, и вид исходного контура.

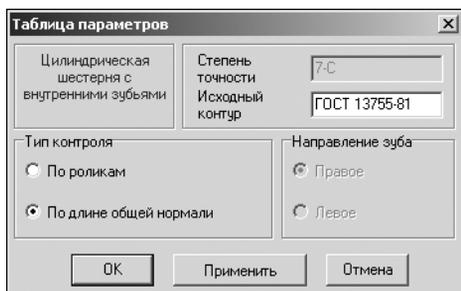


Рис. 5.22.

8. Для создания таблицы параметров нажмите кнопку **ОК**.

### 5.6.2. Профиль внутренних эвольвентных зубьев

Чтобы построить профиль зубьев шестерни, выполните следующие действия.

6. После выполнения расчетов основные параметры зубчатого колеса будут показаны в качестве справочных данных в окне **Цилиндрическая шестерня с внутренними зубьями**.

Для цилиндрической шестерни с внутренними зубьями можно построить следующие дополнительные элементы:

- ▼ **Таблица параметров;**
- ▼ **Профиль внешних эвольвентных зубьев.**

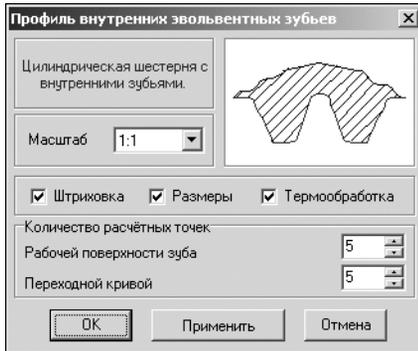
4. При необходимости скорректируйте данные об исходном контуре шестерни.
5. Задайте способ контроля профиля зубьев – выберите нужный вариант в группе **Тип контроля**.
6. Для косозубой шестерни укажите **Направление зуба** – правое или левое.
7. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы построить таблицу, не закрывая окно **Таблица параметров**.

1. Выделите шестерню цилиндрической зубчатой передачи с внутренними зубьями в дереве ступеней и элементов.



2. Нажмите кнопку **Дополнительные элементы ступеней** на инструментальной панели внутреннего контура.

3. В раскрывшемся списке выберите команду **Профиль зубьев**. Откроется окно **Профиль внутренних эвольвентных зубьев** (рис. 5.23).



4. Выберите из предлагаемого стандартного ряда *Масштаб* изображения профиля зубьев на чертеже.

5. Включите опции **Штриховка** и **Размеры**, чтобы показать эти атрибуты на изображении профиля.

6. Включите опцию **Термообработка**, чтобы получить на чертеже обозначение поверхности, которая будет подвергаться термообработке.

Рис. 5.23.

7. Задайте *Количество расчетных точек на рабочей поверхности зуба* и *Количество расчетных точек на переходной кривой*. Эти параметры будут влиять на точность отрисовки линии эвольвенты при построении профиля зуба в чертеже. Чем больше размер зуба, тем большее количество точек необходимо задать, чтобы построить плавную линию профиля зуба.

8. Нажмите кнопку **Применить**, чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно ввода параметров.

9. Нажмите кнопку **ОК**.

## Глава 6.

### Приложение нагрузки

Если вы планируете рассчитать на прочность вал, спроектированный в системе *Валы и механические передачи 2D*, необходимо приложить к модели действующие внешние нагрузки. В зависимости от расчетной схемы это могут быть следующие виды нагрузки:

- ▼ Радиальная и осевая;
- ▼ Вектор сил;
- ▼ Распределенная;
- ▼ Изгибающий момент;
- ▼ Крутящий момент.

#### 6.1. Радиальные и осевые силы

Чтобы приложить к активной ступени вала радиальные и (или) осевые нагрузки, выполните следующие действия.



1. В главном окне системы *Валы и механические передачи 2D* (см. рис. 2.2 на с. 19) нажмите кнопку вызова меню сил и моментов.
2. В развернувшемся меню выберите команду **Радиальные и осевые силы**. Откроется окно **Прикладываемые силы** (рис. 6.1).

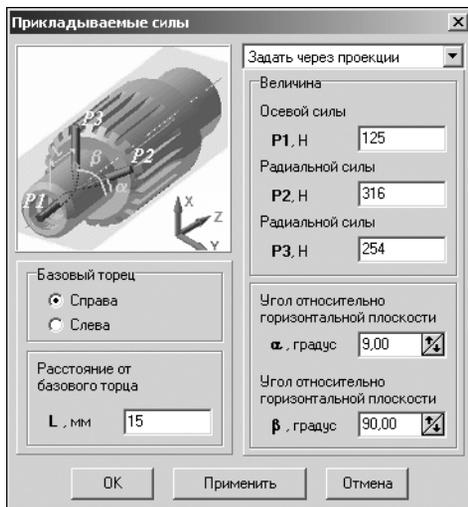


Рис. 6.1.

В левой верхней части окна показана схема приложения сил.

Ниже расположена группа параметров, которые определяют точку приложения сил.

В правой части окна необходимо выбрать способ задания сил и ввести их величину.

Вы можете задать силы двумя способами:

- ▼ через проекции – ввести величины осевой и радиальных сил (см. раздел 6.1.1 на с. 100);
- ▼ через вектор сил (см. раздел 6.1.2 на с. 101).

##### 6.1.1. Задание радиальных и осевых сил через проекции

Чтобы задать нагрузку через проекции, выполните следующие действия.

1. Нажмите кнопку с черным треугольником, расположенную в правой верхней части окна **Прикладываемые силы** (см. рис. 6.1).

2. Из раскрывшегося списка выберите строку **Задать через проекции**.
3. Определите торец ступени, относительно которого будет определена точка приложения сил – выберите один из вариантов в группе **Базовый торец**.
4. Задайте расстояние **L** от базового торца до точки приложения сил. При вводе значения можно пользоваться приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.
5. Задайте величины осевой и радиальных нагрузок **P1**, **P2**, **P3**. При этом можно пользоваться калькулятором (см. раздел 3.5.1 на с. 33).
6. Задайте положение радиальной силы **P2** в пространстве – введите величину угла  $\alpha$ .
7. Задайте положение радиальной силы **P3** в пространстве – введите величину угла  $\beta$ .



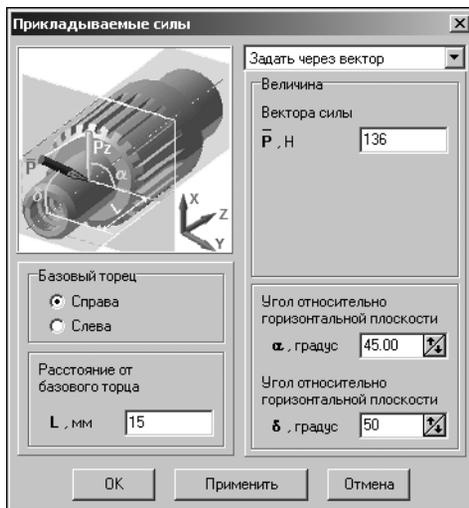
При вводе величин углов вы можете использовать кнопки-счетчики. Они помогут вам увеличить или уменьшить значение параметра на 1.

8. Чтобы, не закрывая окно ввода параметров, увидеть условное обозначение приложенной нагрузки на проектируемой модели, нажмите кнопку **Применить**.
9. Нажмите кнопку **ОК**.

### 6.1.2. Задание радиальных и осевых сил через вектор

Чтобы задать нагрузку через вектор сил, выполните следующие действия.

1. Нажмите кнопку с черным треугольником, расположенную в правой верхней части окна **Прикладываемые силы** (см. рис. 6.1).
2. Из раскрывшегося списка выберите строку **Задать через вектор**. Окно **Прикладываемые силы** изменит вид и будет выглядеть так, как показано на рис. 6.2.



3. Укажите торец ступени, относительно которого будет определена точка приложения сил – выберите один из вариантов в группе **Базовый торец**.
4. Задайте расстояние **L** от базового торца до точки приложения сил. При вводе значения можно пользоваться приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.
5. Задайте величину вектора сил. При этом можно пользоваться калькулятором (см. раздел 3.5.1 на с. 33).
6. Задайте углы  $\alpha$  и  $\beta$ , определяющие положение вектора сил в пространстве.

Рис. 6.2.



7. При вводе величин углов вы можете использовать кнопки-счетчики. Они помогут вам увеличить или уменьшить значение параметра на 1.
8. Нажмите кнопку **ОК**.

## 6.2. Распределенная нагрузка

Чтобы приложить к активной ступени вала распределенную нагрузку, выполните следующие действия.



1. В главном окне системы *Валы и механические передачи 2D* (см. рис. 2.2 на с. 19) нажмите кнопку вызова меню сил и моментов.
2. В развернувшемся меню выберите команду **Распределенная нагрузка**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров нагрузки (рис. 6.3). В окне показана схема приложения распределенной нагрузки и расположены поля для ввода значений, определяющих место приложения нагрузки, ее величину и направление.

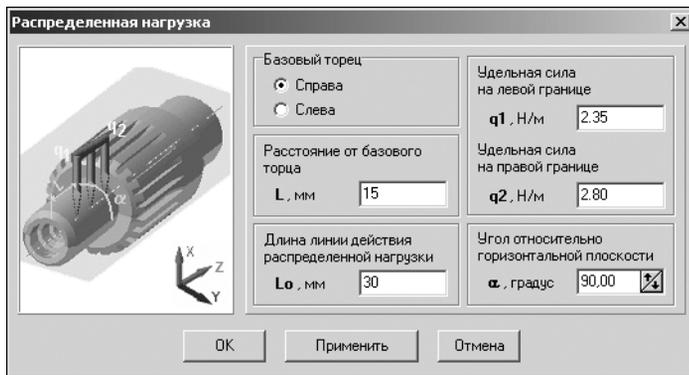


Рис. 6.3.

3. Укажите торец ступени, относительно которого будет определено расположение линии действия силы – выберите один из вариантов в группе **Базовый торец**.
4. Задайте расстояние **L** от базового торца до линии приложения силы.
5. Укажите длину линии действия распределенной нагрузки (**Lo**).

Вы можете одновременно задать величины **L** и **Lo**. Для этого щелкните правой клавишей мыши в поле **Расстояние от базового торца** или в поле **Длина линии действия распределенной нагрузки**. Из раскрывшегося контекстного меню вызовите команду **Снять с чертежа**. Затем последовательно укажите на чертеже начальную и конечную точки линии действия распределенной нагрузки.

6. Введите значения удельной силы на левой (**q1**) и на правой (**q2**) границах линии действия нагрузки.
7. Задайте угол  $\alpha$ , определяющий направление действия распределенной нагрузки относительно горизонтальной плоскости. При этом вы можете использовать кнопку-счетчик для увеличения или уменьшения значения параметра на 1.



При вводе параметров **L**, **Lo**, **q1**, **q2** и  $\alpha$  вы можете использовать калькулятор (см. раздел 3.5.1 на с. 33).

8. Чтобы, не закрывая окно ввода параметров, увидеть условное обозначение приложенной нагрузки на проектируемой модели, нажмите кнопку **Применить**.
9. Нажмите кнопку **ОК**.

## 6.3. Изгибающий момент

Чтобы приложить к активной ступени вала изгибающий момент, выполните следующие действия.



1. В главном окне системы *Валы и механические передачи 2D* (см. рис. 2.2 на с. 19) нажмите кнопку вызова меню сил и моментов.
2. В развернувшемся меню выберите команду **Изгибающий момент**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров момента (рис. 6.4). В окне показана схема приложения изгибающего момента и расположены поля для ввода значений, определяющих место приложения, величину и направление момента.

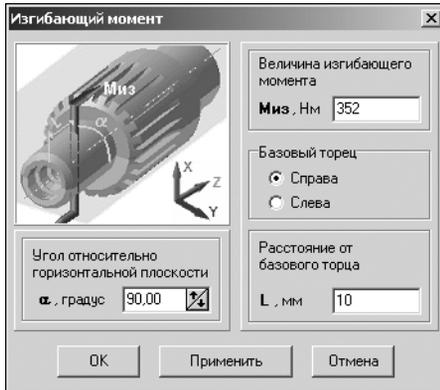


Рис. 6.4.



- При вводе величины угла вы можете использовать кнопку-счетчик для увеличения или уменьшения значения параметра на 1.
3. Задайте величину изгибающего момента **Миз**. При этом вы можете использовать калькулятор (см. раздел 3.5.1 на с. 33).
  4. Укажите торец ступени, относительно которого будет определено расстояние до плоскости действия момента – выберите один из вариантов в группе **Базовый торец**.
  5. Задайте угол наклона плоскости, в которой действует момент, относительно горизонтальной плоскости – введите величину угла  $\alpha$ .
  6. Задайте расстояние **L** от базового торца до сечения, в котором условно приложен изгибающий момент. При вводе значения можно пользоваться приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.
  7. Чтобы, не закрывая окно ввода параметров, увидеть условное обозначение приложенной нагрузки на проектируемой модели, нажмите кнопку **Применить**.
  8. Нажмите кнопку **ОК**.

## 6.4. Крутящий момент

Чтобы приложить к активной ступени вала крутящий момент, выполните следующие действия.



1. В главном окне системы *Валы и механические передачи 2D* (см. рис. 2.2 на с. 19) нажмите кнопку вызова меню сил и моментов.
2. В развернувшемся меню выберите команду **Крутящий момент**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров момента (рис. 6.5). В окне находятся схема приложения крутящего момента и поля для ввода значений, определяющих место приложения, величину и направление момента.

Если вы задаете крутящий момент для элемента зубчатых передач, то окно ввода параметров будет выглядеть так, как показано на рис. 6.6.

3. Задайте величину крутящего момента **Мкр**. При этом вы можете использовать калькулятор (см. раздел 3.5.1 на с. 33).

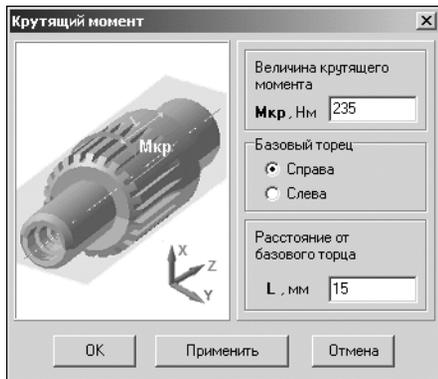


Рис. 6.5.

4. Укажите торец ступени, относительно которого будет определено место приложения момента – выберите один из вариантов в группе **Базовый торец**.
5. Задайте расстояние **L** от базового торца до сечения, в котором условно применен крутящий момент. При вводе значения можно пользоваться приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.
6. Чтобы, не закрывая окно ввода параметров, увидеть условное обозначение приложенной нагрузки на проектируемой модели, нажмите кнопку **Применить**.
7. Нажмите кнопку **ОК**.

## 6.5. Крутящий момент от зубчатой передачи

Чтобы приложить к активной ступени вала **Шестерня** крутящий момент, возникший при взаимодействии элементов зубчатой передачи, выполните следующие действия.



1. В главном окне системы *Валы и механические передачи 2D* (см. рис. 2.2 на с. 19) нажмите кнопку вызова меню сил и моментов.
2. В развернутом меню выберите команду **Крутящий момент**. Откроется окно, предназначенное для ввода параметров момента (рис. 6.6).

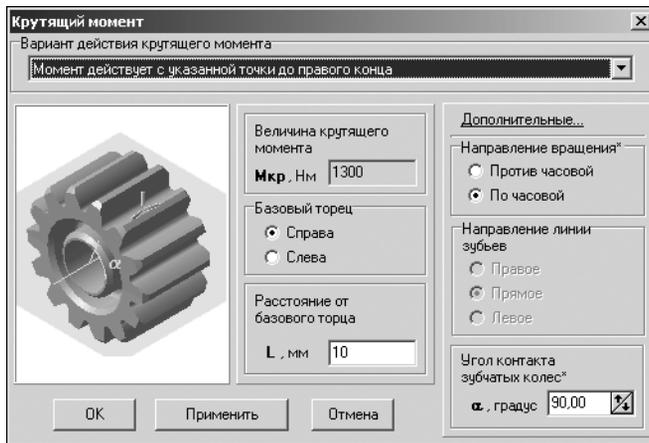


Рис. 6.6.

В окне находятся схема приложения крутящего момента и поля для ввода значений, определяющих место приложения, величину и направление момента.

По умолчанию значения параметров *Величина крутящего момента* и *Расстояние от базового торца* берутся из расчета передачи на прочность. Вы можете изменить значение параметра *Расстояние от базового торца*.

3. В верхней части окна нажмите кнопку с черным треугольником и выберите из раскрывшегося списка *Вариант действия крутящего момента*:
  - ▼ с текущей ступени до правого конца вала;
  - ▼ с указанной точки до правого конца;
  - ▼ на весь вал.

4. Определите торец ступени, относительно которого будет определена точка приложения момента – выберите один из вариантов в группе **Базовый торец**.
5. Задайте расстояние **L** от базового торца места приложения крутящего момента. При вводе значения можно пользоваться приемами, описанными в разделе 3.5 на с. 32.
6. Введите дополнительные данные для расчета:
  - ▼ *Направление вращения шестерни;*
  - ▼ *Угол контакта зубчатых колес.*
7. Чтобы, не закрывая окно ввода параметров, увидеть условное обозначение приложенной нагрузки на проектируемой модели, нажмите кнопку **Применить**.
8. Нажмите кнопку **ОК**.

## Глава 7.

### Расчет механических передач

В систему *Валы и механические передачи 2D* входит *Модуль расчета механических передач КОМПАС-GEARS* (геометрические и прочностные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных и ременных передач). С его помощью вы сможете выполнить расчеты следующих элементов механических передач:

- ▼ Шестерня цилиндрической зубчатой передачи;
- ▼ Шестерня конической передачи с круговыми зубьями;
- ▼ Шестерня конической передачи с прямыми зубьями;
- ▼ Червяк цилиндрической червячной передачи;
- ▼ Червячное колесо цилиндрической червячной передачи;
- ▼ Звездочка цепной передачи с роликовой цепью;
- ▼ Шкив клиноременной передачи;
- ▼ Шкив зубчатоременной передачи.

Результаты расчетов могут быть выведены на экран в виде отчета, распечатаны, сохранены в файле.



Рис. 7.1.

Чтобы начать работу с модулем расчета, после подключения системы *Валы и механические передачи 2D* войдите режим *Расчет механических передач* (см. раздел 1.3 на с. 18). Раскроется окно, предназначенное для выбора типа передачи, которую нужно рассчитать (рис. 7.1).

Щелчком мыши укажите тип расчета и нажмите кнопку **Выполнить**.

Раскроется главное окно расчета соответствующего типа передачи. Методика расчета каждого типа будет рассмотрена далее.

## 7.1. Общие сведения

### 7.1.1. Виды расчетов

При помощи *Модуля расчета механических передач* можно выполнять следующие виды вычислений:

- ▼ **Геометрический расчет;** в результате расчета определяются основные параметры зубчатых колес, выполняется расчет размеров для контроля и проводится проверка качества зацепления по геометрическим показателям;
- ▼ **Расчет на прочность;** в результате расчета определяются коэффициенты запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба;
- ▼ **Расчет на долговечность;** в результате определяется контактная долговечность и долговечность при изгибе (в километрах, часах или циклах);
- ▼ **Расчет на теплостойкость;** в результате расчета определяются рабочая температура масла и время допустимой непрерывной работы передачи;
- ▼ **Расчет на работоспособность;** используя этот вид расчета, можно детально исследовать работоспособность выбранной передачи, варьируя условия ее работы;
- ▼ **Проектный расчет;** в результате расчета определяется список передач, которые удовлетворяют исходным данным.

### 7.1.2. Единицы измерения исходных данных

При вводе данных линейные размеры задаются в миллиметрах, а угловые – в градусах, минутах, секундах.

### 7.1.3. Управление исходными данными

Главное окно расчета передачи любого типа содержит группу команд управления исходными данными. Чтобы увидеть список этих команд, раскройте в строке меню страницу **Исходные данные** (рис. 7.2). Описание этих команд приведено в таблице 7.1.

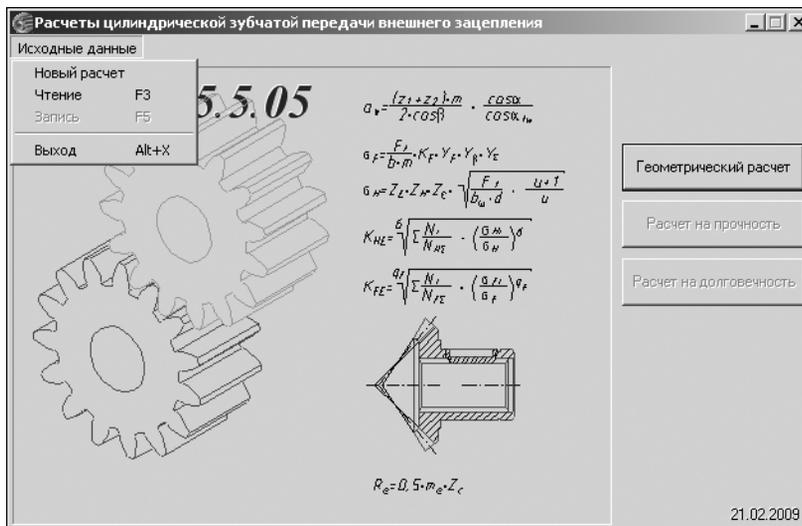


Рис. 7.2.

Табл. 7.1. Команды управления исходными данными

Команда	Назначение и использование команды
<b>Новый расчет</b>	Начало нового геометрического расчета передачи.
<b>Чтение</b>	Загрузка исходных данных, ранее сохраненных в файле специального формата (см. табл. 7.2). После вызова команды открывается окно, в котором можно указать путь к файлу и просмотреть хранящиеся в нем данные. Команду можно вызвать, нажав в главном окне расчета передачи клавишу <F3>.
<b>Запись</b>	Запись исходных данных в файл специального формата (см. табл. 7.2). После вызова команды открывается окно, в котором нужно дать название файлу с данными и указать его месторасположение. Команду можно вызвать, нажав в главном окне расчета передачи клавишу <F5>.
<b>Выход</b>	Завершение расчетов передачи. Команду можно вызвать, нажав в главном окне расчета передачи клавиши <Alt>+<X>.

Список форматов файлов, используемых для хранения исходных данных для расчета разных типов механических передач, приведен в таблице 7.2.

Табл. 7.2. Форматы файлов данных для расчета механических передач

Формат файла	Тип механической передачи
<b>*.gear_exc_dat</b>	Цилиндрическая зубчатая передача внешнего зацепления
<b>*.gear_inc_dat</b>	Цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления
<b>*.gear_spb_dat</b>	Коническая передача с круговыми зубьями
<b>*.gear_stb_dat</b>	Коническая передача с прямыми зубьями
<b>*.worm_cyl_dat</b>	Червячная цилиндрическая передача
<b>*.chai_rol_dat</b>	Цепная передача
<b>*.belt_vee_dat</b>	Клиноременная передача
<b>*.toothedbelt_dat</b>	Зубчаторременная передача

#### 7.1.4. Инструментальные панели

Управление процессом расчета механической передачи осуществляется при помощи кнопок, расположенных на инструментальных панелях рабочих окон (табл. 7.3).

Табл. 7.3. Команды управления расчетом

	Команда	Назначение и использование команды
	<b>Расчет</b>	Расчет зубчатой передачи с указанными параметрами.
	<b>Записать данные</b>	Запись расчетных данных в файл специального формата. После вызова команды открывается окно, в котором нужно дать название файлу с данными и указать его месторасположение.
	<b>Просмотр результатов расчета</b>	Просмотр результатов расчета передачи, представленных в виде отчета <i>FastReport</i> . Из окна отчета возможен вывод результатов на принтер.
	<b>Возврат в главное окно</b>	Переход в главное окно расчета передачи.
	<b>Закончить расчеты</b>	Завершение расчетов.
	<b>Рассчитать</b>	Автоматический расчета вводимого параметра передачи.
	<b>Выбрать</b>	Вызов списка возможных значений вводимого параметра.
	<b>Добавить режим нагружения</b>	Добавление строки для ввода нового режима нагружения при расчете на прочность или долговечность.
	<b>Удалить режим нагружения</b>	Удаление строки с параметрами режима нагружения при расчете на прочность или долговечность.
	<b>Восстановить расчетные значения</b>	Восстановление параметров, которые были получены в результате расчета, а затем изменены.
	<b>Изменить значения</b>	Корректировка значения, полученного в результате расчета.

### 7.1.5. Выбор материалов элементов механических передач

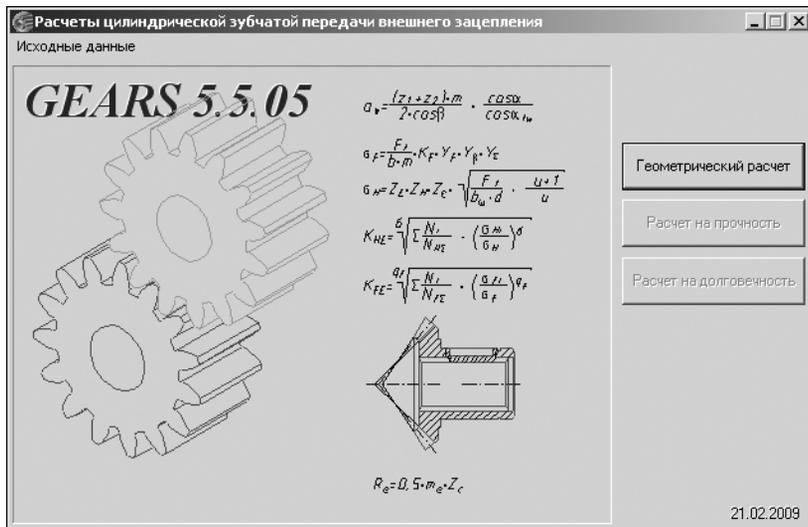
При вводе параметров, необходимых для расчетов элементов механических передач, часто используется *Модуль выбора материалов* – составная часть интегрированной системы проектирования тел вращения *Валы и механические передачи 2D*. О его назначении и применении подробно рассказано в Главе 9, поэтому в текущей части пособия приемы работы с *Модулем выбора материалов* не рассматриваются.

## 7.2. Цилиндрическая зубчатая передача внешнего зацепления

С помощью системы *Валы и механические передачи 2D* можно рассчитывать зубчатые цилиндрические эвольвентные передачи внешнего зацепления с постоянным передаточным отношением, зубчатые колеса которых соответствуют исходным контурам с равными делительными номинальными толщиной зуба и шириной впадины, без модификации головки зуба, при обработке колес исходной производящей рейкой или долбяком.

Вам предлагается три вида расчетов, которые нужно выполнять последовательно:

- ▼ **Геометрический расчет** (ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии»);
- ▼ **Расчет на прочность** (ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность»);
- ▼ **Расчет на долговечность** (по методу эквивалентных напряжений).



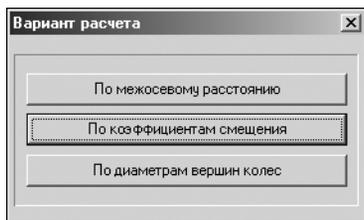
Нажмите в окне **Расчеты цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления** (рис. 7.3) кнопку, соответствующую требуемому виду расчета.

Рис. 7.3.

### 7.2.1. Геометрический расчет

#### Варианты расчета

Выберите вариант ввода исходных данных (рис. 7.4).



**Вариант 1.** Задано межосевое расстояние  $a_w$ . Определяется суммарный коэффициент смещения  $x$ , значение которого разбивается на  $x_1$  и  $x_2$ .

**Вариант 2.** По заданным коэффициентам смещения  $x_1$  и  $x_2$  по рекомендациям ГОСТ 16532-70 принимаются начальные значения коэффициентов смещения в зависимости от числа зубьев  $z$ .

Рис. 7.4.

**Вариант 3.** Заданы диаметры вершин колес  $da_1$ ,  $da_2$ . Определяются  $x_1$  и  $x_2$ . Расчет геометрии выполняется по ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии».

### Описание расчета

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	25	50
2. Модуль, мм	2.000	
3. Угол наклона зубьев, °	0° 0' 0"	
4. Угол профиля зубьев, °	20° 0' 0"	
5. Коэффициент высоты головки зуба	1	
6. Коэффициент радиального зазора	0.25	
7. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0.38	
8. Ширина зубчатого венца, мм	15	20
9. Межосевое расстояние, мм	75	
10. Диаметр ролика, мм	3.464	3.464
11. Вид обработки	рейка	рейка
12. Характеристика инструмента		
13. Направление линии зуба ведущего колеса	прямое	

Ввода исходных данных осуществляется на двух вкладках – **Страница 1** и **Страница 2**. Перейти на вторую вкладку и выполнить расчет вы сможете только после ввода всех данных на первой вкладке. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на вкладке **Страница 1** (рис. 7.5).

Рис. 7.5.

### Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1

#### ▼ Модуль

Значения *Модуля* стандартизованы (табл. 7.4), но может быть введено и произвольное значение.

Табл. 7.4. Стандартные (ГОСТ 9563-60) значения модуля зубчатых колес

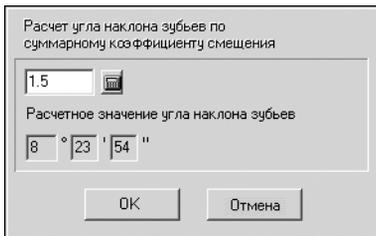
<b>Первый ряд</b>	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,20	0,25	0,30
	0,40	0,50	0,60	0,80	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50
	3,00	4,00	5,00	6,00	8,00	10,00	12,00	16,00	20,00
	25,00	32,00	40,00	50,00	60,00	80,00	100,00		
<b>Второй ряд</b>	0,055	0,070	0,090	0,110	0,140	0,180	0,220	0,280	
	0,350	0,450	0,550	0,700	0,900	1,125	1,375	1,750	
	2,250	2,750	3,500	4,500	5,500	7,000	9,000	11,00	
	14,000	18,000	22,000	28,000	36,000	45,000	55,000	70,000	
	90,000								

▼ **Угол наклона зубьев**

В случае выбора первого варианта расчета – по межосевому расстоянию (см. раздел «Варианты расчета» на с. 110) – при использовании отличного от нуля угла наклона зубьев можно автоматически рассчитать *Угол наклона зубьев* по суммарному коэффициенту смещения. Для этого сделайте следующее:



▼ Нажмите кнопку **Рассчитать** (она станет активной после увеличения автоматически подсчитанного значения межосевого расстояния). Откроется окно, где вы сможете рассчитать угол наклона зубьев по суммарному коэффициенту смещения (рис. 7.6).



▼ Введите суммарный коэффициент смещения. Для автоматического подсчета межосевого расстояния нажмите кнопку с изображением калькулятора. Она расположена справа от поля ввода параметра.

▼ Нажмите кнопку **ОК**. Расчетное значение угла наклона зубьев будет перенесено в окно **Геометрический расчет** (см. рис. 7.5 на с. 111).

Рис. 7.6.

▼ **Стандартный исходный контур (ГОСТ 13755–68)**

Параметры 4-7 (см. рис. 7.5) вводятся автоматически в соответствии с ГОСТ 13755-68 и составляют:

- ▼ Угол профиля зацепления – 20;
- ▼ Коэффициент высоты головки зуба – 1,0;
- ▼ Коэффициент радиального зазора – 0,25;
- ▼ Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба – 0,38.

Для шестеренчатых насосов рекомендуется использовать нестандартный исходный контур (Е. М. Юдин «Шестеренчатые насосы», с.135). Значения параметров 5-7 (см. рис. 7.5 на с. 111) в этом случае определяются по таблице 7.5.

Табл. 7.5. Нестандартный исходный контур для шестеренчатых насосов

Число зубьев	8	9	10	11	12	13	14	15
Коэффициент высоты головки зуба	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07	1,06	1,05
Коэффициент радиального зазора	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20

При использовании нестандартного исходного контура возможно подрезание зуба и уменьшение коэффициента перекрытия.

▼ **Коэффициент смещения исходного контура**

В случае выбора второго варианта расчета *Коэффициент смещения исходного контура* для каждого колеса можно ввести автоматически по рекомендациям ГОСТ 16532-70:

- ▼ при  $z > 30$   $x = 0$ ;
- ▼ при  $20 < z < 30$   $x = 0,3$ ;
- ▼ при  $z < 20$   $x = 0,5$ , но при этом считается минимально допустимое значение смещения  $x_{min}$ , и в случае если  $x_{min} > x$ , принимается  $x_{min}$ .



Для этого нужно нажать кнопку **Рассчитать**.

Если установить курсор в поле ввода **Коэффициента смещения исходного контура** и нажать клавишу <F10>, одновременно будут автоматически рассчитаны и введены коэффициенты смещения, а также подобраны диаметры ролика (шарика) для обоих колес.

#### ▼ Диаметр ролика (шарика)

Диаметр можно задать разными способами:

▼ ввести с помощью клавиатуры;



▼ выбрать из списка стандартных значений, который открывается при нажатии кнопки **Рассчитать**;

▼ автоматически подобрать по значению модуля – нажать клавишу <F3>;

▼ автоматически подобрать по значению модуля для обоих колес – нажать клавишу <F10>; при этом одновременно будут рассчитаны и введены диаметры роликов для обоих колес, а при втором варианте расчета (см. раздел «Варианты расчета» на с. 110) – и коэффициенты смещения исходного контура.

#### ▼ Вид обработки

В случае смены вида обработки на обработку долбяком, необходимо выбрать число зубьев долбяка.

#### ▼ Характеристика инструмента (число зубьев долбяка)



Подбор долбяка осуществляется в специализированном диалоге (рис. 7.7), который можно вызвать при помощи кнопки **Выбрать**.

В данном диалоге можно ввести значения параметров *Радиус скругления кромки зуба* и (при включенной опции **Сточенный долбяк**) *Фактическая ширина зубчатого венца*.

**Выбор долбяка**

Тип - прямозубый  
Модуль - 2 мм

Радиус скругления кромки зуба, мм.   
Толщина зуба на окружности вершин: 0.376мм

Число зубьев	Диаметр окружности вершин, мм	Диаметр окружности вершин предельно сточенного долбяка, мм	Коэффициент смещения исходного контура	Коэффициент высоты головки зуба	Нормальная толщина зуба, мм	Утолщение зуба, мм	Ширина зубчатого венца нового долбяка, мм
12	29,08	27,52	0,02	1,25	3,171	0	12
19	43,36	41,26	0,09	1,25	3,273	0	15
25	55,6	53,5	0,15	1,25	3,36	0	15
38	82,12	80,02	0,28	1,25	3,549	0,1	15
50	106,6	103,8	0,4	1,25	3,724	0,1	20
62	131,08	128	0,52	1,25	3,899	0,1	22

Сточенный долбяк

Параметры сточенного долбяка

Задний угол на поверхности вершин, град.

Минимально допустимая ширина зубчатого венца, мм - 4,58

Фактическая ширина зубчатого венца, мм

Фактический диаметр окружности вершин, мм - 29,08

Рис. 7.7.

Предпочтителен выбор долбяка с наибольшим количеством зубьев.

Если передача косозубая, то угол наклона зубьев будет установлен в соответствии с углом наклона зубьев долбяка.

### ▼ Направление линии зуба ведущего колеса

Для прямозубых колес – *прямое*, для косозубых – *правое* или *левое*. Если указанное направление линии зуба ведущего колеса будет противоречить данным об угле наклона зубьев, будет невозможен переход на другую страницу для продолжения расчета.

Введите данные на вкладке **Страница 2** (рис. 7.8).

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
Степень точности	7-C	7-C
Суммарный коэффициент смещения	1.2	
Коэффициент смещения исходного контура	0.541	0.659
Внешний диаметр вершин зубьев, мм	56.28	107.294
Диаметр вершин зубьев со срезом, мм	56.28	107.294

Ход расчета  
Контролируемые, измерительные параметры и параметры качества зацепления в норме

Рис. 7.8.

## Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 2

### ▼ Коэффициент смещения исходного контура

В случае выбора первого варианта расчета – по межосевому расстоянию (см. раздел «Варианты расчета» на с. 110 – на второй странице вводятся значения коэффициентов смещения для каждого колеса с учетом суммарного коэффициента смещения. При этом, используя контекстное меню поля **Коэффициент смещения исходного контура**, можно выполнить расчет:

- ▼ **x1** по **x2**;
- ▼ **x2** по **x1**;
- ▼ **x1** и **x2** из условия равнопрочности зубьев шестерни и колеса.



При нажатии кнопки **Рассчитать** для каждого из колес коэффициент смещения будет вычислен по коэффициенту смещения другого колеса зубчатой передачи – **x1** по **x2**, **x2** по **x1**.

### ▼ Диаметр вершин зубьев со срезом

*Диаметр вершин зубьев со срезом* не должен превышать номинальный (расчетный) диаметр вершин зубьев.

9. Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

В случае невыполнения каких-либо показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации трехмерной твердотельной модели.

## 7.2.2. Расчет на прочность

Поля ввода исходных данных располагаются на одной вкладке. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите исходные данные на вкладке **Страница 1** (рис. 7.9).

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Вариант схем расположения передачи	1	
2. Материал зубчатых колес	18ХГТ	18ХГТ
3. Допускаемые напряжения по контакту, МПа	2464	2464
4. Допускаемые напряжения по изгибу, МПа	1143	1143
5. Твердость активных поверхностей зубьев колес, НРС или НВ	56	106
6. Расчетная нагрузка, Н*м	1000	
7. Число оборотов на ведущем колесе, об/мин	500	

Рис. 7.9.

### Особенности ввода некоторых данных

#### ▼ Вариант схемы расположения передачи



Нажмите кнопку **Выбрать** и укажите схему расположения передачи в перечне предлагаемых вариантов (рис. 7.10). Для этого или поставьте номер схемы в поле ввода, а затем нажмите кнопку **Да** или дважды щелкните мышью на изображении схемы (например, рядом с цифрой на рисунке).

#### ▼ Материал зубчатых колес



Введите значение вручную или нажмите кнопку **Выбрать** (в этом случае загрузится *Модуль выбора материалов*, с помощью которого вы сможете указать материал зубчатого колеса и определить механические свойства этого материала).

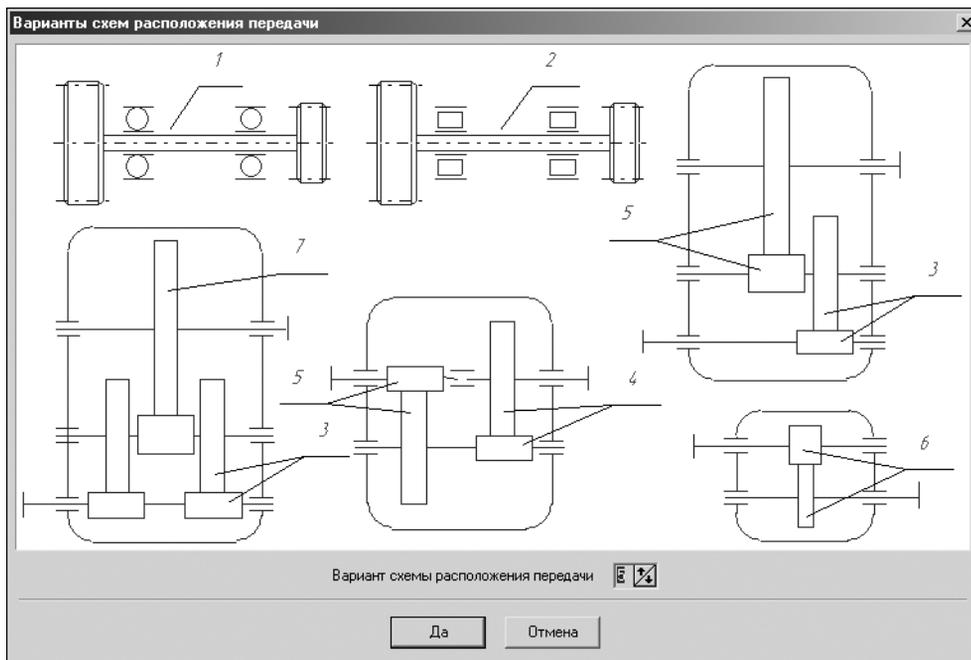


Рис. 7.10.

▼ **Допускаемые контактные напряжения**

Допускаемые контактные напряжения  $\sigma_{HPmax}$  (МПа) вводятся автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*.

- ▼ Для зубьев, подвергнутых нормализации, улучшению или закалке:

$$\sigma_{HPmax} = 2,8 \sigma_{\tau},$$

где  $\sigma_{\tau}$  – предел текучести материала при растяжении, МПа.

- ▼ Для зубьев, подвергнутых цементации:

$$\sigma_{HPmax} = 40 H_{HRC},$$

где  $H_{HRC}$  – твердость поверхности зуба в единицах Роквелла.

- ▼ Для азотированных зубьев:

$$\sigma_{HPmax} = 3 H_{HV},$$

где  $H_{HV}$  – твердость поверхности зуба в единицах Виккерса.

▼ **Допускаемые напряжения по изгибу**

Допускаемые напряжения по изгибу  $\sigma_{FMP}$  (МПа) вводятся автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*.

- ▼ Для легированных и углеродистых сталей при нормализации или улучшении:

$$\sigma_{FMP} = \frac{\sigma_{FlimM}}{S_{FM}} = \frac{4,8 H_{HB}}{1,75},$$

где  $H_{HB}$  – твердость поверхности зуба в единицах Бринелля.

- ▼ Для легированных сталей, содержащих никель более 1%, при цементации:

$$\sigma_{FMP} = \frac{\sigma_{FlimM}}{S_{FM}} = \frac{2650}{1,75} = 1514,3.$$

#### ▼ Твердость активных поверхностей зубьев

Значение вводится автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*.

#### ▼ Расчетная нагрузка

Расчетная нагрузка задается на ведущем колесе.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. раздел 7.1.4 на с. 108).

### 7.2.3. Расчет на долговечность

Параметры		Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Материал зубчатых колес		18ХГТ	12ХНЗА
2. Предел выносливости по контакту, МПа		1426	1288
3. Предел выносливости по изгибу, МПа		820	950
4. Базовый ресурс и его размерность		16000	час
5. Тип передачи		Обычная	
6. Количество сателлитов		1	
7. Функциональное назначение ведущего колеса		Солнечная шестерня	
8. Коэффициент ограничения усталостных повреждений	контакт	0,6	
	изгиб	0,6	
9. Коэффициент безопасности	контакт	1,2	1,2
	изгиб	1,55	1,55
10. Показатель кривой выносливости	контакт	6	6
	изгиб	9	9
11. Коэффициент, учитывающий шероховатость		1	1
12. Базовое число циклов при изгибе, млн. циклов		4	4
10. Коэффициент, учитывающий влияние двустороннего приложения нагрузки		<input checked="" type="checkbox"/> Учесть Сталь: Отожженная, нс 0,35	<input checked="" type="checkbox"/> Учесть Сталь: Отожженная, нс 0,35

Поля ввода исходных данных располагаются на двух вкладках – **Страница 1** и **Режимы нагружения**. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на вкладке **Страница 1** (рис. 7.11).

Рис. 7.11.

#### Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1

#### ▼ Предел выносливости по контакту

Предел выносливости по контакту  $\sigma_{H \lim b}$  вводится автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*.

▼ При  $HV < 350$ , нормализации или улучшении:

$$\sigma_{H \text{ lim } b} = 2 H_{HB} + 70.$$

- ▼ При HRC > 56, цементации или нитроцементации:

$$\sigma_{H \text{ lim } b} = 23 H_{HRC}$$

#### ▼ Предел выносливости по изгибу

Предел выносливости по изгибу  $\sigma_{f \text{ lim } b}$ , соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, вводится автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*. Он выбирается из таблицы ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

#### ▼ Количество сателлитов

Для простой передачи количество сателлитов равно 1. Для планетарной передачи количество сателлитов задается для того, чтобы пересчитать количество циклов нагружения солнечной шестерни.

#### ▼ Коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу

Значение вводится автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*.

По умолчанию задается 0,6, но значение может быть изменено при вводе.

#### ▼ Коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту SH

Значение вводится автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*.

- ▼ Для зубчатых колес с однородной структурой материала  $SH = 1,1$ .

- ▼ Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением  $SH = 1,2$ .

- ▼ Для передач, выход из строя которых связан с тяжелыми последствиями, рекомендуется приведенные значения увеличивать до 1,25 и 1,35 соответственно.

#### ▼ Коэффициент запаса прочности (безопасности) по изгибу SF

Значение вводится автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*.

Коэффициент учитывает нестабильность свойств материала зубчатых колес и ответственность зубчатой передачи. Выбирается в зависимости от марки материала, способа термической и химико-термической обработки и заданной вероятности неразрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

Так, для сталей 18ХГТ, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН3А (цементация) –  $SF = 1,55$ , а для сталей 38ХС, 45Х, 45 (нормализация, улучшение) –  $SF = 1,75$ .

#### ▼ Показатель кривой выносливости qH

Значение вводится автоматически, если материал был выбран при помощи *Модуля выбора материалов*.

Начальные значения принимаются:

- ▼ по контакту –  $qH = 6$ ;

- ▼ по изгибу –  $qF = 6$  – для колес с твердостью поверхности зубьев HB < 350, а также для колес, закаленных при нагреве ТВЧ с обрывом закаленного слоя у переходной поверхности, и зубчатых колес со шлифованной переходной поверхностью независимо от

твердости и термообработки;  $qF = 9$  – для колес с нешлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев  $HV > 350$  и чугунных колес.

▼ **Коэффициент, учитывающий шероховатость**

Коэффициент определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, т. е. в зависимости от класса шероховатости поверхности. Значения коэффициента приведены в табл. 7.6.

Табл. 7.6. Значения коэффициента, учитывающего шероховатость поверхности

Класс шероховатости поверхности	Коэффициент
$\geq 7$ ( $R_a = 1,25 \dots 0,63$ )	1,00
6 ( $R_a = 2,5 \dots 1,25$ )	0,95
4...5 ( $R_a = 40 \dots 10$ )	0,90

По умолчанию задается значение 1,0.

▼ **Базовое число циклов при изгибе**

По умолчанию задается  $N_{FO} = 4$  млн. циклов.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. раздел 7.1.4 на с. 108).

Введите данные на вкладке **Режимы нагружения** (рис. 7.12).

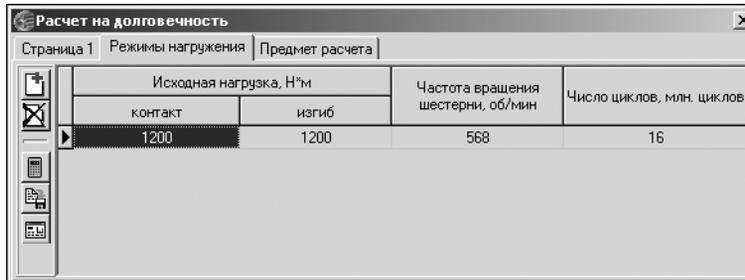


Рис. 7.12.

**Особенности ввода некоторых данных на вкладке Режимы нагружения**

Значения исходной нагрузки, вызывающей напряжения изгиба, и исходной нагрузки, вызывающей напряжения контакта, вводятся по отдельности, но по умолчанию принимаются равными.

Для управления списком режимов нагружения используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

### 7.3. Цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления

С помощью системы *Валы и механические передачи 2D* можно рассчитывать зубчатые цилиндрические эвольвентные передачи внутреннего зацепления с постоянным переда-

точным отношением, зубчатые колеса которых соответствуют исходным контурам с равными делительными номинальными толщиной зуба и шириной впадины, без модификации головки зуба, при обработке колес исходной производящей рейкой или долбяком.

Вам предлагается три вида расчетов, которые нужно выполнять последовательно:

- ▼ **Расчет геометрии** (ГОСТ 19274-73 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрии»);
- ▼ **Расчет на прочность** (ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность», книга «Зубчатые передачи. Справочник» под общ. ред. Е. Г. Гинзбурга.);
- ▼ **Расчет на долговечность** (по методу эквивалентных напряжений).



Нажмите в окне **Расчеты цилиндрической зубчатой передачи внутреннего зацепления** (рис. 7.13) кнопку, соответствующую виду расчета.

Рис. 7.13.

### 7.3.1. Геометрический расчет

#### Варианты расчета

Выберите необходимый вариант ввода исходных данных (рис. 7.14).

**Вариант 1.** Задано межосевое расстояние  $a_w$ . Определяется суммарный коэффициент смещения  $x$ , значение которого разбивается на  $x_1$  и  $x_2$ .

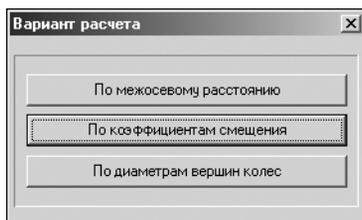


Рис. 7.14.

**Вариант 2.** По заданным коэффициентам смещения  $x_1$  и  $x_2$  по рекомендациям ГОСТ 16532-70 принимаются начальные значения коэффициентов смещения в зависимости от числа зубьев  $z$ .

**Вариант 3.** Заданы диаметры вершин колес  $d_{a1}$ ,  $d_{a2}$ . Определяются  $x_1$  и  $x_2$ . Расчет геометрии выполняется по ГОСТ 16532 - 70 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии».

## Описание расчета

Геометрический расчет		
Страница 1   Страница 2   Предмет расчета		
Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	18	68
2. Модуль, мм	2.000	
3. Угол наклона зубьев, °	0 ° 0 ' 0 "	
4. Угол профиля зубьев, °	20 ° 0 ' 0 "	
5. Коэффициент высоты головки зуба	1	
6. Коэффициент радиального зазора	0.25	
7. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0.38	
8. Ширина зубчатого венца, мм	15	25
9. Межосевое расстояние, мм	50	
10. Диаметр ролика, мм	3.464	3.464
11. Вид обработки	рейка	долбяк
12. Характеристика инструмента (число зубьев)		56932
13. Тип передачи	Планетарная	
14. Число зубьев солнечной шестерни	32	
15. Количество сателлитов	1	

Рис. 7.15.

Поля ввода исходных данных располагаются на двух вкладках – **Страница 1** и **Страница 2**. Перейти на вторую вкладку и выполнить расчет вы сможете только после ввода всех данных на первой вкладке. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Введите данные на вкладке **Страница 1** (рис. 7.15).

### Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1

#### ▼ Модуль

Значения *Модуля* стандартизованы (см. табл. 7.4 на с. 111), но может быть введено и произвольное значение.

#### ▼ Стандартный исходный контур (ГОСТ 13755–68)

Параметры 4-7 (см. рис. 7.15) вводятся автоматически в соответствии с ГОСТ 13755-68 и составляют:

- ▼ Угол профиля зацепления – 20;
- ▼ Коэффициент высоты головки зуба – 1,0;
- ▼ Коэффициент радиального зазора – 0,25;
- ▼ Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба – 0,38.

#### ▼ Коэффициент смещения исходного контура

В случае выбора второго варианта расчета *Коэффициент смещения исходного контура* для каждого колеса можно ввести автоматически по рекомендациям ГОСТ 16532–70:

- ▼ при  $z > 30$        $x = 0$ ;
- ▼ при  $20 < z < 30$      $x = 0,3$ ;
- ▼ при  $z < 20$        $x = 0,5$ , но при этом считается минимально допустимое значение смещения  $x_{\min}$ , и в случае если  $x_{\min} > x$ , принимается  $x_{\min}$ .



Для этого нужно нажать кнопку **Рассчитать**.

Если установить курсор в поле ввода *Коэффициента смещения исходного контура* и нажать клавишу <F10>, одновременно будут автоматически рассчитаны и введены коэффициенты смещения для обоих колес, а также подобраны диаметры ролика (шарика) для обоих колес.

▼ **Диаметр ролика (шарика)**

Диаметр можно задать разными способами:

▼ ввести с помощью клавиатуры;



▼ выбрать из списка стандартных значений, который открывается при нажатии кнопки **Рассчитать**;

▼ автоматически подобрать по значению модуля – нажать клавишу <F3>;

▼ автоматически подобрать по значению модуля для обоих колес – нажать клавишу <F10>; при этом одновременно будут рассчитаны и введены диаметры роликов для обоих колес, а при втором варианте расчета (см. раздел «Варианты расчета» на с. 120) – и коэффициенты смещения исходного контура.

▼ **Вид обработки**

В случае смены вида обработки на обработку долбяком, необходимо выбрать число зубьев долбяка.

▼ **Характеристика инструмента (число зубьев долбяка)**



Подбор долбяка осуществляется в специализированном диалоге (рис. 7.16), который можно вызвать нажатием кнопки **Выбрать**.

Предпочтителен выбор долбяка с наибольшим количеством зубьев.

Если передача косозубая, то угол наклона зубьев будет установлен в соответствие с углом наклона зубьев долбяка.

Число зубьев	Диаметр окружности вершин	Коэффициент высоты головки зуба	Нормальная толщина зуба
12	29,08	1,25	3,171
19	43,36	1,25	3,273
25	55,6	1,25	3,36
38	82,12	1,25	3,549
50	106,6	1,25	3,724
62	131,08	1,25	3,899

Рис. 7.16.

▼ **Число зубьев солнечной шестерни ( $Z_s$ ) и количество сателлитов ( $N_s$ )**

Для планетарной передачи выполняется контроль следующих условий:

▼ Условие соосности:

$$(Z_s + Z_1) = (Z_2 + Z_1).$$

▼ Условие сборки:

$$\frac{Z_s + Z_2}{N_s} = F_{\text{loor}}\left(\frac{Z_s + Z_2}{N_s}\right),$$

где  $F_{\text{loor}}$  – функция определения ближайшего целого, меньшего, чем аргумент.

▼ Условие соседства сателлитов:

$$(Z_s + Z_1) \times \sin \frac{\pi}{N_s} > (Z_1 + 2).$$

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
Степень точности	7-C	7-C
Суммарный коэффициент смещения	0	
Коэффициент смещения исходного контура	0.25	0.25
Внешний диаметр вершин зубьев, мм	85.955	195.75
Диаметр вершин зубьев со срезом, мм	65.955	195.75

Ход расчета

Контролируемые, измерительные параметры и параметры качества зацепления в норме

Введите данные на вкладке **Страница 2** (рис. 7.17).

Рис. 7.17.

## Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 2

### ▼ Коэффициент смещения исходного контура

В случае выбора первого варианта расчета – по межосевому расстоянию (см. раздел «Варианты расчета» на с. 120) – на второй странице вводятся значения коэффициентов смещения для каждого колеса с учетом суммарного коэффициента смещения. При этом, используя контекстное меню поля **Коэффициент смещения исходного контура**, можно выполнить расчет:

- ▼  $x_1$  по  $x_2$ ;
- ▼  $x_2$  по  $x_1$ ;
- ▼  $x_1$  и  $x_2$  из условия равнопрочности зубьев шестерни и колеса.



При нажатии кнопки **Рассчитать** для каждого из колес коэффициент смещения будет рассчитан по коэффициенту смещения другого колеса зубчатой передачи –  $x_1$  по  $x_2$ ,  $x_2$  по  $x_1$ .

### ▼ Диаметр вершин зубьев со срезом

Для ведущего колеса *Диаметр вершин зубьев со срезом* должен быть всегда равен или меньше номинального (расчетного) диаметра вершин зубьев, а для ведомого – равен или больше номинального (расчетного) диаметра вершин зубьев.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

В случае невыполнения каких-либо показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.



Для зубчатого колеса, спроектированного с нарушением показателей качества зацепления, могут возникнуть сложности при генерации трехмерной твердотельной модели.

### 7.3.2. Расчет на прочность

Порядок расчета и особенности ввода исходных данных при расчете зубчатого колеса на прочность рассмотрены в разделе 7.2.2 на с. 115.

### 7.3.3. Расчет на долговечность

Порядок расчета и особенности ввода исходных данных при расчете зубчатого колеса на долговечность рассмотрены в разделе 7.2.3 на с. 117.

Отличительная особенность при расчете шестерни внутреннего зацепления – отсутствие необходимости вводить параметры планетарной передачи.

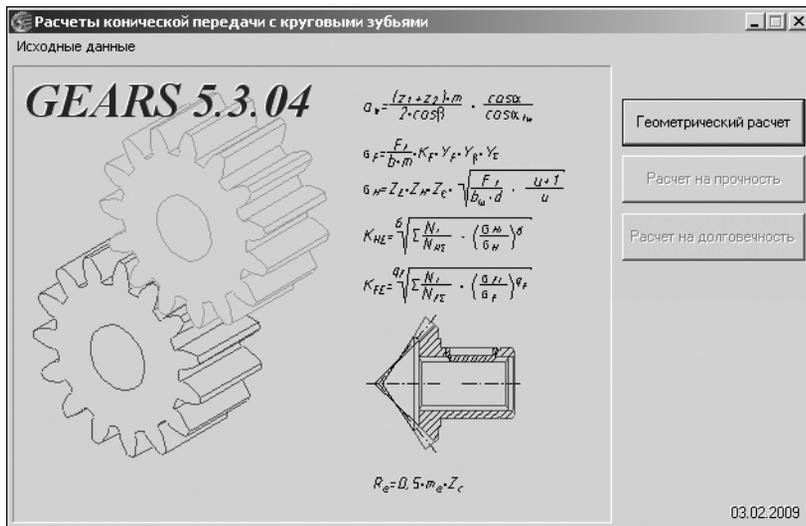
## 7.4. Коническая передача с круговыми зубьями

С помощью системы *Валы и механические передачи 2D* можно рассчитывать конические передачи с круговыми зубьями внешнего зацепления с межосевыми углами от 10° до 150°, углом наклона зуба от 0° до 45° и с прямолинейным профилем исходного контура.

В основу расчета положены методики ГОСТ 19326-73 («Передачи зубчатые конические с круговыми зубьями. Расчет геометрии»), справочника «Зубчатые передачи» (под ред. Е. Г. Гинзбурга) и методики, разработанные в расчетно-вычислительном центре акционерного общества «Специальное конструкторское бюро машиностроения» (г. Курган).

Вам предлагается три вида расчетов, которые нужно выполнять последовательно:

- ▼ Геометрический расчет;
- ▼ Расчет на прочность;
- ▼ Расчет на долговечность.



Нажмите в окне **Расчеты конической передачи с круговыми зубьями** (рис. 7.18) кнопку, соответствующую виду расчета.

Рис. 7.18.

## 7.4.1. Геометрический расчет

### Варианты расчета

Выберите необходимый вариант ввода исходных данных (рис. 7.19).

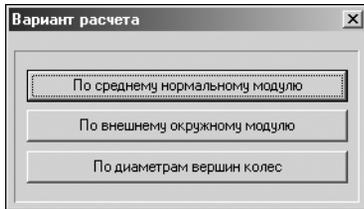


Рис. 7.19.

**Вариант 1.** Задан средний нормальный модуль.

**Вариант 2.** Задан внешний окружной модуль.

**Вариант 3.** Заданы диаметры вершин колес  $d_{a1}$ ,  $d_{a2}$ . Этот вариант является «ремонтным» и применяется, когда необходимо изготовить зубчатую пару взамен изношенной, а ее модуль неизвестен. Исходными данными в таком случае будут числа зубьев и внешний диаметр вершин колеса. В результате первичного расчета будет определен приближенный средний нормальный модуль передачи, который при повторном расчете может быть приближен к стандартному значению.

мальный модуль передачи, который при повторном расчете может быть приближен к стандартному значению.

### Описание расчета

Поля ввода исходных данных располагаются на двух вкладках – **Страница 1** и **Страница 2**. Перейти на вторую вкладку и выполнить расчет вы сможете только после ввода всех данных на первой вкладке. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Геометрический расчет		
Страница 1   Страница 2   Предмет расчета		
Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	23	44
2. Нормальный средний модуль, мм	2.000	
3. Вид обработки	односторонний	
4. Метод обработки	однономерный	
5. Угол наклона зубьев, °	35 ° 0 ' 0 "	
6. Межосевой угол передачи, °	90 ° 0 ' 0 "	
7. Угол профиля зацепления, °	20 ° 0 ' 0 "	
8. Коэффициент высоты головки зуба	1	
9. Коэффициент радиального зазора	0.25	
10. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0.25	
11. Осевая форма зуба	1	
12. Ширина зубчатого венца, мм	8.58	
13. Коэффициент смещения у шестерни	0.1662	
14. Коэффициент изменения расчетной толщины зуба шестерни	0	
15. Направление спирали зуба ведущего колеса	правое	

Рис. 7.20.

Введите данные на вкладке **Страница 1** (рис. 7.20).

## Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1

### ▼ Модуль



Значения модуля стандартизованы, но если при выборе варианта указан вариант **По среднему нормальному модулю**, то можно ввести произвольное значение модуля. Для этого следует нажать кнопку **Ввод модуля** и ввести значение в открывшемся окне.

### ▼ Вид обработки

▼ **Односторонний вид** – выпуклую и вогнутую стороны зубьев обоих колес обрабатывают отдельно, каждую своей односторонней (с одной группой резцов) головкой. Метод позволяет получать наиболее благоприятный контакт, но малопроизводителен. В основном применяется для колес с I и III осевыми формами зубьев.

▼ **Двусторонний вид** – вогнутую и выпуклую стороны зубьев большого колеса нарезают одновременно, двусторонней (с двумя группами резцов) головкой, а стороны зубьев малого колеса обрабатывают раздельно, двумя односторонними головками. Метод позволяет получать достаточно благоприятный контакт и является более производительным. В основном применяется для колес со II осевой формой зуба.

### ▼ Метод обработки

#### ▼ Для одностороннего вида обработки:

**Одномерный способ нарезания.** Применяется при индивидуальном и мелкосерийном производстве конических пар с углом наклона от 0 до 40° и передаточным числом от 1 до 40. При этом требуется сокращенный комплект резцовых головок.

**Многомерный способ нарезания.** Не рекомендуется для применения, так как требует большого количества резцовых головок с различным номером резцов. При наличии станка с наклоняющимся шпинделем способ можно применить, сделав дополнительный расчет.

#### ▼ Для двустороннего вида обработки:

**Одномерный способ нарезания.** Рекомендуется для производства конических пар небольшими повторяющимися партиями. При этом требуется сокращенный комплект резцовых головок.

**Многомерный способ нарезания** (метод постоянной настройки). Является основным и наиболее распространенным методом массового и крупносерийного производства конических пар.

### ▼ Стандартный исходный контур (ГОСТ 16202–81)

▼ Угол профиля зацепления – 20;

▼ Коэффициент высоты головки зуба – 1,0;

▼ Коэффициент радиального зазора – 0,25;

▼ Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба – 0,25.

### ▼ Осевая форма зуба



Выбор *Осевой формы зуба* осуществляется в специализированном диалоге (рис. 7.21), который вызывается нажатием кнопки **Выбрать**.

**Выбор осевой формы зуба**

**Осевая форма I**    Пропорционально понижающиеся зубья. Вершины конусов делительного и впадин совпадают. Высота ножки зубьев пропорциональна конусному расстоянию.

**Осевая форма II**    Понижающиеся зубья. Вершины конусов делительного и впадин не совпадают.

**Осевая форма III**    Равновысокие зубья. Образующие конусов делительного, впадин и вершин параллельны. Высота зубьев постоянна по всей длине.

Параметр	Значение	Форма I	Форма II	Форма III
Средний нормальный модуль	2,00	2-25	0,4-25	2-25
Среднее конусное расстояние	37,61	60-250	6-700	75-750
Средний угол наклона зубьев	35°00'00"	0-45	0-45	25-45
Число зубьев плоского колеса	30,81	20-100	24-100	> 40

При выборе осевой формы зуба следует обратить внимание на удовлетворение расчетных значений табличным ограничениям, существующим для соответствующих форм зуба.

Рис. 7.21.

### ▼ Ширина зубчатого венца

При вводе ширины зубчатого венца проверяется соответствие ширины венца модулю и конусному расстоянию.

- ▼ Для колес с осевой формой зуба I и II при среднем угле наклона  $>20^\circ$ :

$$B < 0,3R_e \text{ и } B < 0,35R;$$

$$B < 10M_{te} \text{ и } B < 14M_n.$$

- ▼ Для колес с осевой формой зуба III, а также для колес с любой формой зуба при среднем угле наклона  $<20^\circ$ :

$$B < 0,25 R_e \text{ и } B < 0,3 R;$$

$$B < 8 M_{te} \text{ и } B < 12 M_n ,$$

где  $B$  – ширина венца;

$R_e$  – внешнее конусное расстояние;

$M_{te}$  – внешний окружной модуль;

$R$  – среднее конусное расстояние;

$M_n$  – средний нормальный модуль.



Справку о максимальном допускаемом значении ширины венца можно получить, нажав кнопку с изображением вопросительного знака.

При нажатии клавиши  $\langle F3 \rangle$  в поле **Ширина венца** автоматически подставляется максимальное допускаемое значение ширины.

При нажатии клавиши  $\langle F10 \rangle$  выполняется одновременная подстановка значений максимальной допускаемой *Ширины венца*, *Коэффициента смещения расчетной толщины* и *Коэффициента изменения расчетной толщины*.

### ▼ Коэффициенты смещения расчетной толщины и изменения расчетной толщины



Расчетные значения данных коэффициентов могут быть получены в соответствии с рекомендациями ГОСТ 19624-74 и автоматически подставлены в соответствующие поля ввода при нажатии клавиши  $\langle F3 \rangle$  или кнопки **Рассчитать**.

При нажатии клавиши <F10> выполняется одновременная подстановка значений *Коэффициента смещения расчетной толщины*, *Коэффициента изменения расчетной толщины* и максимальной допускаемой *Ширины венца*.

Введите данные на вкладке **Страница 2** (рис. 7.22).

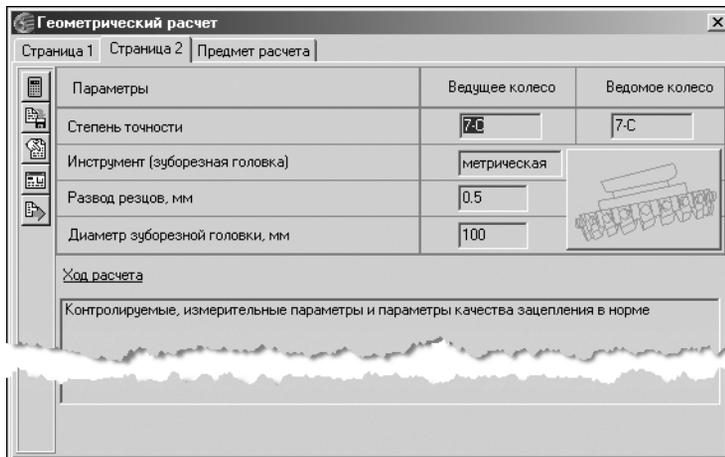


Рис. 7.22.

## Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 2

### ▼ Выбор типа и параметров зуборезной головки



Выбор осуществляется в специализированном диалоге, вызываемом при нажатии кнопки **Выбор типа и параметров зуборезной головки** (рис. 7.23).

Выбор головки может быть осуществлен:

Рис. 7.23.

- ▼ из ограниченных комплектов (дюймовые или метрические);
- ▼ из полного комплекта.

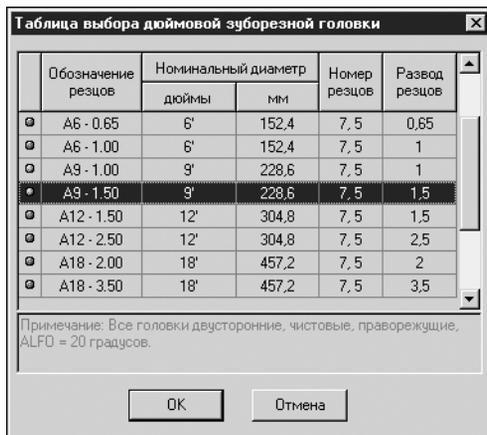


Рис. 7.24.

В случае выбора из ограниченного комплекта будет предложен полный список головок из этого комплекта с отметками о допустимости применения каждой из головок (рис. 7.24).

Если строка с параметрами головки отмечена зеленым индикатором – головку можно использовать, если красным – нет.

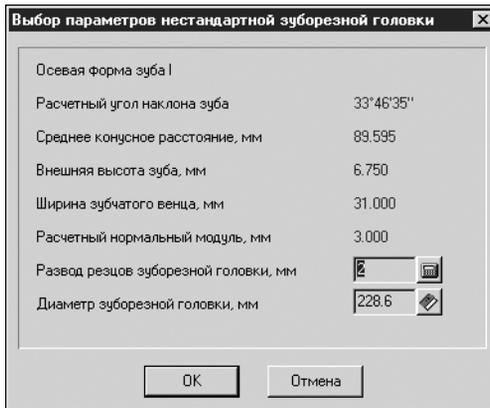


Рис. 7.25.

В случае выбора из полного комплекта в специализированном диалоге (рис. 7.25) необходимо ввести развод резцов и диаметр нестандартной зуборезной головки.

### ▼ Развод резцов



*Развод резцов* вводится только при одностороннем методе обработки. При нажатии кнопки **Рассчитать** он может быть автоматически введен в соответствие с рекомендациями ГОСТ 11902-77 (табл. 7.7).

В результате выбора номера резца будет скорректирован угол наклона зубьев.

Табл. 7.7. Развод резцов зуборезных головок

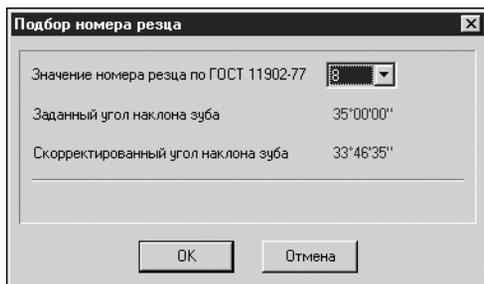
<b>Развод резцов, мм</b>	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
<b>Диаметр головки, мм</b>	0,20	0,25		0,32		0,40		0,50	0,60	
<b>Развод резцов, мм</b>	1,25	1,375	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50		2,75	
<b>Диаметр головки, мм</b>	0,80	0,90	1,00	1,10	1,30	1,40	1,60		1,80	
<b>Развод резцов, мм</b>	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	7,00	8,00	
<b>Диаметр головки, мм</b>	2,00	2,20	2,60	2,80	3,20	3,60	4,00	4,60	5,20	
<b>Развод резцов, мм</b>	9,00	10,00	11,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	25,00
<b>Диаметр головки, мм</b>	6,00	6,50	7,00	8,00	9,00	10,00	12,00	13,00	14,00	16,00

### ▼ Диаметр зуборезной головки



*Диаметр зуборезной головки* можно ввести при помощи клавиатуры или выбрать из списка возможных вариантов, который откроется при нажатии кнопки **Выбрать**. Заметим, что при использовании кнопки **Выбрать** предлагаются только головки, удовлетворяющие всем ограничивающим условиям).

В случае выбора многомерного способа обработки перед выбором зуборезной головки в специализированном диалоге (рис. 7.26) осуществляется подбор номера резца по ГОСТ 11902-77.

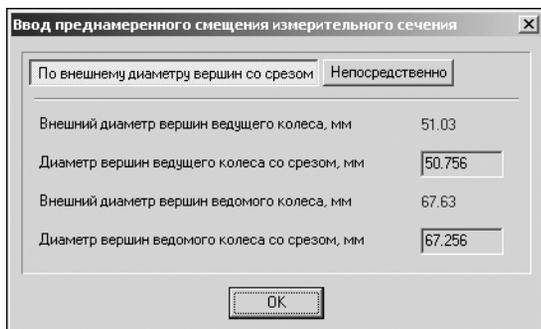


После выбора из раскрывающегося списка номера резца будет скорректирован угол наклона зубьев. Нажмите кнопку **ОК**, чтобы вернуться в окно выбора параметров нестандартной зуборезной головки.

Рис. 7.26.



Нажмите кнопку **Расчет** на панели инструментов окна **Геометрический расчет** (см. рис. 7.22 на с. 128).



Раскроется окно, в котором нужно будет ввести величину преднамеренного смещения измерительного сечения (рис. 7.27).

Величина преднамеренного смещения измерительного сечения  $L''_x$  (рис. 7.28) может быть задана одним из способов:

- ▼ определена по внешнему диаметру вершин зубьев со срезом  $D'_{ae}$ ;
- ▼ введена прямым указанием.

Рис. 7.27.

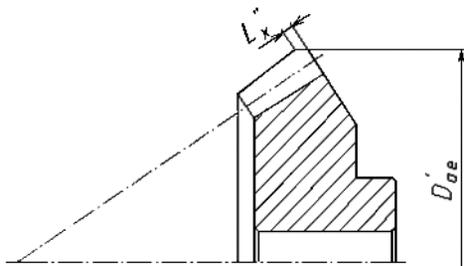
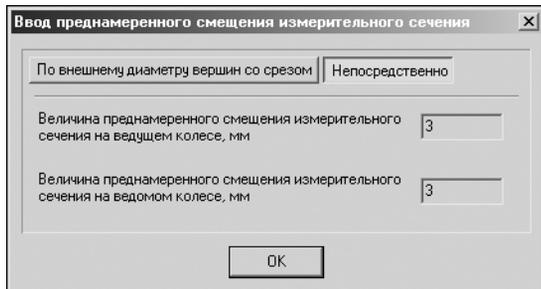


Рис. 7.28.

Если вы выбрали первый вариант ввода данных, задайте значения диаметров вершин зубьев со срезом ведущего и ведомого колес. Затем нажмите кнопку **ОК**.

Если вы выбрали второй вариант, нажмите кнопку **Непосредственно**. Затем введите величины преднамеренного смещения измерительного сечения на ведомом и на ведущем колесах (рис. 7.29). Нажмите кнопку **ОК**.



Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

В случае невыполнения каких-либо показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.

Рис. 7.29.

### 7.4.2. Расчет на прочность

Порядок расчета и особенности ввода исходных данных при расчете зубчатого колеса на прочность рассмотрены в разделе 7.2.2 на с. 115. Отличительная особенность при расчете – иные варианты схем расположения передачи.

### 7.4.3. Расчет на долговечность

Порядок расчета и особенности ввода исходных данных при расчете зубчатого колеса на долговечность рассмотрены в разделе 7.2.3 на с. 117.

Отличительная особенность при расчете шестерни внутреннего зацепления – отсутствие необходимости ввода параметров планетарной передачи.

## 7.5. Коническая передача с прямыми зубьями

С помощью системы *Валы и механические передачи 2D* можно рассчитывать конические передачи с прямыми пропорционально понижающимися зубьями внешнего зацепления с внешним окружным модулем более 1 мм, с межосевыми углами от 10° до 170° и с прямолинейным профилем исходного контура.

В основу расчета положены методики ГОСТ 19624-74 («Передачи зубчатые конические с прямыми зубьями. Расчет геометрии»), справочника «Зубчатые передачи» (под ред. Е. Г. Гинзбурга) и методики, разработанные в расчетно-вычислительном центре акционерного общества «Специальное конструкторское бюро машиностроения» (г. Курган).

Вам предлагается три вида расчетов, которые нужно выполнять последовательно:

- ▼ Геометрический расчет;
- ▼ Расчет на прочность;
- ▼ Расчет на долговечность.

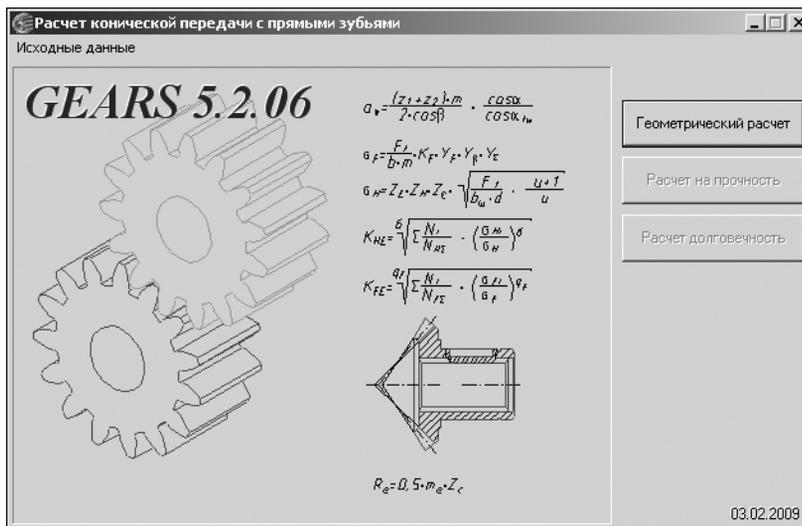


Рис. 7.30.

Нажмите в окне **Расчеты конической передачи с прямыми зубьями** (рис. 7.30) кнопку, соответствующую виду расчета.

## 7.5.1. Геометрический расчет

### Варианты расчета

Выберите необходимый вариант ввода исходных данных (рис. 7.31).

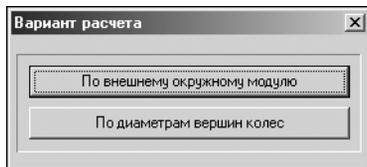


Рис. 7.31.

**Вариант 1.** Задан внешний окружной модуль.

**Вариант 2.** Заданы диаметры вершин колес  $d_{a1}$ ,  $d_{a2}$ . Этот вариант является «ремонтным» и применяется, когда необходимо изготовить зубчатую пару взамен изношенной, а ее модуль не известен. Исходными данными в таком случае будут числа зубьев и внешний диаметр вершин колеса. В результате первичного расчета будет определен приближенный средний нормальный модуль передачи, который при повторном расчете может быть приближен к стандартному значению.

### Описание расчета

Поля ввода исходных данных располагаются на вкладках **Страница 1** и **Страница 2**. Перейти на вторую вкладку и выполнить расчет вы сможете только после ввода всех данных на первой вкладке. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, прочность, долговечность).

Параметры	Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	23	45
2. Внешний окружной модуль, мм	2,000	
3. Межосевой угол передачи	90 ° 0 ' 0 "	
4. Угол профиля	20 ° 0 ' 0 "	
5. Коэффициент высоты головки зуба	1	
6. Коэффициент радиального зазора	0,2	
7. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0,2	
8. Ширина зубчатого венца, мм	20	$b \leq 10m$
9. Коэффициент смещения у шестерни	0,2785	
10. Коэффициент изменения расчетной толщины зуба шестерни	0	
11. Радиус закругления вершины реза	0,6079	

Рис. 7.32.

Введите данные на вкладке **Страница 1** (рис. 7.32).

### Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1

#### ▼ Модуль

Значения модуля стандартизованы, но если при выборе варианта расчета указан вариант **По среднему нормальному модулю**, то можно ввести произвольное значение. Для этого нажмите кнопку **Ввод модуля** и введите значение в открывшемся окне.



### ▼ Стандартный исходный контур (ГОСТ 13754–81)

Параметры 4-7 (см. рис. 7.32) вводятся автоматически в соответствии с ГОСТ 13754-81 и составляют:

- ▼ Угол профиля зацепления – 20;
- ▼ Коэффициент высоты головки зуба – 1,0;
- ▼ Коэффициент радиального зазора – 0,2;
- ▼ Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба – 0,2.

### ▼ Ширина зубчатого венца

При вводе ширины зубчатого венца проверяется соответствие ширины венца модулю и конусному расстоянию.

- ▼ Для колес с осевой формой зуба I и II при среднем угле наклона  $>20^\circ$ :

$$B < 0,3 R_e \text{ и } B < 0,35 R;$$

$$B < 10 M_{te} \text{ и } B < 14 M_n.$$

- ▼ Для колес с осевой формой зуба III, а также для колес с любой формой зуба при среднем угле наклона  $<20^\circ$ :

$$B < 0,25 R_e \text{ и } B < 0,3 R;$$

$$B < 8 M_{te} \text{ и } B < 12 M_n,$$

где  $B$  – ширина венца;

$R_e$  – внешнее конусное расстояние;

$M_{te}$  – внешний окружной модуль;

$R$  – среднее конусное расстояние;

$M_n$  – средний нормальный модуль.



Справку о максимальном допусаемом значении ширины венца можно получить, нажав кнопку с изображением вопросительного знака.

При нажатии клавиши  $\langle F3 \rangle$  в поле **Ширина венца** автоматически подставляется максимальное допусаемое значение ширины.

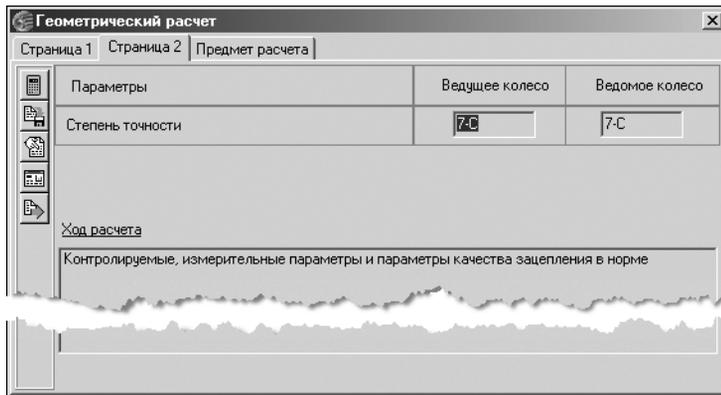
При нажатии клавиши  $\langle F10 \rangle$  выполняется одновременная подстановка значений максимальной допусаемой *Ширины венца*, *Коэффициента смещения расчетной толщины*, *Коэффициента изменения расчетной толщины* и *Радиуса закругления вершин резца*.

### ▼ Коэффициент смещения расчетной толщины, коэффициент изменения расчетной толщины, радиус закругления вершин резца



Расчетные значения данных коэффициентов могут быть получены в соответствии с рекомендациями ГОСТ 19624-74 и автоматически подставлены в соответствующие поля ввода при нажатии клавиши  $\langle F3 \rangle$  или кнопки **Рассчитать**.

При нажатии клавиши  $\langle F10 \rangle$  выполняется одновременная подстановка значений *Коэффициента смещения расчетной толщины*, *Коэффициента изменения расчетной толщины*, *Радиуса закругления вершин резца* и максимальной допусаемой *Ширины венца*.



Введите степень точности зубчатых колес на вкладке **Страница 2** (рис. 7.33).

Рис. 7.33.



Нажмите на панели инструментов кнопку **Расчет**.

Раскроется окно, в котором нужно будет ввести величину преднамеренного смещения измерительного сечения (рис. 7.27 на с. 130). Введите значения, как об этом рассказано в п. на с. 130.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

В случае невыполнения каких-либо показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.

### 7.5.2. Расчет на прочность

Порядок расчета и особенности ввода исходных данных при расчете зубчатого колеса на прочность рассмотрены в разделе 7.2.2 на с. 115.

Отличительная особенность при расчете – иные варианты схем расположения передачи.

### 7.5.3. Расчет на долговечность

Порядок расчета и особенности ввода исходных данных при расчете зубчатого колеса на долговечность рассмотрены в разделе 7.2.3 на с. 117.

Отличительная особенность при расчете – отсутствие необходимости ввода параметров планетарной передачи.

## 7.6. Червячная цилиндрическая передача

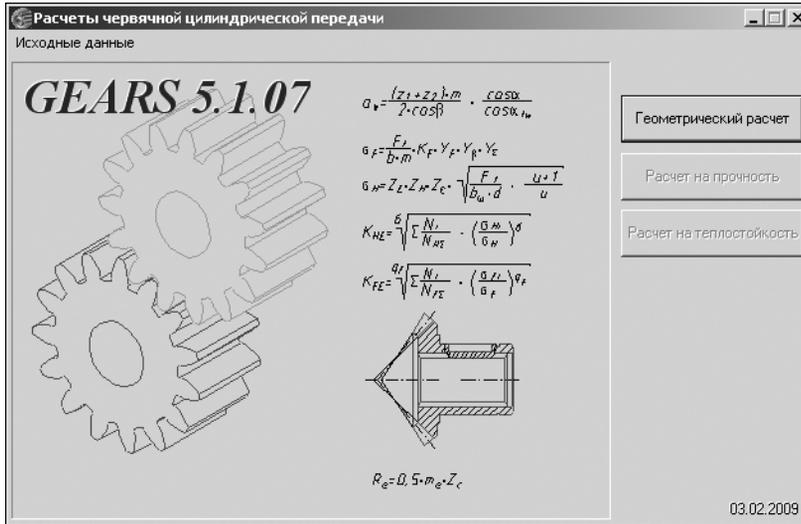
С помощью системы *Валы и механические передачи 2D* можно рассчитывать цилиндрические червячные передачи с прямолинейным или криволинейным профилем исходного контура (профилем витков червяка) для червяков следующих типов:

- ▼ архимедов червяк;
- ▼ конволютный червяк;
- ▼ эвольвентный червяк;
- ▼ цилиндрический, образованный конусом, червяк.

В основу расчета положены методики ГОСТ 19650-74 («Передачи цилиндрические червячные. Расчет геометрии»), справочника «Расчет и проектирование деталей машин» (К. П. Жуков, А. К. Кузнецова, С. И. Масленникова и др.) и методики, разработанные в расчетно-вычислительном центре акционерного общества «Специальное конструкторское бюро машиностроения» (г. Курган).

Вам предлагается три вида расчетов, которые нужно выполнять последовательно:

- ▼ Расчет геометрии;
- ▼ Расчет на прочность;
- ▼ Расчет на теплостойкость.



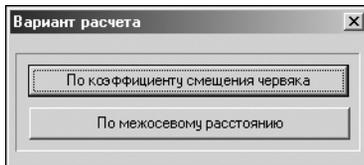
Нажмите в окне **Расчеты червячной цилиндрической передачи** (рис. 7.34) кнопку, соответствующую виду расчета.

Рис. 7.34.

## 7.6.1. Геометрический расчет

### Варианты расчета

Выберите необходимый вариант ввода исходных данных (рис. 7.35).



**Вариант 1.** Задан коэффициент смещения червяка.

**Вариант 2.** Задано межосевое расстояние передачи.

Рис. 7.35.

### Описание расчета

Поля ввода исходных данных располагаются на двух вкладках – **Страница 1** и **Страница 2**. Перейти на вторую вкладку и выполнить расчет вы сможете только после ввода всех данных на первой вкладке. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная ин-

формация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, прочность, теплостойкость).

Геометрический расчет	
Страница 1   Страница 2   Предмет расчета	
Параметры	
1. Число витков червяка	1
2. Число зубьев колеса	20
3. Модуль, мм	2.00
4. Коэффициент диаметра червяка	10
5. Вид червяка	ZA
6. Вид обработки червяка	точение
7. Коэффициент смещения червяка	0.2
8. Угол профиля зацепления, °	20 ° 0 ' 0 "
9. Коэффициент высоты головки зуба	1
10. Коэффициент расчетной толщины	1.571
11. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба	0.3
12. Коэффициент радиального зазора у поверхности впадин червячного колеса	0.2
13. Направление линии витка	правое

Введите данные на вкладке **Страница 1** (рис. 7.36).

Рис. 7.36.

### Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1

▼ **Число витков червяка**

Как правило, используются значения: 1, 2, 4.

▼ **Модуль и коэффициент диаметра червяка**

Значения *Модуля* стандартизованы (табл. 7.8), но может быть введено и произвольное значение.

Табл. 7.8. Значения модуля (М) и коэффициента диаметра червяка (q) по ГОСТ 2144-76

Модуль	Коэффициент диаметра червяка
1;1,25	10;12,5;16;20;25
1,6	10;(11,2);12,5;(14);16;(18);20;25
2;2,5;3,15;4;5;6,3;8;10	8;(9);10;(11,2);12,5;(14);16; (18);20;25
12,5	8;(9);10;(11,2);12,5;(14);16; (18);20
16	8;(9);10;12,5;16;20
20	8;(9);10;12,5;16
25	10;12,5;16

Все приведенные в таблице значения  $q$  разрешено применять при числе витков червяка  $Z_1 = 1, 2$  и  $4$ . При  $q = 18$  и  $25$  допустимо только одно значение  $Z_1 = 1$ .



Выбор коэффициента диаметра в соответствии с табл. 7.8 осуществляется в специализированном диалоге (рис. 7.37), вызываемом нажатием кнопки **Выбрать**.

Модуль	Коэффициент диаметра червяка
1; 1.25	10; 12.5; 16; 20; 25
1.6	10; (11.2); 12.5; (14); 16; (18); 20; 25
2; 2.5; 3.15; 4; 5;	8; (9); 10; (11.2); 12.5; (14); 16; (18)
12.5	8; (9); 10; (11.2); 12.5; (14); 16; (18)
16	8; (9); 10; 12.5; 16; 20
20	8; (9); 10; 12.5; 16
25	10; 12.5; 16

Все приведенные в таблице значения коэффициента диаметра червяка  $q$  разрешено применять при числе витков червяка  $Z_1 = 1, 2$  и  $4$ ; при  $q = 18$  и  $25$  допустимо только одно значение  $Z_1 = 1$ .

Коэффициент диаметра червяка:

ОК Отмена

В окне **Ввод коэффициента диаметра червяка** приведена таблица соответствия модуля передачи коэффициенту диаметра червяка. Курсор по умолчанию расположен в строке, соответствующей значению заданного модуля.

Введите коэффициент диаметра вручную или выберите его из списка, вызываемого нажатием правой клавиши мыши.

Рис. 7.37.

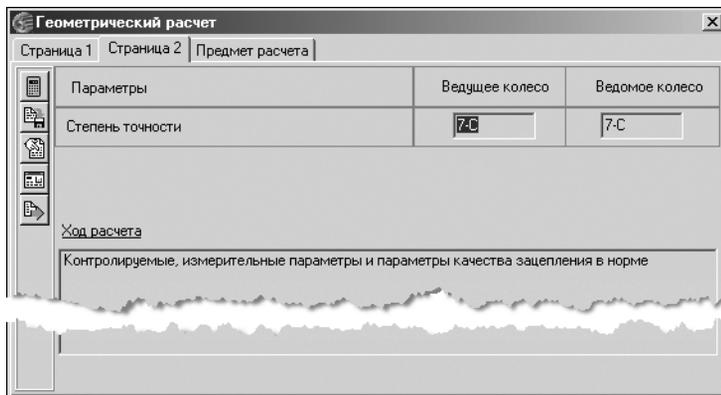
#### ▼ Вид червяка

Выберите из раскрывающегося списка вид червяка:

▼ **ZA (архимедов червяк)** – цилиндрический геликоидный червяк, теоретический торцовый профиль витка которого является архимедовой спиралью. Профиль витков в осевом сечении – прямоугольная трапеция с углом  $20^\circ$ . Может быть нарезан на токарном станке одним (при делительном угле подъема не превышающем  $3^\circ$ ) или двумя резцами (при делительном угле подъема более  $3^\circ$ ) с прямолинейной режущей кромкой. После упрочняющей термической обработки витки червяка могут быть шлифованы только кругом с фасонной кромкой. Правка такого круга сопряжена со значительными трудностями, поэтому червяки обычно изготавливают относительно мягкими.

▼ **ZN (конволютный червяк)** – цилиндрический геликоидный червяк, теоретический торцовый профиль витка которого является удлиненной или укороченной эвольвентой. Различают две разновидности конволютных червяков: червяк **ZN<sub>1</sub>** с прямолинейным профилем витка в сечении плоскостью, нормальной к оси симметрии витка, и червяк **ZN<sub>2</sub>** с прямолинейным профилем витка в сечении плоскостью, нормальной к оси симметрии впадины на делительном цилиндре. Угол профиля витков в нормальном сечении витка и в нормальном сечении впадины равен  $20^\circ$ . Может быть нарезан на токарном станке одним или двумя резцами с прямолинейной режущей кромкой. После упрочняющей термической обработки витки червяка могут быть шлифованы только кругом с фасонной кромкой (правка такого круга сопряжена со значительными трудностями), поэтому червяки обычно изготавливают относительно мягкими.

- ▼ **ZI (эвольвентный червяк)** – цилиндрический геликоидный червяк, теоретический торцовый профиль витков которого является эвольвентой окружности. Может рассматриваться как косозубое эвольвентное зубчатое колесо, у которого сопряженная с ним рейка имеет в нормальном сечении угол профиля  $20^\circ$ . Может быть обработан резцами с прямолинейной режущей кромкой на токарном станке: резец, установленный выше центра, обрабатывает одну сторону витка, резец установленный ниже центра – вторую. Угол профиля резцов должен быть равен углу подъема винтовой линии на основном цилиндре. После упрочняющей термической обработки витки червяка могут быть шлифованы кругом с прямолинейной кромкой, подобно цилиндрическим косозубым колесам, поэтому эти червяки обычно изготавливают с витками высокой твердости, что позволяет существенно повысить нагрузочную способность передачи.
- ▼ **ZK (цилиндрический, образованный конусом, червяк)** – нелинейчатый червяк, у которого главная поверхность витка является огибающей производящего конуса при его винтовом движении относительно червяка с осью винтового движения, совпадающей с осью червяка. Угол производящего конуса должен быть равен  $20^\circ$ , установка инструмента относительно оси обрабатываемого червяка может быть различной: оси могут скрещиваться под углом, равным делительному углу подъема линии витка червяка (червяк **ZK<sub>1</sub>**), или под прямым углом (червяки **ZK<sub>2</sub>** и **ZK<sub>3</sub>**). После упрочняющей термической обработки витки червяка могут быть дополнительно шлифованы, поэтому эти червяки обычно изготавливают с витками высокой твердости, что позволяет существенно повысить нагрузочную способность передачи.



Введите данные на вкладке **Страница 2** (рис. 7.38).

Рис. 7.38.



Нажмите кнопку **Расчет**.

Раскроется окно, в котором нужно задать *Длину нарезанной части червяка* и *Ширину венца червячного колеса* (рис. 7.39).

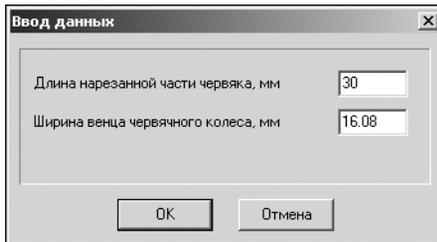


Рис. 7.39.

В окне **Ввод данных** по умолчанию приводятся:

- ▼ рассчитанная *Длина нарезанной части червяка*; это значение является минимальным предельно допустимым и может округляться только в большую сторону;
- ▼ рассчитанная *Ширина венца червячного колеса*; это значение является максимальным предельно допустимым и может округляться только в меньшую сторону.

При необходимости измените значения параметров. Нажмите кнопку **OK**.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

В случае невыполнения каких-либо показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.

## 7.6.2. Расчет на прочность

Поля ввода исходных данных располагаются на вкладке **Страница 1**. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, прочность, теплостойкость).

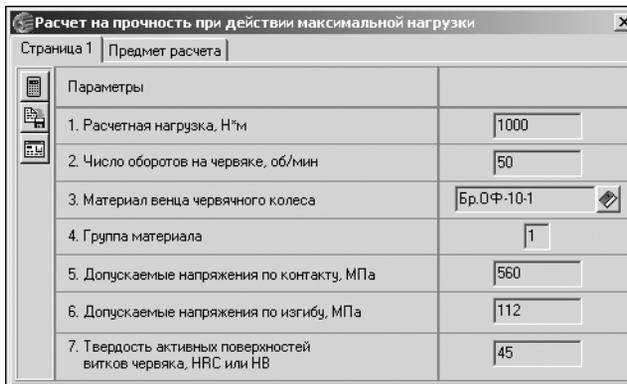


Рис. 7.40.

Введите исходные данные для расчета (рис. 7.40).

### Особенности ввода некоторых данных

#### ▼ Расчетная нагрузка

Расчетная нагрузка задается на ведущем колесе.

#### ▼ Материал венца червячного колеса



Введите значение вручную или нажмите кнопку **Выбрать** и задайте материал при помощи *Модуля выбора материалов*.

Червячные колеса изготавливают из материалов, обладающих хорошими противозадирными и антифрикционными свойствами. Все применяемые материалы можно разбить на три группы в зависимости от их склонности к заеданию:

- ▼ **Группа I.** Бронзы с пределом прочности на растяжение более 300 МПа:

а) высокооловянистые бронзы (6...10% Sn) марок Бр.ОФ10-1 и Бр.ОФН-10. Эти бронзы отличаются хорошими противозадирными свойствами, но вследствие дефицитности и высокой стоимости олова их следует применять в ответственных высокоскоростных передачах при скоростях скольжения от 6 до 25 м/с;

б) бронза марок Бр.ОЦС 6-3-3, Бр.ОЦС 5-5-5 с содержанием олова 3...6%, а также сурьмяноникелевая Бр.СуН7-2 (3...6% Sb). При высоких скоростях скольжения противозадирные свойства у этих бронз хуже, чем у высокооловянистых, поэтому их рекомендуется применять при скорости скольжения < 12 м/с. При больших нагрузках (мощностях) указанные марки бронз применяются посредством отливки их в металлической форме (кокиль) или центробежным способом.

▼ **Группа II.** Безоловянистые бронзы и латуни с пределом прочности на растяжение более 350 МПа, т. е. бронзы марок Бр.АЖ9-4, Бр.АЖ10-4-4, Бр.АЖМц10-3-1,5 и т. д. Эти бронзы имеют хорошие механические характеристики, значительно дешевле оловянистых, но обладают худшими антифрикционными свойствами и поэтому применяются при скоростях скольжения до 8 м/с. При этом во избежание заедания червяк должен тщательно шлифоваться или полироваться и иметь высокую твердость рабочих поверхностей (HRC > 45).

▼ **Группа III.** Относительно мягкие серые чугуны марок СЧ 12-28, СЧ 15-32 и СЧ 18-36. Применение этих материалов допускается только для тихоходных малонагруженных передач при скорости скольжения до 2 м/с.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

### 7.6.3. Расчет на теплостойкость

В результате расчета на теплостойкость определяются рабочая температура масла и время допустимой непрерывной работы передачи.

Расчет на теплостойкость	
Страница 1   Предмет расчета	
Параметры	
1. Режим работы передачи	С искусственным охлаждением
2. Масса редуктора, кг	68
3. К.П.Д. в опорах	0.52
4. Марка масла	Трансмиссионное
5. Масса масла в ванне, кг	10
6. Кинематическая вязкость масла при 50°C, (•10 <sup>-6</sup> )м <sup>2</sup> /с	400
7. Кинематическая вязкость масла при 100°C, (•10 <sup>-6</sup> ) м <sup>2</sup> /с	32
8. Температура окружающего воздуха, °C	20
9. Площадь свободной поверхности охлаждения корпуса, м <sup>2</sup>	0.031
10. Коэффициент теплопередачи корпуса, [Вт/м <sup>2</sup> °C]	13.1
11. Диаметр вентилятора, мм	35
12. Площадь части поверхности корпуса, обдуваемой вентилятором, м <sup>2</sup>	0.009

Поля ввода исходных данных располагаются на вкладке **Страница 1** (рис. 7.41). Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, прочность, теплостойкость).

Введите исходные данные для расчета.

Рис. 7.41.

## Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1

### ▼ Режим работы передачи

Для расчета можно выбрать из раскрывающегося списка один из предлагаемых режимов работы червячной передачи:

- ▼ непрерывный или повторно-кратковременный без искусственного охлаждения;
- ▼ непрерывный или повторно-кратковременный режим с искусственным охлаждением (вентилятор).

В случае выбора второго варианта необходимо дополнительно ввести *Диаметр вентилятора* и *Площадь части поверхности корпуса, обдуваемой вентилятором*.

### ▼ К.П.Д. в опорах

*К.П.Д.* может иметь значение от 0,96 до 0,99. Меньшее значение принимается для передачи на подшипниках скольжения, большее – на подшипниках качения.

### ▼ Марка масла



Введите значение вручную или нажмите кнопку **Выбрать** и укажите марку масла в предлагаемом списке (рис. 7.42).

Марка масла	Кинематическая вязкость		Примечание
	50°C	100°C	
Цилиндровое 52	680	56	вапор
Трансмиссионное	400	32	нигрол летний
Цилиндровое 24	270	24	вискозин
Тракторное АК-15	115	16	автол 18
Автотракторное АКЗп-10	44	9	
Автотракторное АКЗп-6	28	5	

Рекомендованная кинематическая вязкость масла при 50°C для данной передачи = 300

OK Отмена

Рис. 7.42.

### ▼ Площадь свободной поверхности охлаждения корпуса

По умолчанию в поле **Площадь свободной поверхности охлаждения корпуса** приводится значение, определяемое по формуле:

$$S = 25 A_w^2,$$

где  $A_w$  – межосевое расстояние.

При расчете теплостойкости существующей передачи или передачи, по которой выполнены рабочие чертежи, значение необходимо уточнить реальными замерами с учетом поверхности ребер охлаждения, если они существуют.

### ▼ Коэффициент теплопередачи корпуса

При естественном охлаждении в зависимости от циркуляции воздуха в помещении и циркуляции масла в масляной ванне коэффициент равен 8,7...17,5 (Вт/м<sup>2</sup>). Большие значения следует принимать при хорошей циркуляции воздуха, незагрязненной поверхности корпуса, отсутствии внутри него ребер, препятствующих подвижности масла, интенсивной циркуляции и малой вязкости масла.

### ▼ Диаметр вентилятора

По умолчанию диаметр вентилятора, устанавливаемого на валу червяка для охлаждения корпуса, определяется по формуле:

$$D_v = 0,7 D_2,$$

где  $D_2$  – делительный диаметр червячного колеса.

Обычно значение диаметра вентилятора выбирается в интервале  $(0,6...0,8)D_2$ .

▼ **Площадь поверхности корпуса передачи, обдуваемой вентилятором**

По умолчанию в поле **Площадь поверхности корпуса передачи, обдуваемой вентилятором** приводится значение, определяемое по формуле:

$$S = 7,5 A_w^2,$$

где  $A_w$  – межосевое расстояние.

При расчете теплостойкости существующей передачи или передачи, по которой выполнены рабочие чертежи, значение необходимо уточнить реальными замерами с учетом поверхности ребер охлаждения, если они существуют.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

## 7.7. Цепная передача

С помощью системы *Валы и механические передачи 2D* можно рассчитывать однорядные и многорядные цепные передачи с приводными роликовыми или втулочными цепями по ГОСТ 13568-75 («Цепи приводные роликовые и втулочные»), ГОСТ 21834-87 («Цепи приводные роликовые повышенной прочности и точности»), ГОСТ 591-69 («Звездочки к приводным роликовым и втулочным цепям»).

Расчеты выполняются в соответствии с рекомендациями справочника «Проектирование цепных передач» (авторы А. А. Готовцев, И. П. Котенок).

Вам предлагается три вида расчетов:

- ▼ **Геометрический расчет;**
- ▼ **Проектный расчет;**
- ▼ **Расчет на работоспособность.**

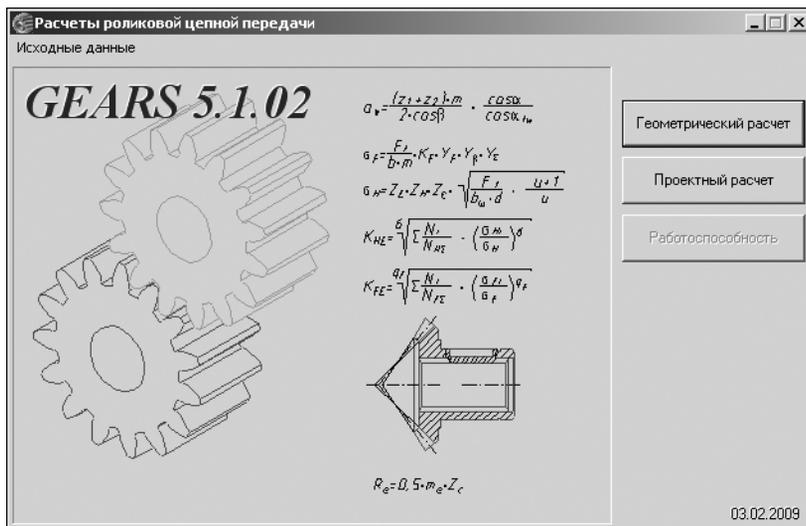


Рис. 7.43.

Первые два вида расчетов нужно выполнять последовательно. Расчет на работоспособность проводится после любого из двух первых расчетов.

Нажмите в окне **Расчеты роликовой цепной передачи** (рис. 7.43) кнопку, соответствующую виду расчета.

### 7.7.1. Геометрический расчет

Поля ввода исходных данных располагаются на вкладке **Страница 1**. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, проектный расчет, работоспособность).

Геометрический расчет	
Страница 1   Предмет расчета	
Параметры	
1. Число зубьев ведущей звездочки	25
2. Число зубьев ведомой звездочки	40
3. Профиль зуба по ГОСТ 591-69	со смещением
4. Класс точности звездочки по ГОСТ 591-69	B
5. Обозначение цепи	PP-25,4-6000
6. Предварительное межосевое расстояние, мм	400
7. Угол наклона линии центров, °	0 ° 0 ' 0 "
Ход расчета	
Контролируемые, измерительные параметры и параметры качества зацепления в норме	

Введите данные для расчета (рис. 7.44).

Рис. 7.44.

#### Особенности ввода некоторых данных на вкладке Страница 1

##### ▼ Число зубьев ведущей звездочки

При известном передаточном числе  $U$ , если отсутствуют конструктивные ограничения по габаритам, число зубьев меньшей звездочки  $z_1$  целесообразно принимать в зависимости от передаточного числа по формуле:

$$z_1 = 29 - 2U.$$

##### ▼ Профиль зуба звездочек по ГОСТ 591-69

Стандарт устанавливает два варианта профиля зубьев звездочек:

- ▼ без смещения центров дуг впадин;
- ▼ со смещением центров дуг впадин.

Выберите нужный вариант из раскрывающегося списка.

##### ▼ Класс точности звездочек по ГОСТ 591-69

Стандарт устанавливает три класса точности звездочек:

- ▼ A (наиболее точные звездочки);
- ▼ B;
- ▼ C.

Выберите нужный вариант из раскрывающегося списка.

##### ▼ Обозначение цепи



Для ввода обозначения цепи нажмите кнопку **Выбрать** и последовательно укажите тип и обозначение цепи в открывшемся окне (рис. 7.45).

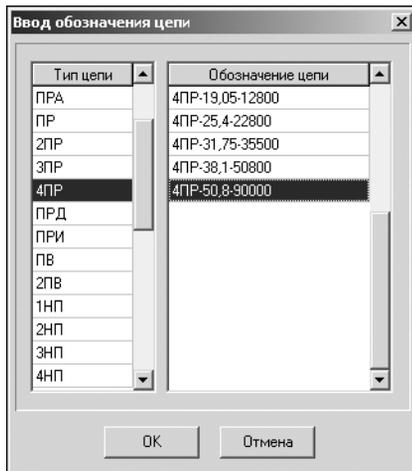


Рис. 7.45.

Стандартизованы следующие типы цепей:

- ▼ ПРА, ПР, 2ПР, 3ПР, 4ПР, ПРД, ПРИ, ПВ, 2ПВ, 1НП, 2НП, 3НП, 4НП, 6НП, 1ТП, 2ТП, 3ТП, 4ТП, 6ТП, 8ТП;
- ▼ ГОСТ 13568-75. Цепи приводные роликовые и втулочные:
  - ПРА – роликовые цепи повышенной точности;
  - ПР – роликовые цепи нормальной точности;
  - ПРД – роликовые длиннозвенные цепи;
  - ПРИ – роликовые цепи с изогнутыми пластинами;
  - ПВ – втулочные цепи.
- ▼ ГОСТ 21834-87. Цепи приводные роликовые повышенной прочности и точности:
  - НП – нормального типа для буровых установок;
  - ТП – тяжелого типа для буровых установок.

Роликовые однорядные цепи делят на:

- ▼ короткошаговые (ПРА и ПР);
- ▼ длиннозвенные (ПРД).

Роликовые многорядные цепи (2ПР, 3ПР и т. д.) конструктивно представляют собой параллельное соединение нескольких однорядных роликовых цепей. Их составляют из двух, трех и четырех рядов, используя детали цепей соответствующего типа. В поперечном направлении ряды соединяют с помощью удлиненных валиков.

Многорядные цепи работают при тех же частотах вращения, что и однорядные цепи такого же типоразмера, и позволяют уменьшать габаритные размеры цепной передачи и снижать уровень шума при работе благодаря меньшему шагу цепи.

Цепи с изогнутыми пластинами типа ПРИ являются разновидностью роликовых цепей. Эти цепи обладают повышенной упругостью и лучше воспринимают ударные нагрузки.

У втулочных цепей значительно больше проекция опорной поверхности шарнира, чем у роликовых цепей. Благодаря этому при том же шаге и нагрузке давление в шарнире у них меньше.

Роликовые приводные цепи для буровых установок (типа НП и ТП) предназначены для работы в быстроходных передачах, и, как правило, при хорошей смазке. Нормальные цепи легче тяжелых, а поэтому могут работать при более высоких (на 10-15%) скоростях движения, но вследствие меньшей площади проекции опорной поверхности шарнира при малых и средних скоростях обладают меньшим (на 10-15%) сроком службы. Пластины цепи имеют защитное покрытие.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

В случае невыполнения каких-либо показателей качества зацепления выдаются информационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.

## 7.7.2. Проектный расчет

В результате проектного расчета определяется список передач, подобранных из общей базы цепей, которые удовлетворяют исходным данным.

The screenshot shows a software window titled "Проектный расчет" (Project Calculation) with a sub-tab "Предмет расчета" (Subject of Calculation). The window contains a table of input parameters for a chain drive calculation. The parameters are as follows:

№	Параметр	Значение
1.	Передаточное отношение передачи	1.389
2.	Предварительное число зубьев ведущей звездочки	26
3.	Предварительное межосевое расстояние, мм	1000
4.	Угол наклона линии центров, °	0 ° 0 ' 0 "
5.	Передаваемая мощность, кВт	2.5
6.	Частота вращения ведущей звездочки, об/мин	60
7.	Срок службы передачи, час	1000
8.	Способ смазки передачи	Периодическая
9.	Коэффициент ударности работы	1
10.	Температура окружающей среды, °	25
11.	Профиль зуба по ГОСТ 591-69	со смещением
12.	Класс точности звездочки по ГОСТ 591-69	A

Below the table, there is a section labeled "Ход расчета" (Calculation Process) with an empty text area.

Поля ввода исходных данных располагаются на вкладке **Страница 1**. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех расчетов передачи (геометрия, проектный расчет, работоспособность).

Введите данные для расчета (рис. 7.46).

Рис. 7.46.

### Особенности ввода некоторых данных

#### ▼ Коэффициент ударности работы

Коэффициент ударности работы зависит от характера работы цепной передачи и от того оборудования, где она применяется. Воспользуйтесь для выбора коэффициента таблицами 7.9 и 7.10.

Табл. 7.9. Зависимость коэффициента ударности работы от характера работы цепной передачи

Характер работы цепной передачи	Коэффициент ударности
Плавная работа без толчков и ударов, равномерная нагрузка	1,0
Равномерный ход с отдельными мягкими толчками, легкие, плавные колебания нагрузки	1,0
Легкие удары, небольшие толчки, средняя пульсирующая нагрузка	1,1
Средние удары и предельная пульсирующая нагрузка	1,25
Средние удары и предельная пульсирующая нагрузка средней интенсивности	1,45
Самые сильные удары со знакопеременной нагрузкой	1,5

Табл. 7.10. Значение коэффициента ударности работы для различных типов оборудования

Оборудование	Э*	ДГ*	Д*
<b>Приводы с безударной работой</b>			
Ленточные конвейеры с незначительными колебаниями нагрузки, цепные транспортеры, центробежные насосы и вентиляторы, текстильное оборудование и прочее оборудование, работающее с постоянной нагрузкой.	1,0	1,0	1,2
<b>Приводы с ударами небольшой интенсивности</b>			
Центробежные компрессоры, судовые двигатели, конвейеры с небольшими колебаниями нагрузки, автоматические печи, сушилки, дробилки, металлорежущее оборудование, компрессоры, строительные машины, бумагоделательные машины.	1,3	1,2	1,4
<b>Приводы с сильными ударами</b>			
Прессы, дробилки, горнодобывающее оборудование, вибраторы, нефтедобывающее оборудование, смесители для изготовления резины, прокатные станы, прочее оборудование, подвергающееся действию реверсивных или ударных нагрузок.	1,5	1,4	1,7

\*ОБОЗНАЧЕНИЯ:

- ▼ Э – электродвигатель или турбина;
- ▼ ДГ – двигатель внутреннего сгорания с гидравлической передачей;
- ▼ Д – двигатель внутреннего сгорания без гидравлической передачи.

▼ **Профиль зуба звездочек (ГОСТ 591-69)**

Стандарт устанавливает два профиля зубьев звездочек:

- ▼ без смещения центров дуг впадин;
- ▼ со смещением центров дуг впадин.

Выберите нужный профиль из раскрывающегося списка.

▼ **Класс точности звездочек по ГОСТ 591-69**

Стандарт устанавливает три класса точности звездочек:

- ▼ А (наиболее точные звездочки);
- ▼ В;
- ▼ С.

Выберите нужный вариант из раскрывающегося списка.

Нажмите кнопку **Расчет** на панели инструментов окна **Проектный расчет**. Откроется список цепей, удовлетворяющих исходным данным (рис. 7.47).



Обозначение цепи	Число зубьев ведущей звездочки	Диаметр ведущей звездочки	Коэффициент запаса прочности	Срок службы
ПРА-44,45-17240	26	392	7,97	62941
ПРА-50,8-22700	26	448	12	83779
ПР-38,1-12700	26	336	5,03	64772
ПР-44,45-17240	26	392	7,97	75530
ПР-50,8-22700	26	448	12	100535
ПР-63,5-35400	26	558	23,4	155806
2ПР-38,1-25400	26	336	10,1	97157
2ПР-44,45-34480	26	392	15,9	113294
2ПР-50,8-45360	26	448	24	150802
ПРД-76,2-12700	26	671	10,1	23766
3ПР-31,75-26550	26	279	8,77	94070

Рис. 7.47.

Вы можете сортировать список:

- ▼ по диаметру ведущей звездочки,
- ▼ по коэффициенту запаса прочности,
- ▼ по сроку службы.

Щелкните мышью по названию соответствующей колонки. Список будет отсортирован в порядке возрастания значений, а рядом с названием параметра появится треугольник, вершина которого будет обращена вниз.

Повторный щелчок по этому же названию приведет к пересортировке списка по убыванию значений данного параметра, а треугольник будет обращен вершиной вверх.

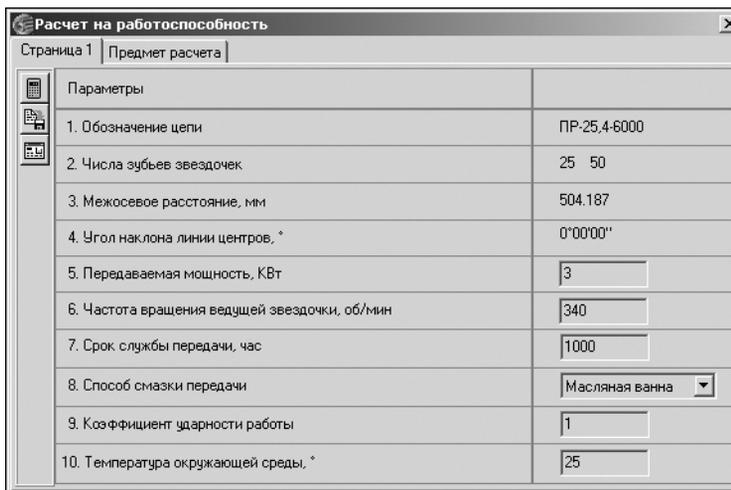


Чтобы посмотреть результаты расчета цепи, укажите курсором соответствующую ей строку списка и нажмите клавишу <F3> или кнопку **Просмотр результата расчета** на панели инструментов.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

### 7.7.3. Расчет на работоспособность

Поля ввода исходных данных располагаются на вкладке **Страница 1**. Данные на вкладке **Предмет расчета** (описательная информация о расчете) постоянны для всех видов расчета передачи (геометрия, проектный расчет, работоспособность).



Расчет на работоспособность	
Страница 1   Предмет расчета	
Параметры	
1. Обозначение цепи	ПР-25,4-6000
2. Числа зубьев звездочек	25 50
3. Межосевое расстояние, мм	504,187
4. Угол наклона линии центров, °	0°00'00"
5. Передаваемая мощность, кВт	<input type="text" value="3"/>
6. Частота вращения ведущей звездочки, об/мин	<input type="text" value="340"/>
7. Срок службы передачи, час	<input type="text" value="1000"/>
8. Способ смазки передачи	Масляная ванна
9. Коэффициент ударности работы	<input type="text" value="1"/>
10. Температура окружающей среды, °	<input type="text" value="25"/>

Рис. 7.48.

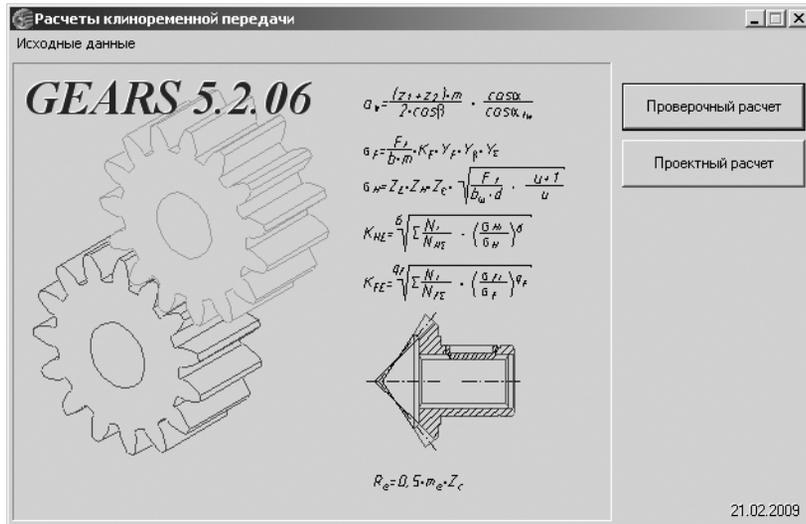
Введите исходные данные для расчета (рис. 7.48).

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

## 7.8. Клиноременная передача

С помощью системы *Валы и механические передачи 2D* можно рассчитывать клиноременные передачи с клиновыми ремнями по ГОСТ 1284-80 и клиновыми узкими ремнями по ТУ 38-40534-75.

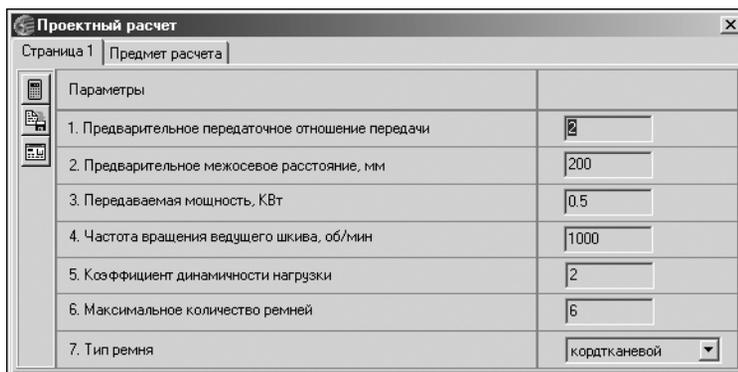
Вам предлагается два вида расчетов: проектный и проверочный. В их основу положены рекомендации учебника «Детали машин» (автор Д. Н. Решетов).



Чтобы приступить к расчету, нажмите в расчету, нажмите в окне **Расчеты клиноременной передачи** (рис. 7.49) кнопку, соответствующую необходимому типу расчета.

Рис. 7.49.

### 7.8.1. Проектный расчет



Введите исходные данные для расчета на вкладке **Страница 1** (рис. 7.50).

Рис. 7.50.

#### Особенности ввода некоторых данных

##### ▼ Коэффициент динамичности нагрузки

Коэффициент динамичности нагрузки зависит от характера нагрузки передачи и от того оборудования, где применяется передача. Воспользуйтесь для выбора коэффициента таблицами 7.11 и 7.12.

Табл. 7.11. Зависимость коэффициента динамичности нагрузки от характера нагрузки передачи

Характер работы передачи	Коэффициент динамичности нагрузки
Спокойная. Пусковая до 120% нормальной	1,00
Умеренные колебания. Пусковая до 150% нормальной	1,15
Значительные колебания. Пусковая до 200% нормальной	1,30
Ударная и резко неравномерная. Пусковая до 300% нормальной	1,55



При частых и резких пусках двигателя коэффициент следует повышать на 0,15.

Табл. 7.12. Значение коэффициента ударности работы для различных типов оборудования

Оборудование	Коэффициент динамичности нагрузки
Электрические генераторы; вентиляторы; центробежные насосы и компрессоры; ленточные транспортеры; станки с непрерывным процессом резания	1,00
Поршневые насосы и компрессоры с тремя и более цилиндрами, пластинчатые транспортеры, станки-автоматы	1,15
Реверсивные приводы, станки строгальные и долбежные, поршневые насосы и компрессоры с одним и двумя цилиндрами, транспортеры винтовые и скребковые, элеваторы	1,30
Подъемники, экскаваторы, драги, эксцентриковые и винтовые прессы, ножицы, молоты, бегуны, мельницы	1,55

#### ▼ Тип ремня

Выберите из раскрывающегося списка тип ремня:

- ▼ кордтканевый;
- ▼ кордшнурой.

В **кордтканевых ремнях** корд выполнен в виде нескольких слоев кордткани с основой из крученых шнуров и тонких редких нитей утка. Такие ремни применимы при нестесненных габаритах передачи; в этом случае они обладают достаточной долговечностью.

В **кордшнуровых ремнях** корд состоит из одного слоя кордшнура, намотанного по винтовой линии и заключенного в слой мягкой резины для уменьшения трения. Такие ремни, как более гибкие и долговечные, применяют для передач, работающих в напряженных условиях, в частности при необходимости шкивов малых диаметров.

Происходит постепенный общий переход на кордшнуровые ремни.



Нажмите кнопку **Расчет** на панели инструментов окна **Проектный расчет** (см. рис. 7.50 на с. 148). Откроется список передач, удовлетворяющих исходным данным (рис. 7.51).

Обозначение ремня	Диаметр ведущего шкива	Диаметр ведомого шкива	Длина ремня	Передаточное отношение	Межосевое расстояние	Число ремней	Кoeffициент запаса
A ГОСТ 1284.1-89	90	180	1400	2,02	486	3	1,356
A ГОСТ 1284.1-89	112	224	1500	2,02	483	2	1,112
A ГОСТ 1284.1-89	125	250	1500	2,02	451	2	1,226
A ГОСТ 1284.1-89	140	280	1600	2,02	465	2	1,362
A ГОСТ 1284.1-89	160	315	1700	1,989	471	2	1,538
A ГОСТ 1284.1-89	180	355	1800	1,992	472	2	1,705
A ГОСТ 1284.1-89	205	400	1900	1,971	465	2	1,904
A ГОСТ 1284.1-89	224	450				1	1,019
A ГОСТ 1284.1-89	250	500				1	1,111
УО ТУ 38-40534-75	65	125				6	1,102
УО ТУ 38-40534-75	71	140	1250	1,992	458	5	1,127
УО ТУ 38-40534-75	80	160	1320	2,02	470	4	1,157

Рис. 7.51.

### ▼ Обозначение клиновых ремней

Стандартизованы ремни следующих сечений:

- ▼ ГОСТ 1284-80. Ремни клиновые – О, А, Б, В, Г, Д, Е.
- ▼ ТУ 38-40534-75. Ремни клиновые узкие – УО, УА, УБ, УВ.

Чтобы отсортировать подобранные передачи по одному из параметров (диаметру ведущего шкива, длине ремня, коэффициенту запаса прочности и т. д.), щелкните мышью по названию соответствующей колонки. Список будет отсортирован в порядке возрастания значений, а рядом с названием параметра появится треугольник, вершина которого будет обращена вниз. Повторный щелчок по этому же названию приведет к пересортировке списка по убыванию значений данного параметра, а треугольник будет обращен вершиной вверх.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109) и команды контекстного меню списка передач.

## 7.8.2. Проверочный расчет

Параметры	
1. Предварительное межосевое расстояние, мм	<input type="text" value="200"/>
2. Предварительное передаточное отношение передачи	<input type="text" value="1"/>
3. Максимальный диаметр ведущего шкива, мм	<input type="text" value="90"/>
4. Количество ремней	<input type="text" value="6"/>
5. Тип ремня	<input type="text" value="кордканевой"/>
6. Частота вращения ведущего шкива, об/мин	<input type="text" value="1000"/>
7. Коэффициент динамичности нагрузки	<input type="text" value="1"/>

Рис. 7.52.

Введите исходные данные для расчета на вкладке **Страница 1** (рис. 7.52).

Далее выполните расчет по аналогии с проектным расчетом (см. раздел 7.8.1 на с. 148).

## 7.9. Зубчатоременная передача

С помощью системы *Валы и механические передачи 2D* можно рассчитывать передачи с зубчатыми ремнями (ОСТ 38-05114-76).

Вам предлагается выполнить проектный расчет передачи (рис. 7.53) согласно ОСТ 38-05227-81 «Передачи зубчатые ременные. Методы расчета».

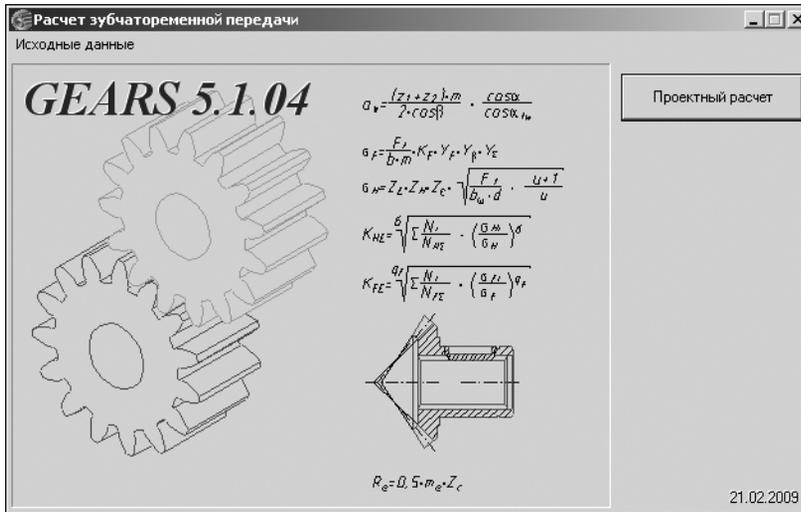


Рис. 7.53.

Чтобы приступить к расчету, нажмите в окне **Расчеты зубчатоременной передачи** кнопку **Проектный расчет**.

### 7.9.1. Проектный расчет

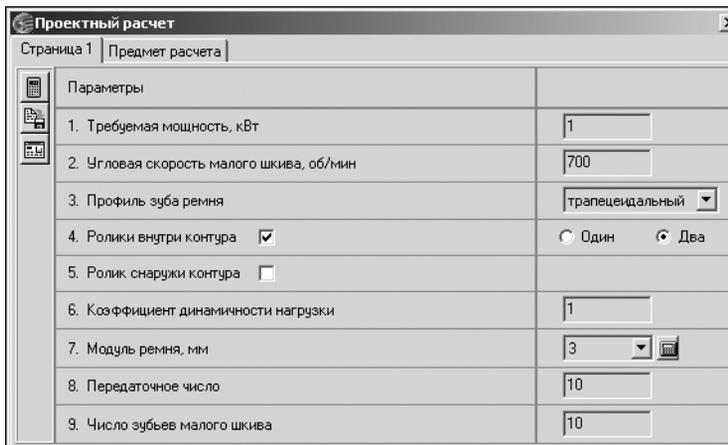


Рис. 7.54.

Поля ввода исходных данных располагаются на одной вкладке. На вкладке **Предмет расчета** можно ввести описательную информацию о расчете.

Введите данные для расчета (рис. 7.54).

#### Особенности ввода некоторых данных

##### ▼ Требуемая мощность

Для приводных зубчатых ремней по ОСТ 38-05114-76 значение мощности должно находиться в диапазоне от 0,05 до 30 кВт.

▼ **Частота вращения малого шкива**

Для приводных зубчатых ремней по ОСТ 38-05114-76 частота вращения малого шкива должна находиться в диапазоне от 650 до 3500 об/мин.

▼ **Профиль зуба ремня**

Расчет выполняется для зубчатых ремней с трапецидальным профилем.

▼ **Коэффициент динамичности нагрузки**

Коэффициент динамичности нагрузки зависит от характера нагрузки передачи и от того оборудования, где применяется передача. Воспользуйтесь для выбора коэффициента таблицами 7.11 на с. 149 и 7.12 на с. 149.



В связи с повышенной жесткостью зубчатых ремней коэффициент динамичности следует брать на 30...50% больше, чем значения, приводимые в таблицах. При частых и резких пусках двигателя коэффициент следует повышать на 0,15.

▼ **Модуль ремня**



Модуль вычисляется, исходя из передаваемой мощности и частоты вращения малого шкива. При нажатии кнопки **Рассчитать расчет** выполняется автоматически.

▼ **Передаточное число**

Значение передаточного числа должно находиться в диапазоне от 1 до 5,7.

▼ **Число зубьев малого шкива**

Минимальное число зубьев меньшего шкива принимают:

- ▼  $Z_{min} = 16...20$  при модуле ремня 2...5 мм;
- ▼  $Z_{min} = 20...25$  при модуле ремня 7...10 мм;
- ▼  $Z_{min} = 25...40$  при больших угловых скоростях.



Нажмите кнопку **Расчет** на панели инструментов окна **Проектный расчет**. Откроется список передач, удовлетворяющих исходным данным (рис. 7.55).

Число зубьев ведущего шкива	18			
Делительный диаметр ведущего шкива, мм	126			
Число зубьев ведомого шкива	36			
Делительный диаметр ведомого шкива, мм	252			
Обозначение ремня	Число зубьев ремня	Межосевое расстояние, мм	Длина ремня, мм	Ширина ремня, мм
ОСТ 38 05114-76	48	221,967	1055,575	63
ОСТ 38 05114-76	50	244,791	1099,557	63
ОСТ 38 05114-76	53	278,766	1165,531	63
ОСТ 38 05114-76	56	312,522	1231,504	63
ОСТ 38 05114-76	60	357,3	1319,469	63
ОСТ 38 05114-76	63	390,762	1385,442	63

Чтобы отсортировать подобранные передачи по одному из параметров, щелкните мышью по названию колонки. Список будет отсортирован в порядке возрастания значений. Рядом с названием параметра появится треугольник, вершина которого будет обращена вниз. Повторный щелчок по названию приведет к пересортировке списка по убыванию значений данного параметра, а треугольник будет обращен вершиной вверх.

Рис. 7.55.



Для просмотра результатов расчета выберите один из вариантов в списке и нажмите клавишу <F3> или кнопку **Просмотр результата расчета** на панели инструментов.

Для управления расчетом и данными используйте кнопки инструментальной панели (см. табл. 7.3 на с. 109).

## Глава 8.

### Расчет валов и подшипников

#### 8.1. Общие сведения

При работе с системой *Валы и механические передачи 2D* вы имеете возможность выполнить расчет созданных с ее помощью моделей валов и подшипников. Расчет выполняется посредством модуля *КОМПАС-ShaftCalc*, являющегося составной частью интегрированной системы проектирования тел вращения. С помощью *КОМПАС-ShaftCalc* вы можете:

- ▼ выполнить прочностной расчет вала, модель которого построена средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, и получить результаты расчета в виде графиков распределения сил, моментов, относительных углов прогиба вала, а также напряжений и коэффициентов запаса прочности конструкции;
- ▼ выполнить расчет подшипников на грузоподъемность и долговечность, на тепловыделение и получить результаты расчета в виде таблиц в формате *FastReport*;
- ▼ обратиться к *Модулю выбора материалов* для назначения марки материала рассчитываемого вала;
- ▼ назначить чистоту обработки конструктивных элементов вала.

Рассчитываемые валы могут состоять из цилиндрических и конических ступеней и иметь следующие конструктивные элементы:

- ▼ шлицы;
  - ▼ фаски, галтели;
  - ▼ канавки (не примыкающие к торцу ступени):
    - ▼ под стопорное кольцо (внешний контур);
    - ▼ расположенные на шлицах (внешний контур);
  - ▼ шпоночные пазы на цилиндрических поверхностях.
- На рассчитываемых валах могут быть установлены шестерни:
- ▼ цилиндрической передачи с прямыми зубьями (вал-шестерня);
  - ▼ конической передачи с прямыми зубьями (вал-шестерня);
  - ▼ конической передачи с круговыми зубьями (вал-шестерня).

При расчете вала из расчета исключаются ступени:

- ▼ сферическая;
- ▼ квадратного сечения;
- ▼ шестигранного сечения.

При расчете вала не учитываются конструктивные элементы:

- ▼ резьбы;
- ▼ канавки (внутренний контур);
- ▼ канавки для выхода резьбового инструмента;

- ▼ проточки;
- ▼ канавки под выход шлифовального круга;
- ▼ кольцевые пазы;
- ▼ шлицы, выходящие за длину ступени;
- ▼ шпоночные пазы, выходящие за длину ступени;
- ▼ шпоночные пазы на конической поверхности;
- ▼ лыски;
- ▼ глухие и центровые отверстия.



Необходимым условием для начала расчета вала является наличие внешней нагрузки, приложенной к модели, построенной средствами системы *Валы и механические передачи 2D*.

### 8.1.1. Загрузка модуля расчета валов и подшипников

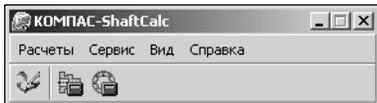


Чтобы начать работу с *КОМПАС-ShaftCalc*, выберите на панели управления системы *Валы и механические передачи 2D* группу команд **Свойства и расчеты** и нажмите кнопку **Расчет вала и подшипников**.

### 8.1.2. Интерфейс модуля

Модуль расчета валов и подшипников – это приложение Windows. Его главное окно содержит стандартные атрибуты: заголовок, строку главного меню, панель инструментов, пиктограммы минимизации, максимизации и закрытия окна.

Главное меню *КОМПАС-ShaftCalc* содержит четыре страницы (раздела) (рис. 8.1):



- ▼ **Расчеты;**
- ▼ **Сервис;**
- ▼ **Вид;**
- ▼ **Справка.**

Рис. 8.1.

На каждой странице находятся команды, объединенные в группы по назначению (табл. 8.1).

Табл. 8.1. Состав главного меню

Страница меню	Назначение и использование команд
<b>Расчеты</b>	На этой странице находятся команды, предназначенные для выбора вида расчета – <b>Расчет вала</b> или <b>Расчет подшипников</b> , а также команда <b>Выход</b> .

Табл. 8.1. Состав главного меню

Страница меню	Назначение и использование команд
<b>Сервис</b>	Здесь расположены команды, с помощью которых можно вызвать: <ul style="list-style-type: none"> <li>▼ <i>Модуль выбора материала</i> (см. раздел 8.1.6 на с. 159);</li> <li>▼ диалог для указания шероховатости поверхностей вала (см. раздел 8.1.7 на с. 159);</li> <li>▼ диалог настройки параметров графиков, отчетов и учета прилагаемых нагрузок (см. раздел 8.1.5 на с. 156).</li> </ul>
<b>Вид</b>	Страница содержит команды управления изображением модели или графиков на чертеже КОМПАС.
<b>Справка</b>	На странице <b>Справка</b> находятся команды вызова справочной системы.

### 8.1.3. Панель инструментов

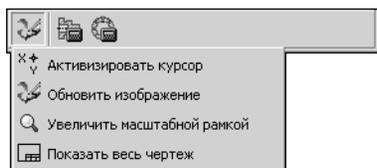


Рис. 8.2.

Панель инструментов *КОМПАС-ShaftCalc* содержит кнопки, предназначенные для выбора вида выполняемого расчета, и группу команд управления изображением модели или графиков на чертеже КОМПАС (рис. 8.2).

Каждая кнопка соответствует определенной команде (табл. 8.2).

Табл. 8.2. Кнопки панели инструментов главного окна КОМПАС-ShaftCalc

Команда	Назначение и использование команды
 <b>Активизировать курсор</b>	
 <b>Обновить изображение</b>	
 <b>Увеличить масштабной рамкой</b>	См. описание одноименных команд в таблице 2.2 на с. 21.
 <b>Показать все</b>	
 <b>Расчет вала</b>	Начало расчета вала.
 <b>Расчет подшипников</b>	Начало расчета подшипников.

### 8.1.4. Завершение работы модуля

Вы можете закончить работу модуля расчета валов и подшипников одним из следующих способов:

- ▼ в главном окне модуля выбрать на странице главного меню **Расчеты** команду **Выход**;
- ▼ закрыть главное окно модуля при помощи стандартных средств экранной формы Windows;
- ▼ находясь в главном окне модуля *КОМПАС-ShaftCalc*, нажать клавишу <Esc>.

### 8.1.5. Настройка

При работе с модулем расчета валов и подшипников вы можете настроить параметры:

- ▼ построения графиков, полученных в результате расчета вала на прочность;
- ▼ оформления отчетов *FastReport* по результатам:
  - ▼ расчета подшипников;
  - ▼ расчета вала;
- ▼ нагружения подшипников.

Чтобы перейти к настройке, вызовите со страницы главного меню *КОМПАС-ShaftCalc* команду **Сервис – Настройки**. Откроется одноименное командное окно (рис. 8.3).

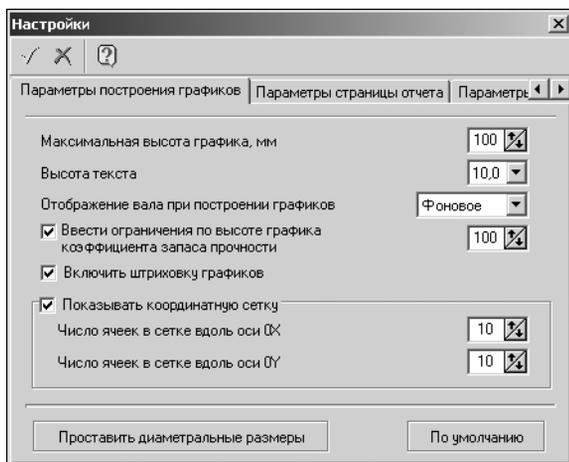


Рис. 8.3.

Окно **Настройки** содержит три вкладки:

- ▼ **Параметры построения графиков**;
- ▼ **Параметры страницы отчета**;
- ▼ **Параметры нагружения**.

Панель инструментов окна **Настройки** содержит три кнопки (табл. 8.3).

Раскройте нужную вкладку, определите требуемые параметры и нажмите кнопку **ОК**.

Табл. 8.3. Кнопки панели инструментов окна **Настройки**

Команда	Назначение команды
	<b>ОК</b> Завершение настройки модуля с сохранением параметров, определенных в окне <b>Настройки</b> .
	<b>Отмена</b> Завершение настройки модуля без сохранения параметров, определенных в окне <b>Настройки</b> .
	<b>Справка</b> Вызов справочной системы модуля расчета валов и подшипников.

## Параметры построения графиков

В окне **Настройки** на вкладке **Параметры построения графиков** (рис. 8.3) вы можете задать:



- ▼ **Максимальную высоту графика**, который будет построен в документе КОМПАС по результатам расчета вала. Значение можно ввести при помощи клавиатуры или кнопки-счетчика, расположенной справа от поля ввода.
- ▼ **Высоту текста, которым будут выполнены надписи на графике**. Значение можно выбрать из предлагаемого списка.
- ▼ **Вариант отображения модели вала при отрисовке графика – фоновое или погашенное**. Если выбрать фоновое отображение, вал будет показан пунктирными линиями, если погашенное – вал не будет виден.
- ▼ **Верхнее значение коэффициента запаса прочности, которое еще будет отображать график**. Вы можете изменить предлагаемое по умолчанию значение с помощью клавиатуры или кнопки-счетчика, расположенной справа от поля ввода. Чтобы снять ограничение, выключите эту опцию.
- ▼ **Необходимость штриховки графика**. Чтобы не штриховать площадь под линией графика, выключите эту опцию.
- ▼ **Необходимость наложения на график координатной сетки и число ячеек в сетке вдоль осей X и Y**. Чтобы изменить предлагаемое по умолчанию количество ячеек в сетке графика, воспользуйтесь клавиатурой или кнопками-счетчиками, расположенными справа от полей ввода значений. Если сетка на графике не нужна, выключите данную опцию щелчком мыши.

В нижней части вкладки **Параметры построения графиков** находятся две кнопки – **Проставить диаметральные размеры** и **По умолчанию**.

Нажмите кнопку **Проставить диаметральные размеры**, чтобы отобразить на модели вала диаметральные размеры. Эта кнопка доступна только в том случае, если рассчитываемый вал содержит элемент механической передачи:

- ▼ который рассчитан на прочность средствами системы *Валы и механические передачи 2D*;
- ▼ для которого из расчета на прочность взята величина крутящего момента.

Нажмите кнопку **По умолчанию**, чтобы восстановить исходные параметры построения графиков.

## Параметры страницы отчета

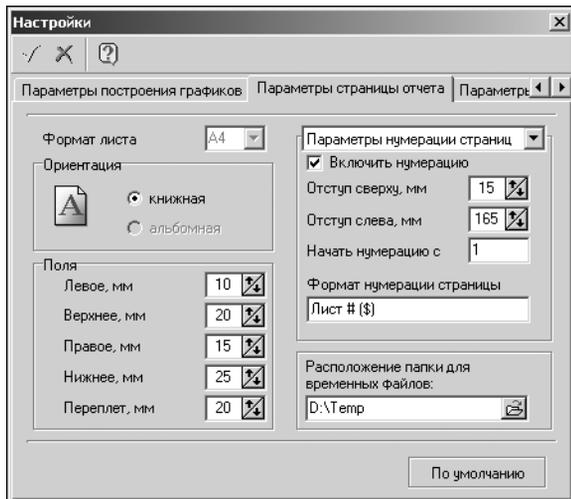
В окне **Настройки** на вкладке **Параметры страницы отчета** показана справочная информация о формате и ориентации листа, на котором будет оформлен отчет (рис. 8.4).

Вы можете задать для страницы отчета размеры полей и отступа на переплет. Значения можно ввести при помощи клавиатуры или кнопок-счетчиков, расположенных справа от каждого поля ввода.

Задайте параметры нумерации страниц. Для этого сделайте следующее.

1. Определите расположение на листе отчета надписи, которая содержит номер страницы и пояснительный текст. Для этого введите величины отступов сверху и слева.

2. Укажите, с какой цифры будет вестись нумерация.

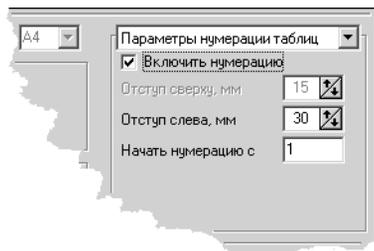


3. Введите в поле **Формат нумерации страницы** пояснительный текст, который будет сопровождать номер страницы. По умолчанию формат таков: *Страница # (\$)*, где:

- ▼ «Страница» – пояснительный текст;
- ▼ «#» – номер страницы;
- ▼ «\$» – общее количество страниц.

Рис. 8.4.

4. Укажите путь к папке, в которой будут размещаться временные файлы с отчетами.



Вы можете задать параметры нумерации таблиц отчета. Для этого нажмите в правой верхней части окна кнопку с черным треугольником и выберите из раскрывшегося списка строку **Параметры нумерации таблиц** (рис. 8.5). Далее сделайте следующее.

1. Определите расположение надписи, содержащей номер таблицы, на листе отчета – введите величину отступа слева.
2. Укажите номер, с которого будет вестись нумерация таблиц.

Рис. 8.5.

Если вы не хотите нумеровать страницы (таблицы), щелчком мыши отключите опцию **Включить нумерацию**.

В нижней части вкладки **Параметры страницы отчета** находится кнопка **По умолчанию**. Нажмите эту кнопку, чтобы восстановить исходные параметры оформления отчетов.

### Параметры нагружения

В окне **Настройки** на вкладке **Параметры нагружения** (рис. 8.6) вы можете выбрать:

- ▼ следует ли учитывать при расчете осевую нагрузку, действующую на подшипник;
- ▼ следует ли останавливать расчет при превышении регламентируемых стандартом (ГОСТ 18855-82) соотношений нагрузок, действующих на подшипник.

Чтобы при расчете радиального подшипника в расчет принималась осевая составляющая нагрузки, включите соответствующую опцию. В этом случае программа автоматически прервет расчет при воздействии на подшипник недопустимой осевой нагрузки.

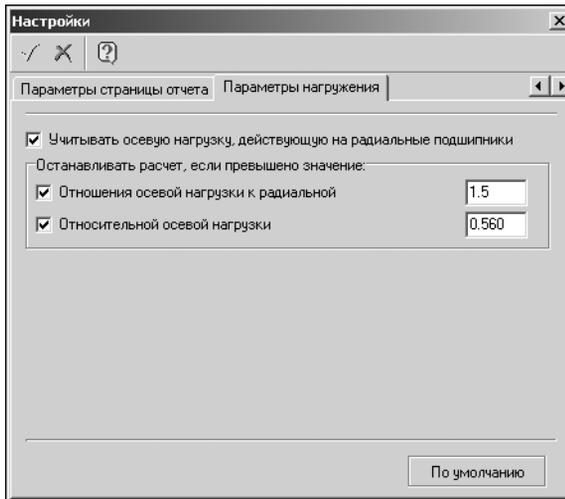


Рис. 8.6.

Чтобы рассчитать подшипник, работающий в условиях нагружения, отличающихся от стандартных, отключите опции, отвечающие за контроль соотношения:

- ▼ осевой и радиальной нагрузок;
- ▼ осевой нагрузки и статической грузоподъемности подшипника, либо измените рекомендуемые стандартом соотношения нагрузок.

Нажмите кнопку **По умолчанию**, чтобы восстановить исходные параметры использования нагрузок.

### 8.1.6. Выбор материала вала

Материал, из которого должен изготавливаться вал, и его механические характеристики задаются при создании модели. Если вы хотите изменить ранее определенные характеристики, вызовите со страницы главного меню модуля расчета валов и подшипников команду **Сервис – Изменить материал вала**. Раскроется главное окно *Модуля выбора материала*. О правилах работы с этим модулем читайте в Главе 9.

### 8.1.7. Выбор шероховатости поверхностей вала

С целью повышения достоверности результатов расчета на прочность назначьте чистоту обработки поверхностей конструктивных элементов вала. Для этого выполните следующие действия.

1. Вызовите со страницы главного меню модуля расчета валов и подшипников команду **Сервис – Шероховатость поверхностей вала**. Раскроется одноименное команде окно (рис. 8.7).

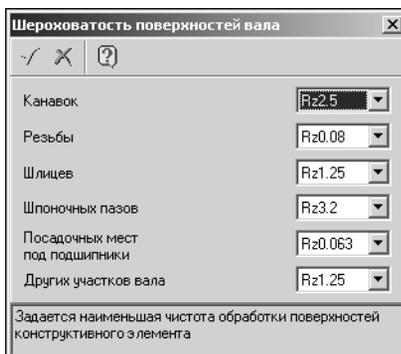


Рис. 8.7.

В верхней части окна расположена панель инструментов. Она содержит кнопки вызова команд управления вводимой информацией (см. табл. 8.3 на с. 156).

В рабочей области окна приведен список конструктивных элементов вала.

2. Укажите чистоту обработки поверхностей тех конструктивных элементов, которые есть в вашей модели. Для этого нажмите кнопку с черным треугольником, расположенную справа от соответствующего поля ввода, и выберите значение из предлагаемого списка.



В каждом случае необходимо вводить шероховатость, соответствующую наименьшей чистоте обработки поверхностей данного конструктивного элемента.



3. После ввода параметров нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.

## 8.2. Расчет вала



Для перехода к расчету вала нажмите на панели инструментов главного окна *КОМПАС-ShaftCalc* (см. рис. 8.1 на с. 154) кнопку **Расчет вала**. Откроется одноименное командное окно (рис. 8.8).

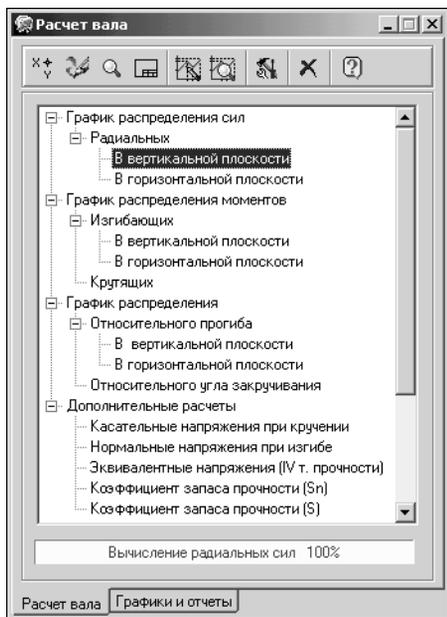


Рис. 8.8.

В верхней части окна **Расчет вала** расположена панель инструментов. Она содержит кнопки управления графиками, получаемыми в результате расчета, а также кнопку вызова группы команд настройки параметров вала и отображения графиков (табл. 8.4). С их помощью вы сможете:

- ▼ снять значения с графиков, построенных в результате расчетов;
- ▼ перейти в режим формирования отчетных графиков;
- ▼ настроить параметры выводимых графиков и формируемых отчетов.

В главной рабочей области окна находится дерево вариантов расчета. Каждый конечный элемент ветви дерева соответствует виду расчета, который можно выполнить.

В нижней части окна размещен прогресс-индикатор, отображающий название и ход выполнения текущего расчета.

Табл. 8.4. Назначение кнопок панели инструментов окна **Расчет вала**

Команда	Назначение и использование команды
<b>Команды управления изображением в документе КОМПАС</b>	
	<b>Активизировать курсор</b> См. описание команды в таблице 2.2 на с. 21.
	<b>Обновить изображение</b> См. описание команды в таблице 2.2 на с. 21.
	<b>Увеличить масштабной рамкой</b> См. описание команды в таблице 2.2 на с. 21.
	<b>Показать все</b> См. описание команды в таблице 2.2 на с. 21.

Табл. 8.4. Назначение кнопок панели инструментов окна **Расчет вала**

Команда	Назначение и использование команды
 <b>Снять значения с графика</b>	По окончании расчета вызовите эту команду, чтобы получить точную информацию о значении рассчитанного параметра в указанной точке графика. Система перейдет в режим трассировки графика (см. раздел 8.2.2 на с. 162).
 <b>Показать график</b>	Отображение графика на всю видимую область окна активного документа КОМПАС.
 <b>Сервис</b>	<p>Вызов подменю, содержащего команды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▼ <b>Шероховатость поверхностей вала</b> (см. раздел 8.1.7 на с. 159);</li> <li>▼ <b>Изменить материал вала</b> (см. раздел 8.1.6 на с. 159);</li> <li>▼ <b>Настройки</b> (см. раздел 8.1.5 на с. 156).</li> </ul>
 <b>Отмена</b>	Завершение работы с окном <b>Расчет вала</b> .
 <b>Справка</b>	См. описание одноименной команды в таблице 8.3 на с. 156.

Для формирования списка графиков, которые войдут в отчет, и для выбора формы отчета в нижней части окна **Расчет вала** находится вкладка **Графики и расчеты**. О выборе варианта оформления отчета рассказано в разделе «Выбор типов формируемых графиков и отчетов» на с. 163.

Чтобы установить параметры построения графиков, нажмите на панели инструментов кнопку **Сервис**, выберите из раскрывшегося меню команду **Настройки** и задайте значения в соответствии с правилами, описанными в разделе 8.1.5 на с. 156.

### 8.2.1. Управление расчетом

Для модели вала, построенной средствами системы *Валы и механические передачи 2D*, вы можете выполнить расчеты:

- ▼ радиальных сил в горизонтальной и вертикальной плоскостях;
- ▼ изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях (если опора одна, то данная опора считается абсолютно жесткой, т. е. заделкой);
- ▼ крутящих моментов;
- ▼ нормальных напряжений (по IV теории прочности);
- ▼ касательных напряжений при кручении;
- ▼ относительного угла закручивания;
- ▼ прогиба вала относительно опор в горизонтальной и вертикальной плоскостях (при наличии двух опор);

- ▼ коэффициента запаса усталостной прочности.

Чтобы начать расчет, дважды щелкните мышью на том конечном элементе ветви дерева вариантов расчета (см. рис. 8.8 на с. 160), который соответствует требуемому виду расчета.

По окончании вычислений на модель вала будет наложен график, построенный в результате расчета (рис. 8.9).

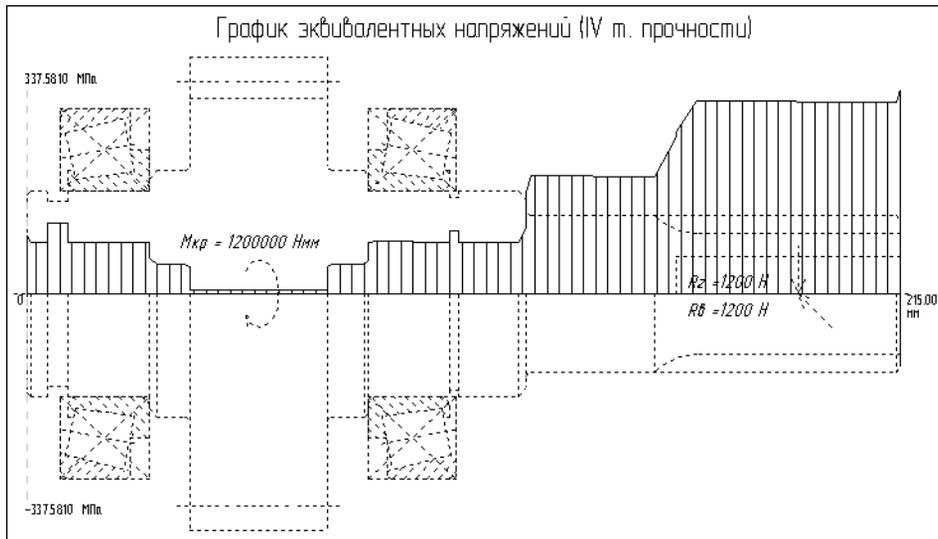


Рис. 8.9.



Чтобы закончить расчеты и перейти в главное окно модуля *КОМПАС-ShaftCalc*, нажмите на панели инструментов кнопку **Отмена**.

## 8.2.2. Просмотр результатов расчета вала

Для просмотра графиков, полученных в результате расчета вала, воспользуйтесь кнопками вызова команд управления изображением в документе КОМПАС, расположенными на панели инструментов окна **Расчет вала** (см. табл. 8.4 на с. 160):

- ▼ **Активизировать курсор;**
- ▼ **Увеличить масштабной рамкой;**
- ▼ **Обновить изображение;**
- ▼ **Показать все;**
- ▼ **Показать график.**



Чтобы получить точную информацию о значении рассчитанного параметра в указанной точке графика, нажмите на панели инструментов кнопку **Снять значения с графика**. Откроется окно **Трассировка графика** (рис. 8.10). Управление будет передано КОМПАС. В документе КОМПАС появится курсор. При помощи мыши или клавиш управления курсором укажите точку на графике. Затем щелкните мышью или нажмите клавишу **<Enter>**. В окне **Трассировка графика** в полях **Искомая величина** и **Расстояние от левого края вала** появятся значения параметров в этой точке.

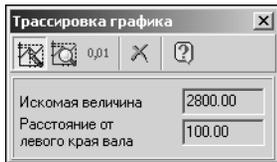


Рис. 8.10.

В режиме трассировки вы можете воспользоваться кнопками панели инструментов, расположенной в верхней части окна. Их назначение совпадает с назначением кнопок, описанных в таблице 8.4 на с. 160, кроме кнопки **Точность значений**.



С помощью кнопки **Точность значений** вы сможете задать количество знаков после запятой, которые будут отображаться при съемке значений с графика.

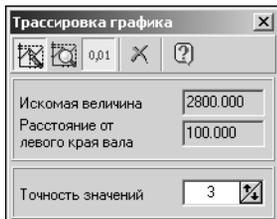


Рис. 8.11.

Нажмите кнопку **Точность значений**. В нижней части окна **Трассировка графика** появится одноименное поле. Введите в него количество знаков, которые должны отображаться после запятой.

Чтобы выйти из режима трассировки и передать управление в окно **Трассировка графика**, нажмите клавишу <Esc>. На панели инструментов станут доступными кнопки **Снять значения с графика** и **Отмена**.



С помощью кнопки **Снять значения с графика** вы сможете вновь перейти в режим трассировки графика.

Чтобы закрыть окно **Трассировка графика**, воспользуйтесь кнопкой **Отмена**.

## 8.2.3. Управление отчетами о результатах расчета вала

### Выбор типов формируемых графиков и отчетов

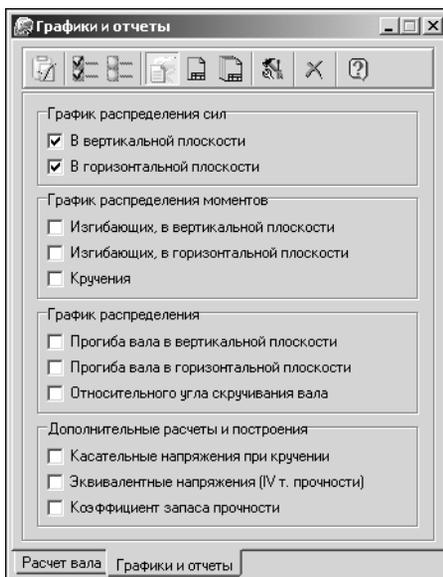


Рис. 8.12.

По окончании расчета вала его результаты могут быть оформлены в виде отчета, который выполнен:

- ▼ в формате *FastReport*;
- ▼ на одном или на нескольких листах документов КОМПАС.

Каждый отчет может включать в себя различные виды графиков. Набор графиков определяет пользователь.

Параметры построения графиков определяются при помощи команды **Настройки** (см. раздел «Параметры построения графиков» на с. 157), которую можно вызвать как из главного окна модуля *КОМПАС-ShaftCalc* (со страницы главного меню **Сервис**), так и из окна **Расчет вала** (из группы команд **Сервис**).

Чтобы выбрать типы формируемых графиков и отчетов, в окне **Расчет вала** раскройте вкладку **Графики и отчеты**. Вы увидите одноименное вкладке окно (рис. 8.12).

В верхней части окна **Графики и отчеты** расположена панель инструментов. Она содержит кнопки, предназначенные для управления списком графиков и для выбора видов отчетов (табл. 8.5).

Табл. 8.5. Назначение кнопок панели управления окна **Графики и отчеты**

Команда	Назначение и использование команды
 <b>Сформировать отчет</b>	Запуск процесса формирования отчета.
 <b>Выбрать все графики</b>	Занесение в отчет всех видов графиков, перечисленных в окне <b>Графики и отчеты</b> .
 <b>Исключить все графики</b>	Отказ от занесения в отчет всех видов графиков, выбранных в окне <b>Графики и отчеты</b> .
 <b>В формате FastReport</b>	Формирование в качестве отчета документа <i>FastReport</i> с растровым изображением графиков. После формирования отчета автоматически открывается окно <b>Результаты расчета</b> , содержащее ранее указанные графики (см. раздел «Просмотр отчета, сформированного в FastReport» на с. 165).
 <b>На новом листе в КОМПАС</b>	Формирование в качестве отчета документа КОМПАС и размещение всех графиков в одном документе КОМПАС.
 <b>На отдельных листах в КОМПАС</b>	Формирование в качестве отчета документа КОМПАС и размещение всех графиков в отдельных документах КОМПАС. Если при создании отчета будет обнаружен одноименный открытый документ КОМПАС, на экране появится предупреждение. Создание нового листа прекратится. Придется закрыть ранее сформированный документ и снова вызвать команду <b>Сформировать отчет</b> . После формирования отчета в окне <b>Графики и отчеты</b> автоматически раскрывается дополнительная вкладка <b>Работа с документами</b> (см. раздел «Просмотр документов многостраничного отчета, сформированного в КОМПАС» на с. 165).
 <b>Сервис</b>	Вызов подменю, содержащего команды: <ul style="list-style-type: none"> <li>▼ <b>Шероховатость поверхностей вала</b> (см. раздел 8.1.7 на с. 159);</li> <li>▼ <b>Изменить материал вала</b> (см. раздел 8.1.6 на с. 159);</li> <li>▼ <b>Настройки</b> (см. раздел 8.1.5 на с. 156).</li> </ul>
 <b>Отмена</b>	Завершение работы с окном <b>Графики и отчеты</b> .
 <b>Справка</b>	Вызов справочной системы модуля расчета валов и подшипников.

В рабочей области окна находится список графиков, которые можно поместить в отчет. Щелчком мыши укажите нужные графики. Они будут отмечены флажками.

Чтобы выбрать сразу все виды графиков, нажмите на панели инструментов кнопку **Выбрать все графики**. Чтобы снять пометки со всех ранее выбранных видов графиков, нажмите кнопку **Исключить все графики**.

Нажмите на панели инструментов кнопку, соответствующую виду требуемого отчета:

- ▼ В формате **FastReport**;
- ▼ На новом листе в КОМПАС;
- ▼ На отдельных листах в КОМПАС.



Для запуска процесса создания отчета нажмите на панели инструментов кнопку **Сформировать отчет**.

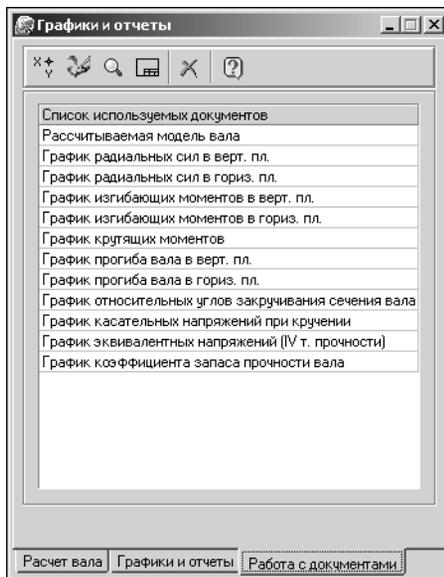


Для просмотра графиков, сформированных в документе (документах) КОМПАС, вы можете перейти на вкладку **Расчет вала** и воспользоваться командами управления изображением в документе КОМПАС.

Чтобы закончить работу с окном **Графики и отчеты** и перейти в главное окно модуля *КОМПАС-ShaftCalc*, нажмите на панели инструментов кнопку **Отмена**.

### Просмотр документов многостраничного отчета, сформированного в КОМПАС

После формирования в КОМПАС многостраничного отчета в окне **Графики и отчеты** автоматически появится дополнительная вкладка **Работа с документами**.



Раскрыв эту вкладку, вы увидите список документов (чертежей) КОМПАС, которые созданы для отчета (рис. 8.13).

Выберите двойным щелчком мыши один из документов, чтобы увидеть его в окне КОМПАС.

Для подробного просмотра документов используйте первые четыре кнопки панели инструментов – кнопки вызова команд управления изображением в документе КОМПАС (см. табл. 8.4 на с. 160).

Чтобы закончить работу с окном **Графики и расчеты** и перейти в главное окно модуля *КОМПАС-ShaftCalc*, нажмите на панели инструментов кнопку **Отмена**.

Рис. 8.13.

### Просмотр отчета, сформированного в FastReport

После формирования отчета в *FastReport* автоматически открывается окно **Результаты расчета**. Оно содержит графики, указанные на вкладке **Графики и отчеты** (см. раздел

«Выбор типов формируемых графиков и отчетов» на с. 163). Окно предназначено для просмотра и редактирования отчета, сформированного в результате расчета вала или подшипников.

Отчет о результатах расчета вала содержит растровое изображение графика (графиков) с поясняющими надписями.

Управление отчетом осуществляется при помощи кнопок панели инструментов окна **Результаты расчета** (см. табл. 4.2 на с. 53).

Чтобы перейти в режим редактирования результатов расчета, дважды щелкните мышью в поле отчета в окне Дизайнера отчетов *FastReport*.

### 8.2.4. Примерный алгоритм расчета вала

Примерный алгоритм расчета вала может выглядеть так.

1. Проверить (или изменить) механические характеристики материала вала (см. раздел 8.1.6 на с. 159).
2. Назначить шероховатость конструктивных элементов вала (канавок, резьбы, шлицев, шпоночных пазов и т. д.) (см. раздел 8.1.7 на с. 159).
3. При необходимости учета отдельных особенностей сил, действующих на конструкцию, установить параметры нагружения (см. раздел «Параметры нагружения» на с. 158).
4. Выполнить предварительные расчеты вала с целью определения слабых мест конструкции (см. раздел 8.2.1 на с. 161).
5. Посмотреть результаты расчета (см. раздел 8.2.2 на с. 162).
6. Настроить параметры построения графиков и отчетов (см. раздел «Параметры построения графиков» на с. 157).
7. Сформировать список графиков, которые войдут в отчет и выбрать формы отчета (см. раздел «Выбор типов формируемых графиков и отчетов» на с. 163).
8. Настроить параметры страниц отчета (см. раздел «Параметры страницы отчета» на с. 157).
9. Выполнить окончательные расчеты вала с целью получения отчета.

### 8.3. Расчет подшипников

Вы можете выполнить расчет подшипников:

- ▼ на статическую и динамическую грузоподъемность;
- ▼ на долговечность;
- ▼ на тепловыделение.



При расчете одиночного подшипника реактивные составляющие нагрузок не учитываются.



Для перехода к расчету подшипников нажмите на панели инструментов главного окна *КОМПАС-ShaftCalc* (см. рис. 8.1 на с. 154) кнопку **Расчет подшипников**. Откроется од-

ноименное команде окно для ввода дополнительных параметров, необходимых для расчета подшипников (рис. 8.14).

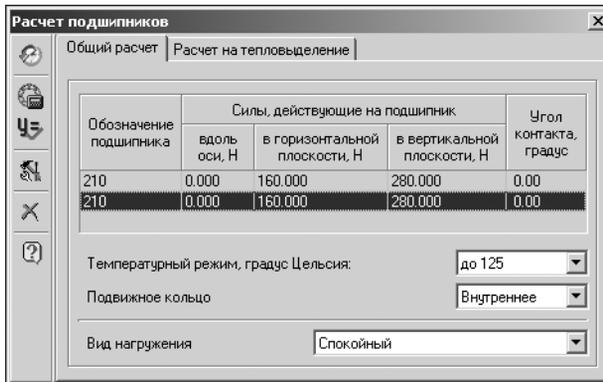


Рис. 8.14.

Окно имеет две вкладки – **Общий расчет** и **Расчет на тепловыделение**, а также панель инструментов, где находятся кнопки вызова команд управления расчетом и группы сервисных команд (табл. 8.6).

Настройте параметры отчета, раскройте вкладку, которая соответствует выбранному виду расчета, введите необходимые данные и выполните расчет подшипников.

Табл. 8.6. Назначение кнопок панели инструментов окна **Расчет подшипников**

Команда	Назначение и использование команды
 <b>Ресурс подшипников</b>	Переход к вводу ресурса работы подшипников.
 <b>Расчет подшипников</b>	Запуск расчета подшипников и формирование отчета о его результатах.
 <b>Результаты расчета</b>	Просмотр отчета, сформированного в ходе последнего расчета в текущем сеансе работы.
 <b>Настройки</b>	Вызов диалога <b>Настройки</b> и ввод параметров отчета и прикладываемых нагрузок (см. раздел 8.1.5 на с. 156).
 <b>Отмена</b>	Завершение работы с окном <b>Расчет подшипников</b> .
 <b>Справка</b>	Вызов справочной системы модуля расчета валов и подшипников.

### 8.3.1. Общий расчет

Общий расчет подшипника предусматривает вычисление:

- ▼ осевых сил и эквивалентной нагрузки;
- ▼ грузоподъемности;
- ▼ ресурса подшипника.

В окне **Расчет подшипников** на вкладке **Общий расчет** показаны параметры подшипника и действующие на него нагрузки, взятые из модели, созданной средствами системы *Валы и механические передачи 2D* (см. рис. 8.14 на с. 167).

Чтобы рассчитать подшипники на грузоподъемность, выполните следующие действия.

1. Выберите из предлагаемого списка температурный режим подшипников.

2. Укажите подвижное кольцо подшипника – внутреннее или внешнее.
3. Выберите вид нагружения, характеризующий работу подшипников.



4. Чтобы оценить длительность безотказной работы подшипника, нажмите кнопку **Ресурс подшипников**.

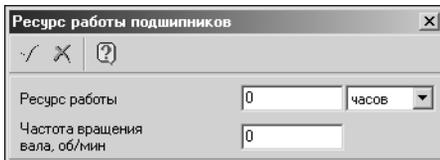


Рис. 8.15.

5. В открывшемся окне **Ресурс работы подшипников** (рис. 8.15) укажите, в каких единицах вводить ресурс – в часах или в циклах. Затем введите величину ресурса.
6. Задайте частоту вращения вала.
7. Нажмите на панели инструментов кнопку **ОК**.



8. В окне **Расчет подшипников** нажмите на панели инструментов одноименную кнопку. Начнется расчет, по завершении которого автоматически откроется окно **Результаты расчета** (см. раздел 8.3.3).

### 8.3.2. Расчет на тепловыделение

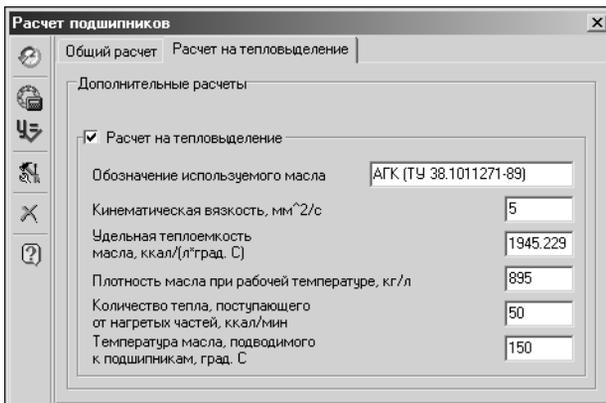


Рис. 8.16.

Чтобы произвести расчет теплоотдачи подшипников, в окне **Расчет подшипников** раскройте вкладку **Расчет на тепловыделение** (рис. 8.16).

На вкладке **Расчет на тепловыделение** вы можете задать дополнительные параметры, необходимые для теплового расчета подшипников. Для этого включите опцию **Расчет на тепловыделение** и введите характеристики масла и условий работы подшипника.



- Нажмите на панели инструментов кнопку **Расчет подшипников**. Начнется расчет, по завершении которого автоматически откроется окно **Результаты расчета** (см. раздел 8.3.3 на с. 168).

### 8.3.3. Отчет о результатах расчета подшипников

Отчет о результатах расчета подшипника оформляется в виде таблицы (таблиц), сформированной при помощи Дизайнера отчетов *FastReport*. Таблица содержит параметры и расчетные характеристики подшипников.

Окно с отчетом (**Результаты расчета**) автоматически открывается после выполнения расчета подшипников.

Управление отчетом осуществляется при помощи кнопок панели инструментов окна **Результаты расчета** (см. табл. 4.2 на с. 53).

Чтобы перейти в режим редактирования отчета в окне Дизайнера отчетов *FastReport*, дважды щелкните мышью в поле отчета.

## Глава 9.

# Выбор материала проектируемого изделия

### 9.1. Общие сведения

В процессе работы с системой *Валы и механические передачи 2D* вы имеете возможность выбирать материал проектируемого изделия. Выбор осуществляется посредством *Модуля выбора материалов (Модуля материалов)*, являющегося составной частью интегрированной системы проектирования тел вращения. Его можно использовать также при работе с *КОМПАС-ShaftCalc* и *КОМПАС-GEARS*.

*Модуль материалов* предназначен для:

- ▼ выбора марки материала проектируемого изделия;
- ▼ ведения базы материалов;
- ▼ получения отчетов о свойствах материала;
- ▼ вывода отчета о свойствах материала на печать или сохранения его в файл формата *FastReport (\*.frf)*.



На сегодняшний день перечень материалов, которые можно выбирать для расчета моделей в системе *Валы и механические передачи 2D*, ограничен:

- ▼ для *КОМПАС-ShaftCalc* – сталями;
- ▼ для *КОМПАС-GEARS* – сталями, чугунами и бронзами.

*Модуль выбора материалов* интегрирован с корпоративным справочником системы ЛОЦМАН:PLM *Материалы и Сортаменты*. Вы можете:

- ▼ загрузить справочник только для просмотра содержащейся в нем информации;
- ▼ использовать справочник в полнофункциональном режиме (при наличии соответствующих прав доступа к базе данных справочника *Материалы и Сортаменты*).

В последнем случае можно добавлять материал из справочника *Материалы и Сортаменты* в базу данных *Модуля выбора материалов*.

С *Модулем выбора материалов* можно работать в одном из двух режимов:

- ▼ **Выбор материала.** В этом режиме вы можете выбрать из предлагаемой базы данных материал детали, проектируемой в системе *Валы и механические передачи 2D*;
- ▼ **Свойства материала.** В этом режиме вы можете изменить свойства материала, взятого из базы данных модуля, или добавить в эту базу новый материал. При этом новый материал можно ввести как вручную, так и взять его из справочника *Материалы и Сортаменты*.

Переход из режима **Выбор материала** в режим **Свойства материала** осуществляется автоматически при выборе команд, связанных с изменением свойств выбранного материала. Переход в режим **Выбор материала** выполняется пользователем по окончании работы со списком свойств материала.

### 9.1.1. Вызов Модуля выбора материалов

Поскольку *Модуль выбора материалов* предназначен для работы в интегрированной системе проектирования тел вращения *Валы и механические передачи 2D*, его можно вызвать из различных модулей, составляющих эту систему.



▼ При работе с системой *Валы и механические передачи 2D* нужно выбрать на панели управления (см. рис. 2.3 на с. 20) группу команд **Свойства и расчеты** и нажать кнопку **Механические свойства материала модели**.

▼ При работе с системой расчета валов и подшипников *КОМПАС-ShaftCalc* нужно воспользоваться командой **Изменить материал вала**. Ее можно вызвать:

▼ из главного окна *КОМПАС-ShaftCalc* (см. рис. 8.1 на с. 154) со страницы главного меню **Сервис**;



▼ из вложенного меню кнопки **Сервис**, расположенной на панели инструментов окна **Расчет вала (Графики и отчеты)** (см. рис. 8.8 на с. 160 и 8.12 на с. 163);

▼ При работе с модулем *КОМПАС-GEARS* – в ходе расчета элементов зубчатых передач на прочность при действии максимальной нагрузки.

### 9.1.2. Интерфейс Модуля выбора материалов



*Модуль выбора материалов* – это стандартное приложение Windows. Его окно содержит атрибуты приложений Windows: заголовки, панель инструментов, пиктограммы минимизации, максимизации и закрытия окна, рамку для изменения размеров экранной формы (рис. 9.1).

Рис. 9.1.

Управлять списком материалов, а также выводить отчет о свойствах материала, вы сможете при помощи команд контекстного меню и кнопок панели инструментов (см. раздел 9.1.3 на с. 171).

#### Режим выбора материала

Непосредственно после загрузки *Модуль выбора материалов* работает в режиме *Выбор материала*.

В окне **Механические свойства материала** показан список материалов, содержащихся в базе данных модуля, и перечень их основных свойств.

Список материалов разделен на две группы:

- ▼ материалы, входящие в базовый набор, поставляемый с модулем;
- ▼ материалы, введенные пользователем.

Перед каждой строкой списка находится цветовой индикатор. Материалы, входящие в базовый набор (**базовые материалы**), отмечаются синим цветом, материалы, которые введены в базу данных в процессе эксплуатации модуля (**пользовательские материалы**) – зеленым.

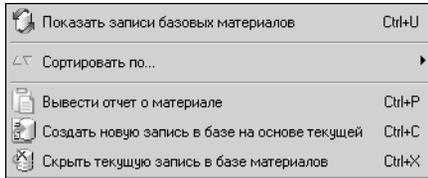


Рис. 9.2.

Для управления списками материалов используются команды контекстного меню. Контекстное меню базового материала показано на рис. 9.2, контекстное меню пользовательского материала – на рис. 9.3.

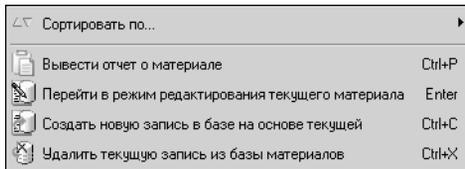


Рис. 9.3.

Вы можете отсортировать список материалов по любому параметру (см. раздел 9.2.2 на с. 173).

## Режим изменения свойств материала

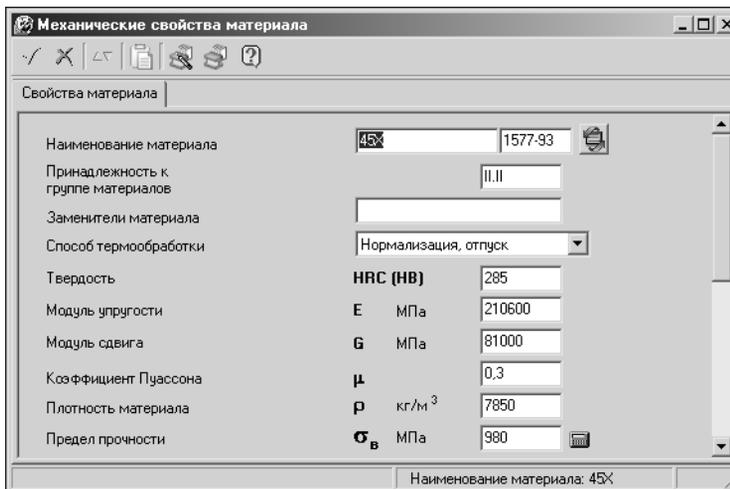


Рис. 9.4.

В режиме *Свойства материала* в окне **Механические свойства материала** отображается перечень свойств выбранного материала (рис. 9.4).



Кроме того, здесь же находится кнопка **Обновить текущую запись и перейти к таблице Выбор материала**, с помощью которой осуществляется переход в режим выбора материала.

### 9.1.3. Панель инструментов

Панель инструментов *Модуля выбора материалов* содержит кнопки, предназначенные для управления списком материалов, а также для вывода отчета о свойствах материала (табл. 9.1).

Табл. 9.1. Кнопки панели инструментов главного окна Модуля выбора материалов

Команда	
	<b>Применить материал и выйти</b>
	<b>Выйти без применения материала</b>
	<b>Вывести отчет о материале</b>
	<b>Сортировать по...</b>
	<b>Загрузить «ЛОЦМАН: Материалы и сортаменты» для выбора материала*</b>
	<b>Загрузить «ЛОЦМАН: Материалы и сортаменты» для просмотра материала</b>
	<b>Справка</b>

\* Команда **Загрузить «ЛОЦМАН: Материалы и сортаменты» для выбора материала** доступна только в режиме **Свойства материала**.

#### 9.1.4. Завершение работы модуля

-  Чтобы подтвердить выбор указанного материала для проектируемой модели и завершить работу модуля, нажмите на панели инструментов окна **Механические свойства материала** кнопку **Применить материал и выйти** или дважды щелкните мышью по выбранной строке списка материалов.
-  Чтобы завершить работу модуля без выбора материала, нажмите на панели инструментов кнопку **Выйти без применения материала** или завершите работу модуля при помощи стандартных средств окна Windows.

## 9.2. Работа в режиме выбора материала

В режиме **Выбор материала** вы можете выполнить следующие действия:

- ▼ выбрать материал из предлагаемого списка (см. раздел 9.2.1);
- ▼ отсортировать список материалов (см. раздел 9.2.2 на с. 173);
- ▼ сформировать отчет о свойствах материала (см. раздел 9.2.3 на с. 174);
- ▼ отказаться от показа базового материала в списке материалов (см. раздел 9.2.4 на с. 174);
- ▼ удалить материал, введенный пользователем (см. раздел 9.2.5 на с. 175);
- ▼ восстановить список базовых материалов и их свойств (см. раздел 9.2.6 на с. 175);
- ▼ посмотреть справочник Материалы и Сортаменты (см. раздел 9.2.7 на с. 175);

- ▼ перейти в режим редактирования свойств материалов (см. раздел 9.2.8 на с. 175);
- ▼ завершить работу модуля (см. раздел 9.1.4 на с. 172).

### 9.2.1. Выбор материала

В окне **Механические свойства материала** на вкладке **Выбор материала** помещен список материалов, занесенных в базу данных (см. рис. 9.1 на с. 170). Для каждого материала показаны его основные характеристики.

Вы можете пролистывать список при помощи линейки прокрутки или клавиш управления курсором.



Отыскав нужный материал, укажите его курсором. Затем нажмите кнопку **Применить материал и выйти** или дважды щелкните мышью по выбранной строке.

Если вы не нашли нужного материала в предлагаемой базе данных, сделайте следующее.

1. Вызовите из контекстного меню команду **Создать новую запись на основе текущей** или **Перейти в режим редактирования текущего материала**. Модуль автоматически перейдет в режим **Свойства материала**.



2. Введите новый материал и задайте его свойства или нажмите на панели инструментов кнопку **Загрузить «ЛОЦМАН: Материалы и сортаменты»** для выбора материала и выберите материал из справочника.



3. Нажмите кнопку **Обновить текущую запись и перейти в режим выбора материала** или клавиши **<Ctrl>+<Enter>**. Новый материал появится в базе данных модуля.

Если вы не хотите обновлять запись о свойствах материала, взятого на редактирование, вызовите из контекстного меню поля **Наименование материала** команду **Перейти к таблице «Выбор материала» без внесения изменений**.



4. Примените добавленный материал – нажмите кнопку **Применить материал и выйти** или дважды щелкните мышью по выбранной строке.

### 9.2.2. Сортировка списка материалов

Для удобства просмотра списка материалов вы можете отсортировать его по любому из нижеперечисленных параметров:

- ▼ марка материала;
- ▼ контактное напряжение;
- ▼ изгибное напряжение;
- ▼ твердость материала;
- ▼ способ термообработки материала.

Чтобы произвести сортировку, выполните следующие действия.



1. Вызовите команду **Сортировать по...** из контекстного меню списка материалов или нажмите на панели инструментов одноименную кнопку. Раскроется дополнительное меню, содержащее варианты сортировки.
2. Выберите строку с нужным вариантом сортировки, щелкните мышью или нажмите клавишу **<Enter>**.

В окне **Механические свойства материала** на вкладке **Выбор материала** значения параметра, по которому выполнена сортировка, будут выделены цветом.

### 9.2.3. Отчет о свойствах материала

Чтобы увидеть полный список свойств выбранного в перечне материала, удобно оформить такой список в виде отчета. Его можно не только посмотреть, но и сохранить в файл формата *FastReport* (\*.frf) или вывести на печать.

Чтобы получить отчет о свойствах указанного материала, выполните одно из действий:



- ▼ вызовите из контекстного меню команду **Вывести отчет о материале** или нажмите на панели инструментов одноименную команду кнопку;
- ▼ нажмите клавиши <Ctrl>+<P>.

Рис. 9.5.

Откроется окно **Сводная таблица свойств материала** (рис. 9.5).

Под строкой заголовка окна располагается инструментальная панель. Она содержит кнопки управления отчетом (см. табл. 4.2 на с. 53).

Чтобы отредактировать текущую страницу отчета в *FastReport*, дважды щелкните правой клавишей мыши в поле отчета. Используя общие правила работы с Дизайнером отчетов, внесите изменения в документ.

### 9.2.4. Отказ от показа базового материала в списке

При работе с определенным кругом материалов вам будет удобно скрыть в списке те материалы, которые, скорее всего, вы не будете использовать.

Чтобы отказаться от показа указанного **базового** материала (но не удалить его из базы!), вызовите команду **Скрыть текущую запись в базе материалов** из контекстного меню базового материала (он отмечен синим индикатором) или нажмите клавиши <Ctrl>+<X>. Откроется окно с вопросом о необходимости удаления.

Чтобы отказаться от показа материала, нажмите кнопку **Да**, чтобы отказаться от действия – кнопку **Нет**.



Если вы откажетесь от показа материала, который уже применен для модели, проектируемой в системе *Валы и механические передачи 2D*, при следующем вызове *Модуля выбора материалов* этот материал будет вновь отображен в списке.

Для восстановления скрытых записей воспользуйтесь командой контекстного меню **Показать записи базовых материалов** (см. раздел 9.2.6 на с. 175).

### 9.2.5. Удаление записи пользовательского материала

Чтобы удалить из базы материал, введенный пользователем (он отмечен зеленым индикатором), вызовите из контекстного меню пользовательского материала команду **Удалить текущую запись из базы материалов** или нажмите клавиши **<Ctrl>+<X>**. Откроется окно с вопросом о необходимости удаления.

Чтобы удалить материал, нажмите кнопку **Да**, чтобы отказаться от удаления – кнопку **Нет**.



Если вы удалите материал, который уже применен для тела вращения, проектируемого в системе *Валы и механические передачи 2D*, то при следующем вызове *Модуля выбора материалов* этот материал будет восстановлен в списке и в базе данных.

### 9.2.6. Восстановление списка базовых материалов

Если вы ранее пользовались командой **Скрыть текущую запись в базе материалов** (см. раздел 9.2.4 на с. 174), то в окне **Механические свойства материала** отображается уже не весь набор базовых материалов. Чтобы обновить его до состояния поставки, вызовите из контекстного меню списка команду **Показать записи базовых материалов** или нажмите клавиши **<Ctrl>+<U>**.

Список базовых материалов (они отмечены синими индикаторами) пополнится. Список материалов, которые введены пользователем (они отмечены зелеными индикаторами), не изменится.

### 9.2.7. Просмотр информации в Корпоративном справочнике Материалы и Сортаменты

Работая с *Модулем выбора материала* в режиме **Выбор материала**, вы можете ознакомиться со свойствами материалов, хранящихся в Корпоративном справочнике Материалы и Сортаменты. Для этого выполните следующие действия.



1. Нажмите на панели инструментов кнопку **Загрузить «ЛОЦМАН: Материалы и сортаменты» для просмотра материала**. Откроется рабочее окно справочника материалов и сортаментов.
2. Найдите в справочнике нужную информацию.
3. Переключитесь в рабочее окно *Модуля выбора материалов*.
4. Если нужно, перейдите в режим редактирования свойств материалов (см. раздел 9.2.8) и внесите необходимые изменения в соответствии с полученной информацией (см. раздел 9.3.1).

### 9.2.8. Переход в режим редактирования свойств материалов

Как уже говорилось, непосредственно после загрузки *Модуль выбора материалов* работает в режиме **Выбор материала**. Если вы хотите ввести в базу данных новый материал

или изменить свойства уже имеющегося в базе пользовательского материала, перейдите в режим **Свойства материала**. Для этого вызовите из контекстного меню списка одну из команд:

- ▼ **Создать новую запись в базе на основе текущей**, чтобы ввести в базу данных новый материал, не изменяя свойства материала, указанного в списке (см. раздел 9.3.2 на с. 177);
- ▼ **Перейти в режим редактирования текущего материала**, чтобы внести изменения в свойства материала, указанного в списке (см. раздел 9.3.3 на с. 177).

## 9.3. Работа в режиме изменения свойств материала

В режиме **Свойства материала** вы можете выполнить следующие действия:

- ▼ внести изменения в свойства выбранного материала;
- ▼ выбрать материал из справочника **Материалы и Сортаменты**;
- ▼ посмотреть информацию, хранящуюся в справочнике **Материалы и Сортаменты**.

### 9.3.1. Редактирование свойств материала

В окне **Механические свойства материала** на вкладке **Свойства материала** размещен список механических и физических свойств материала, взятого на редактирование (рис. 9.4 на с. 171).

Вы можете пролистывать список при помощи линейки прокрутки или переходить от параметра к параметру, нажимая клавишу **<Tab>**.

Вы можете отредактировать большинство значений при помощи клавиатуры. Исключение составляют параметры:

- ▼ **Принадлежность к группе материалов** – его значение нужно выбрать из контекстного меню данного поля;
- ▼ **Термообработка** – его значение нужно выбрать из предопределенного списка;
- ▼ **Предел выносливости при изгибе, Предел выносливости при растяжении, Предел выносливости при кручении** – их значения можно приближенно вычислить, исходя из заданного предела прочности материала; для этого нужно нажать кнопку **Вычислить приближенно**, которая расположена справа от поля ввода **Предел прочности**, а затем выбрать тип стали из раскрывшегося списка.



Чтобы перенести информацию о материале, свойства которого вы отредактировали, в базу данных модуля, нажмите кнопку **Обновить текущую запись и перейти в режим выбора материала** или клавиши **<Ctrl>+<Enter>**. Новый материал появится в базе данных модуля.



Если вы не хотите обновлять запись о свойствах материала, взятого на редактирование, вызовите из контекстного меню поля **Наименование материала** команду **Перейти к таблице «Выбор материала» без внесения изменений**.

### 9.3.2. Ввод нового материала в базу данных

Чтобы пополнить базу данных новым пользовательским материалом, вызовите из контекстного меню списка материалов команду **Создать новую запись в базе на основе текущей** или нажмите клавиши **<Ctrl>+<C>**.

Модуль перейдет в режим редактирования свойств материала. Автоматически откроется вкладка **Свойства материалов**. Поля параметров будут заполнены значениями, определенными для материала, который вы указали на вкладке **Выбор материала**.



Отредактируйте свойства, как об этом рассказано в разделе 9.3.3 на с. 177. Нажмите кнопку **Обновить текущую запись и перейти в режим выбора материала** или клавиши **<Ctrl>+<Enter>**. Новый материал появится в базе данных модуля.

### 9.3.3. Редактирование свойств текущего пользовательского материала

Вы можете изменить свойства пользовательского материала. Для этого выполните следующие действия.

1. Выделите материал и вызовите команду **Перейти в режим редактирования текущего материала** из контекстного меню списка материалов или нажмите клавишу **<Enter>**. После этого модуль перейдет в режим редактирования свойств. Автоматически откроется вкладка **Свойства материалов**. Поля параметров будут заполнены значениями, определенными для материала, который вы указали на вкладке **Выбор материала**.
2. Отредактируйте свойства, как об этом рассказано в разделе 9.3.1 на с. 176.

### 9.3.4. Просмотр информации в Корпоративном справочнике Материалы и Сортаменты

Работая в режиме **Свойства материала**, вы можете ознакомиться со свойствами материалов, хранящихся в Корпоративном справочнике **Материалы и Сортаменты**. Для этого выполните следующие действия.



1. Нажмите на панели инструментов кнопку **Загрузить «ЛОЦМАН: Материалы и сортаменты» для просмотра материала** или вызовите эту команду со страницы **Свойства материала** из контекстного меню поля **Наименование материала**. Откроется рабочее окно справочника.
2. Найдите в справочнике нужную информацию.
3. Переключитесь в рабочее окно *Модуля выбора материалов*.
4. Если нужно, отредактируйте свойства материала (см. раздел 9.3.1 на с. 176) в соответствии с полученной информацией.

### 9.3.5. Выбор материала из Корпоративного справочника Материалы и Сортаменты

При работе в режиме редактирования свойств материала вы можете выбрать материал из Корпоративного справочника **Материалы и Сортаменты**. Для этого на вкладке **Свойства материала** выполните следующие действия.



1. Нажмите кнопку **Загрузить «ЛОЦМАН: Материалы и сортаменты»** для выбора материала или вызовите эту команду из контекстного меню поля **Наименование материала**. Откроется рабочее окно Корпоративного справочника Материалы и Сортаменты.



2. Выберите в справочнике нужный объект.
3. Нажмите на панели инструментов справочника кнопку **Выбрать** или воспользуйтесь клавишами **<Ctrl>+<Enter>**. В рабочем окне *Модуля выбора материалов* на вкладке **Свойства** появятся параметры материала, взятые из справочника.
4. Если необходимо, скорректируйте свойства материала.



5. Чтобы перенести материал в базу данных *Модуля выбора материалов*, нажмите кнопку **Обновить текущую запись и перейти в режим выбора материала** или клавиши **<Ctrl>+<Enter>**. Новый материал появится в базе данных модуля.

**Часть II**

**Библиотека  
проектирования тел  
вращения  
Валы и механические  
передачи 3D**

## Глава 10.

### Общие сведения

#### 10.1. Назначение библиотеки

Библиотека *Валы и механические передачи 3D* предназначена для проектирования:

- ▼ валов и втулок различного поперечного сечения;
- ▼ элементов механических передач:
  - ▼ цилиндрических и конических шестерен;
  - ▼ червячных колес и червяков;
  - ▼ шкивов клиноременных и зубчатоременных передач;
  - ▼ звездочек приводных роликовых цепей.

На простых ступенях модели могут быть построены шлицевые и шпоночные участки, а также другие конструктивные элементы – отверстия, канавки, проточки.

Редактирование объектов, созданных при помощи библиотеки *Валы и механические передачи 3D*, осуществляется средствами этой библиотеки.

Библиотека *Валы и механические передачи 3D* работает совместно с комплексом программ КОМПАС-GEARS – геометрические и прочностные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных и ременных передач. По результатам расчета элементов механических передач выполняется построение их моделей.



Для получения информации об особенностях расчета элементов механических передач необходимо, чтобы файл *GEARS.chm* (справочная система КОМПАС-GEARS) находился в одном каталоге с файлом *Shaft3D.chm* (справочная система библиотеки *Валы и механические передачи 3D*).

Некоторые элементы механических передач могут быть рассчитаны средствами расчетно-информационной системы Справочник конструктора. Сведения о работе Справочника конструктора содержатся в справочной системе к этому программному модулю (файл *RefBook.chm*).

В настоящей версии библиотеки налажено ее взаимодействие с Корпоративным справочником Стандартные Изделия (библиотекой Стандартные Изделия). Это дает возможность проектировать некоторые конструктивные элементы (канавки, проточки, отверстия), а также элементы разъемных соединений (шлицевые участки валов и шпоночные пазы) средствами Корпоративного справочника Стандартные Изделия (библиотеки Стандартные Изделия).

Порядок подключения и выбор режима работы с библиотекой *Валы и механические передачи 3D* соответствует описанию, приводимому в документации по КОМПАС-3D. Также вы можете получить эту информацию при помощи справочной системы КОМПАС-3D (файл *KOMPAS.chm*).

## 10.2. Получение доступа к функциям библиотеки

Прежде чем функции библиотеки *Валы и механические передачи 3D* будут доступны для использования, выполните следующие действия.

1. В КОМПАС-3D вызовите команду **Сервис – Менеджер библиотек**. Появится панель Менеджера библиотек. В области просмотра разделов Менеджера выберите раздел **Расчет и построение**. Если в раскрывшемся списке есть пункт **Валы и механические передачи 3D**, щелкните мышью в прямоугольнике слева от названия. В окне Менеджера библиотек раскроется вкладка **Валы и механические передачи 3D**, содержащая три группы команд:

- ▼ **Механические передачи;**
- ▼ **Простые конструктивные элементы;**
- ▼ **Разъемные соединения.**

Чтобы получить доступ к командам, дважды щелкните левой клавишей мыши по названию соответствующей группы.

Если в списке библиотек отсутствует пункт **Валы и механические передачи 3D**, подключите библиотеку (файл *Shaft3d.rtw*) стандартными средствами КОМПАС-3D.

Доступ к библиотечным командам можно получить не только через Менеджер библиотек, но и при помощи компактной панели. Для этого вызовите команду **Вид – Панели инструментов** и в открывшемся меню панелей щелкните мышью по названию панели **Валы и механические передачи 3D**. Название панели будет отмечено «галочкой», панель появится на экране.

Компактная панель библиотеки *Валы и механические передачи 3D* содержит три панели инструментов:

- ▼ **Простые конструктивные элементы;**
- ▼ **Механические передачи;**
- ▼ **Разъемные соединения.**

Переключение между панелями осуществляется при помощи кнопок, перечисленных в таблице 10.1.

Табл. 10.1. Кнопки переключения между панелями инструментов

Кнопка	
	<b>Простые конструктивные элементы</b>
	<b>Механические передачи</b>
	<b>Разъемные соединения</b>

## Глава 11.

# Создание моделей средствами библиотеки Валы и механические передачи 3D

### 11.1. Порядок создания моделей

Чтобы создать конструктивный элемент или элемент механической передачи средствами библиотеки *Валы и механические передачи 3D*, сделайте следующее.

1. Откройте в КОМПАС-3D существующий документ типа **Деталь** или **Сборка** либо создайте новый документ.
2. Вызовите команду построения нужного конструктивного элемента. На панели свойств появятся элементы управления построением, которые размещены на трех вкладках – **Параметры**, **Позиционирование** и **Свойства**.
3. Последовательно раскрывая вкладки, определите:
  - 3.1. Геометрические параметры проектируемого элемента (вкладка **Параметры**).
  - 3.1. Местоположение элемента в документе КОМПАС-3D (вкладка **Позиционирование**).
  - 3.1. Значения свойств элемента (вкладка **Свойства**).

Порядок выполнения пунктов 3.1 – 3.3 не регламентирован.



4. Чтобы зафиксировать построение модели, нажмите кнопку **Создать объект** или клавиши <Ctrl>+<Enter>.



Чтобы отказаться от построения, нажмите кнопку **Прервать команду** или клавишу <Esc>.

### 11.2. Общие приемы работы, используемые при создании моделей средствами библиотеки Валы и механические передачи 3D

#### 11.2.1. Определение местоположения модели в документе КОМПАС-3D

При создании модели при помощи библиотеки *Валы и механические передачи 3D* необходимо определить ее местоположение в документе КОМПАС-3D. Элементы управления местоположением размещены на панели свойств на вкладке **Позиционирование**. Набор элементов зависит от типа проектируемой модели. Полный набор элементов и их назначение приведены в таблице 11.1.

Табл. 11.1. Элементы управления местоположением модели Валы и механические передачи 3D

Элемент	Назначение и использование элемента
 <b>Плоскость</b>	Выбор плоскости, от которой будет строиться ступень или элемент механической передачи – <b>начальной</b> плоскости.

Табл. 11.1. Элементы управления местоположением модели Валы и механические передачи 3D

Элемент	Назначение и использование элемента
	<b>Грань 1</b> Выбор грани, от которой начинается построение проектируемого элемента – <b>начальной</b> грани.
	<b>Грань 2</b> Выбор грани, которая определяет длину проектируемого элемента – <b>конечной</b> грани.
	<b>Выбрать точку</b> Выбор точки: <ul style="list-style-type: none"> <li>▼ через которую будет проходить ось проектируемой ступени;</li> <li>▼ которая станет центром кольцевых пазов или центром окружности, на которой будут расположены центры кольцевых отверстий.</li> </ul>
	<b>Создать и выбрать точку</b> Создание новой точки: <ul style="list-style-type: none"> <li>▼ через которую будет проходить ось проектируемой ступени;</li> <li>▼ которая станет центром кольцевых пазов или центром окружности, на которой будут расположены центры кольцевых отверстий.</li> </ul>
	<b>Изменить направление</b> Выбор направления построения ступени или элемента механической передачи.
	<b>Поворот против часовой стрелки</b> Поворот проектируемого элемента вокруг оси против часовой стрелки.
	<b>Поворот по часовой стрелке</b> Поворот проектируемого элемента вокруг оси по часовой стрелке.

### Определение местоположения простых ступеней и элементов механических передач

Чтобы определить местоположение проектируемой ступени внешнего или внутреннего контура или элемента механической передачи в документе КОМПАС-3D, выполните следующие действия.

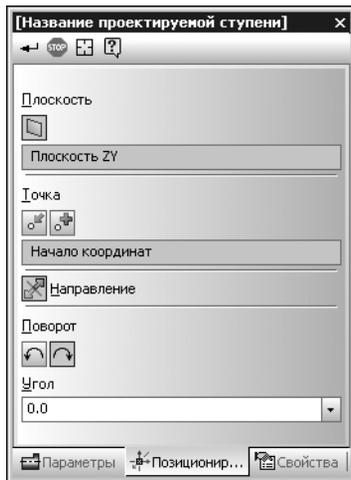


Рис. 11.1.

1. Раскройте на панели свойств вкладку **Позиционирование** (рис. 11.1). На ней содержатся элементы управления, название и назначение которых приведены в таблице 11.1 на с. 182.
2. Укажите плоскость, от которой будет строиться ступень. Для этого нажмите кнопку **Плоскость** и укажите в документе КОМПАС-3D плоскость, перпендикулярную оси проектируемой ступени.
3. Выберите точку, через которую будет проходить ось проектируемой ступени:
  - ▼ можно выбрать существующую точку – для этого нажмите кнопку **Выбрать точку** и укажите курсором точечный объект в документе КОМПАС-3D;
  - ▼ можно создать новую точку – для этого нажмите кнопку **Создать и выбрать точку**. На панели свойств появятся элементы управления, позволяющие задать положение точки.
4. Если начальной плоскостью является конструктивная плоскость или плоскость абсолютной или локальной систем координат, то потребуется выбрать направление построения ступени. Умолчательное направление показано стрелкой. Чтобы изменить направление, нажмите кнопку **Изменить направление**.  
Для некоторых ступеней на панели свойств имеются элементы управления, позволяющие задать угол поворота ступени вокруг своей оси.
5. Чтобы повернуть ступень, нажмите одну из кнопок в группе **Поворот** и задайте значение угла поворота в поле **Угол**. Значение угла можно ввести при помощи клавиатуры или выбрать из раскрывающегося списка.

## Определение местоположения дополнительных конструктивных элементов

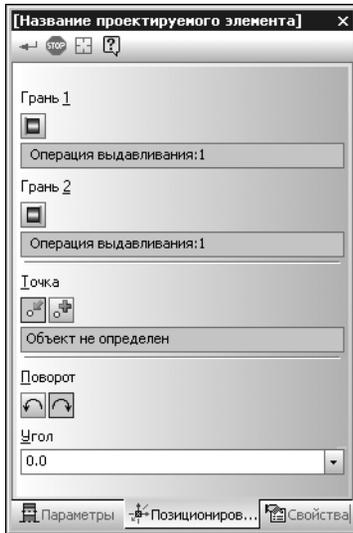


Рис. 11.2.

Чтобы определить местоположение дополнительных конструктивных элементов – **кольцевых отверстий** или **кольцевых пазов**, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств вкладку **Позиционирование** (рис. 11.2). На ней содержатся элементы управления, название и назначение которых приведены в таблице 11.1 на с. 182.
2. Нажмите кнопку **Грань 1** и укажите в документе КОМПАС-3D начальную грань.
3. Нажмите кнопку **Грань 2** и укажите конечную грань. Начальная и конечная грани должны быть параллельны друг другу и перпендикулярны оси проектируемых элементов.
4. Выберите точку, которая станет центром кольцевых пазов или центром окружности, на которой будут расположены центры кольцевых отверстий.

Вы можете:

- ▼ выбрать существующую точку – для этого в группе **Точка** нажмите кнопку **Выбрать точку** и укажите курсором точечный объект в документе КОМПАС-3D;
- ▼ создать новую точку – для этого в группе **Точка** нажмите кнопку **Создать и выбрать точку**. На панели свойств появятся элементы управления, позволяющие задать положение точки.

Для кольцевых отверстий на панели свойств имеются элементы управления, позволяющие задать угол поворота оси окружности, на которой расположены центры отверстий, относительно первоначального положения.

5. Чтобы повернуть ось, нажмите одну из кнопок в группе **Поворот** и задайте значение угла поворота в поле **Угол**. Значение угла можно ввести при помощи клавиатуры или выбрать из раскрывающегося списка.

### 11.2.2. Управление свойствами модели

Элементы управления свойствами модели, проектируемой средствами библиотеки *Валы и механические передачи 3D*, расположены на панели свойств на вкладке **Свойства**. Набор элементов зависит от типа проектируемой модели.

#### Управление свойствами простых конструктивных элементов

Для определения свойств простых конструктивных элементов раскройте на панели свойств вкладку **Свойства** (рис. 11.3).

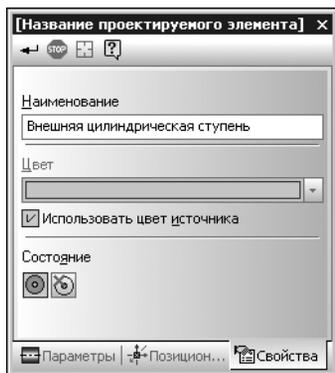


Рис. 11.3.

Табл. 11.2. Группа кнопок **Состояние**

Кнопка	
	<b>Включить в расчет</b>
	<b>Исключить из расчета</b>

### Управление свойствами элементов механических передач

Для определения свойств проектируемых элементов механических передач раскройте на панели свойств вкладку **Свойства** (рис. 11.4).

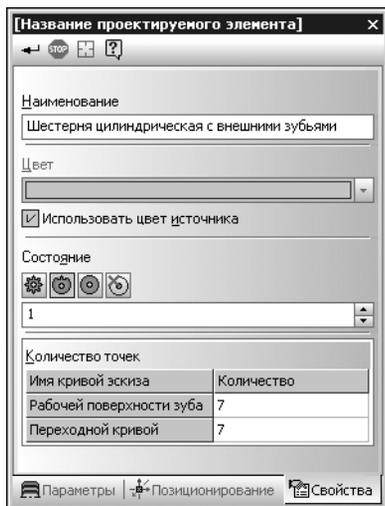


Рис. 11.4.

1. Чтобы переименовать элемент, измените содержимое поля **Наименование**.
2. Чтобы изменить цвет элемента, отключите опцию **Использовать цвет источника**. Активируется кнопка выбора цвета, расположенная в правой части поля **Цвет**. Нажмите ее и выберите нужный цвет из базовой палитры или синтезируйте новый цвет при помощи цветового спектра.
3. При необходимости исключите элемент из расчета. Для этого в группе кнопок **Состояние** нажмите кнопку **Исключить из расчета** (табл. 11.2). Чтобы вновь включить элемент в расчет, нажмите кнопку **Включить в расчет**.

1. Чтобы переименовать создаваемый элемент, измените содержимое поля **Наименование**.
2. Чтобы изменить цвет элемента, отключите опцию **Использовать цвет источника**. Активируется кнопка выбора цвета, расположенная в правой части поля **Цвет**. Нажмите ее и выберите цвет из базовой палитры или синтезируйте новый цвет с помощью цветового спектра.
3. Для элементов:
  - ▼ цилиндрическая шестерня с внешними или внутренними зубьями;
  - ▼ коническая шестерня с прямыми или круговыми зубьями;
  - ▼ звездочка для приводных роликовых цепей;
  - ▼ шкив зубчатременной передачи;
  - ▼ цилиндрический червяк;
  - ▼ цилиндрическое червячное колесо

установите режим генерации зубьев (витков). Для этого в группе кнопок **Состояние** нажмите кнопку, соответствующую нужному режиму (табл. 11.3).

Если вы выберете режим **Строить заданное количество зубьев (витков)**, потребуется ввести количество генерируемых зубьев в активированное поле ввода.

4. При необходимости исключите элемент из расчета. Для этого нажмите кнопку **Исключить из расчета**.
5. Для цилиндрической и конической шестерни укажите количество расчетных точек на рабочей поверхности зубьев и переходной кривой. Этот параметр будет влиять на точность отрисовки линии при построении профиля зуба модели. Чем больше размер зуба, тем большее количество точек нужно задать, чтобы построить плавную линию профиля.

Табл. 11.3. Группа кнопок **Состояние**

Кнопка	
	<b>Строить все зубья (витки)</b>
	<b>Строить заданное количество зубьев (витков)</b>
	<b>Строить без зубьев (витков)</b>
	<b>Исключить из расчета</b>

### 11.3. Построение простых конструктивных элементов

Средствами библиотеки *Валы и механические передачи 3D* могут быть созданы следующие конструктивные элементы:

- ▼ простые ступени внешнего контура;
- ▼ простые ступени внутреннего контура;
- ▼ дополнительные конструктивные элементы (кольцевые отверстия и кольцевые пазы);
- ▼ отверстия, канавки, проточки.

Команды построения этих элементов можно вызвать из Менеджера библиотек или с панели инструментов **Простые конструктивные элементы**. Чтобы активировать эту панель, нажмите на компактной панели библиотеки *Валы и механические передачи 3D* кнопку **Простые конструктивные элементы**.



Панель инструментов содержит кнопки вызова команд, перечисленных в таблице 11.4.

Табл. 11.4. Кнопки панели инструментов **Простые конструктивные элементы**

Команда	
	<b>Внешняя цилиндрическая ступень</b>
	<b>Внешняя коническая ступень</b>

Табл. 11.4. Кнопки панели инструментов **Простые конструктивные элементы**

Команда	
	<b>Внешняя многогранная ступень</b>
	<b>Внешняя профильная ступень</b>
	<b>Внутренняя цилиндрическая ступень</b>
	<b>Внутренняя коническая ступень</b>
	<b>Внутренняя многогранная ступень</b>
	<b>Внутренняя профильная ступень</b>
	<b>Кольцевые отверстия</b>
	<b>Кольцевые пазы</b>
	<b>Отверстие</b>
	<b>Канавка</b>
	<b>Проточка</b>

Чтобы построить конструктивный элемент, вызовите нужную библиотечную команду или нажмите на панели инструментов кнопку, ассоциированную с этой командой. На панели свойств появятся элементы управления построением ступени. Элементы расположены на трех вкладках:

- ▼ **Параметры** – предназначена для определения геометрических параметров проектируемого элемента;
- ▼ **Позиционирование** – служит для определения местоположения и ориентации проектируемого элемента в документе КОМПАС-3D;
- ▼ **Свойства** – предназначена для управления свойствами проектируемого элемента.

Порядок действий по позиционированию и определению свойств создаваемых моделей аналогичен для всех простых конструктивных элементов и приведен в разделах:

- ▼ «Определение местоположения простых ступеней и элементов механических передач» на с. 183;
- ▼ «Определение местоположения дополнительных конструктивных элементов» на с. 185;
- ▼ «Управление свойствами простых конструктивных элементов» на с. 185.

Информация об определении геометрических параметров проектируемых элементов содержится в следующих разделах.



Работа команд **Отверстие**, **Канавка** и **Проточка** отличается от работы остальных команд построения простых конструктивных элементов. Это связано с тем, что настоящая версия библиотеки *Валы и механические передачи 3D* интегрирована с Корпоративным справочником Стандартные Изделия (библиотекой Стандартные Изделия), поэтому проектирование отверстий, канавок и проточек осуществляется средствами Корпоративного справочника (библиотеки) Стандартные Изделия.

Подробная информация о работе команд **Отверстие**, **Канавка**, **Проточка** содержится в разделе 11.3.11 на с. 196.

### 11.3.1. Внешняя цилиндрическая ступень

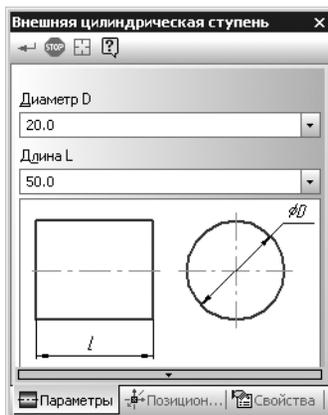


Рис. 11.5.

Чтобы определить геометрические параметры цилиндрической ступени внешнего контура, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Внешняя цилиндрическая ступень** вкладку **Параметры** (рис. 11.5).
2. Задайте значения диаметра **D** и длины **L** ступени. Значения можно ввести при помощи клавиатуры или выбрать из раскрывающихся списков.

### 11.3.2. Внешняя коническая ступень



Рис. 11.6.

Чтобы определить геометрические параметры конической ступени внешнего контура, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Внешняя коническая ступень** вкладку **Параметры** (рис. 11.6).
2. Задайте значения параметров, необходимых для построения ступени, при помощи клавиатуры или выберите из списков возможных значений. Параметры могут быть заданы по сочетанию значений:
  - ▼ линейных параметров – диаметрам торцов и длине ступени;
  - ▼ линейных и угловых параметров:
    - ▼ по диаметрам торцов и углу конуса;
    - ▼ по диаметрам торцов и конусности;
    - ▼ по диаметру одного из торцов, длине и углу конуса;
    - ▼ по диаметру одного из торцов, длине и конусности.

По умолчанию активны поля ввода значений линейных параметров. Чтобы ввести значения угловых параметров, снимите флажок, расположенный слева от названия одного из линейных параметров.

3. Если заданы значения угловых параметров ступени, выберите вариант уклона конуса, нажав нужную кнопку в группе **Уклон** (табл. 11.5).

Табл. 11.5. Группа кнопок **Уклон**

Кнопка	
	<b>Угол наружу</b>
	<b>Угол внутрь</b>

### 11.3.3. Внешняя многогранная ступень

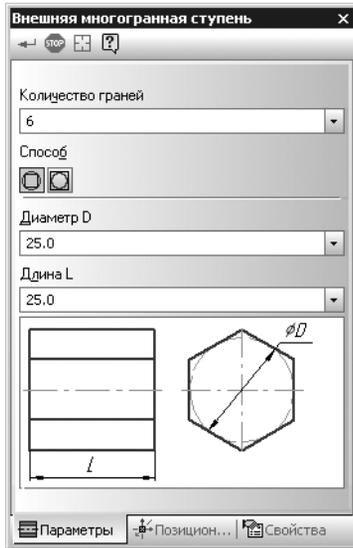


Рис. 11.7.

Чтобы задать геометрические параметры многогранной ступени внешнего контура, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Внешняя многогранная ступень** вкладку **Параметры** (рис. 11.7).
2. Введите количество граней при помощи клавиатуры или выберите значение параметра из раскрывающегося списка.
3. Выберите способ построения многоугольника, нажав одну из кнопок в группе **Способ** (табл. 11.6).
4. Задайте значения диаметра окружности, необходимой для построения многогранника **D**, и длины ступени **L**. Значения можно ввести при помощи клавиатуры или выбрать из раскрывающихся списков.

Табл. 11.6. Группа кнопок **Способ**

Кнопка	
	<b>По описанной окружности</b>
	<b>По вписанной окружности</b>

### 11.3.4. Внешняя профильная ступень

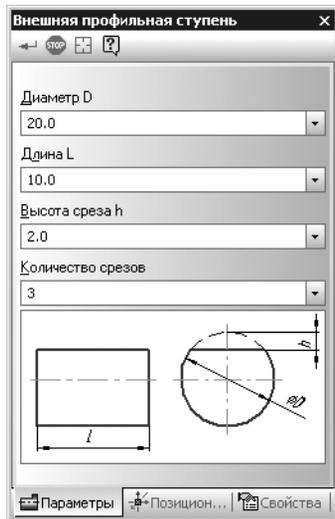


Рис. 11.8.

Чтобы задать геометрические параметры профильной ступени внешнего контура, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Внешняя профильная ступень** вкладку **Параметры** (рис. 11.8).
2. Введите значения параметров, необходимых для построения ступени, при помощи клавиатуры или выберите их из раскрывающихся списков.

### 11.3.5. Внутренняя цилиндрическая ступень

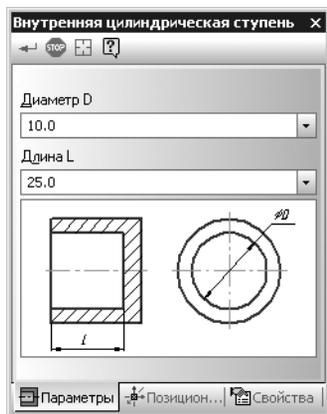


Рис. 11.9.

Чтобы задать геометрические параметры цилиндрической ступени внутреннего контура, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Внутренняя цилиндрическая ступень** вкладку **Параметры** (рис. 11.9).
2. Задайте значения диаметра **D** и длины **L** ступени. Значения можно ввести при помощи клавиатуры или выбрать из раскрывающихся списков.

### 11.3.6. Внутренняя коническая ступень

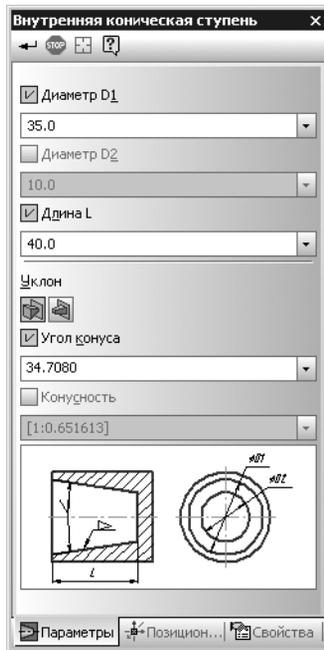


Рис. 11.10.

Чтобы задать геометрические параметры конической ступени внутреннего контура, раскройте на панели свойств **Внутренняя коническая ступень** вкладку **Параметры** (рис. 11.10).

Порядок ввода значений параметров аналогичен порядку ввода значений параметров конической ступени внешнего контура (см. раздел 11.3.2 на с. 190).

### 11.3.7. Внутренняя многогранная ступень

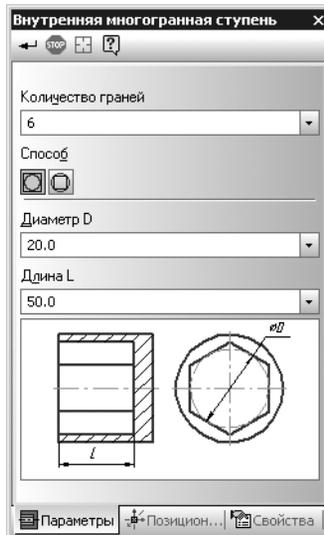


Рис. 11.11.

Чтобы задать геометрические параметры многогранной ступени внутреннего контура, раскройте на панели свойств **Внутренняя многогранная ступень** вкладку **Параметры** (рис. 11.11).

Порядок ввода значений параметров аналогичен порядку ввода значений параметров многогранной ступени внешнего контура (см. раздел 11.3.3 на с. 191).

### 11.3.8. Внутренняя профильная ступень

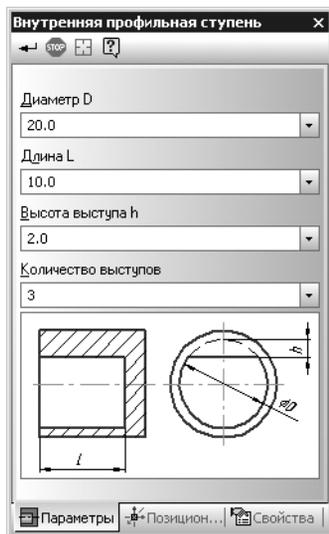


Рис. 11.12.

Чтобы задать геометрические параметры профильной ступени внутреннего контура, раскройте на панели свойств **Внешняя профильная ступень** вкладку **Параметры** (рис. 11.12).

Порядок ввода значений параметров аналогичен порядку ввода значений параметров профильной ступени внешнего контура (см. раздел 11.3.4 на с. 192).

### 11.3.9. Кольцевые отверстия

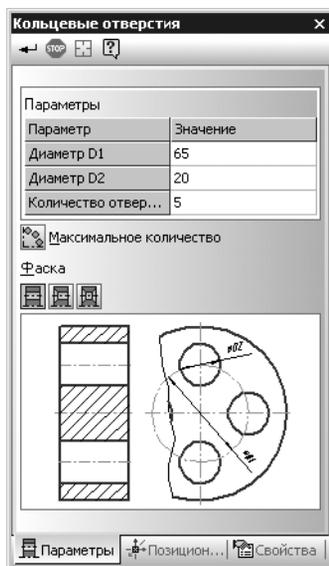


Рис. 11.13.

Чтобы задать геометрические параметры кольцевых отверстий, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Кольцевые отверстия** вкладку **Параметры** (рис. 11.13). На вкладке содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.7.
2. Введите значения параметров, необходимых для построения отверстий:
  - ▼ диаметр, на котором будут располагаться центры отверстий **D1**;
  - ▼ диаметр отверстий **D2**;
  - ▼ количество отверстий.
3. Чтобы построить максимально возможное количество отверстий, нажмите кнопку **Максимальное количество**. Максимальное количество рассчитывается исходя из условий непересечения отверстий.



Если параметр **Количество отверстий** будет иметь значение, превышающее максимально возможное, кнопка **Создать объект** останется неактивной.

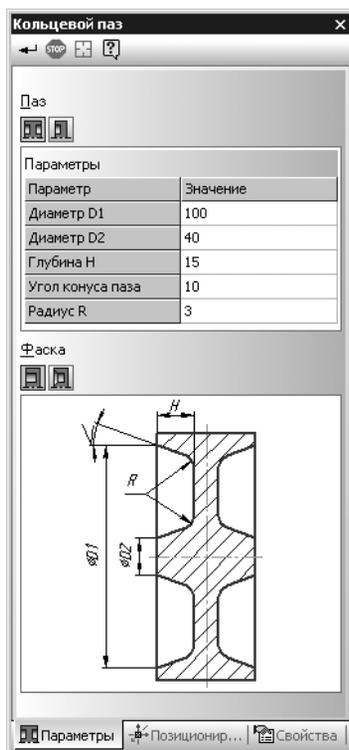
4. Выберите вариант построения отверстий, нажав одну из кнопок в группе **Фаска**.

- Если будет выбран вариант построения отверстий с фаской, на панели свойств появятся поля ввода значений длины и угла фаски. Заполните поля при помощи клавиатуры или выберите значения из раскрывающихся списков.

Табл. 11.7. Элементы управления вкладки **Параметры** панели свойств **Кольцевые отверстия**

Элемент
 <b>Максимальное количество</b>
 <b>Без фаски</b>
 <b>Одна фаска</b>
 <b>Две фаски</b>

### 11.3.10. Кольцевые пазы



Чтобы задать геометрические параметры кольцевых пазов, выполните следующие действия.

- Раскройте на панели свойств **Кольцевой паз** вкладку **Параметры** (рис. 11.14). На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.8.
- Выберите количество пазов, нажав одну из кнопок в группе **Паз**.
- Введите значения параметров, необходимых для построения пазов:
  - ▼ внешний диаметр **D1**;
  - ▼ внутренний диаметр **D2**;
  - ▼ глубину паза **H**;
  - ▼ угол конуса;
  - ▼ радиус **R**.
- Выберите вариант построения пазов, нажав одну из кнопок в группе **Фаска**.
- Если будет выбран вариант построения с фаской, на панели свойств появятся поля ввода значений длины и угла фаски. Заполните поля при помощи клавиатуры или выберите значения из раскрывающихся списков.

Рис. 11.14.

Табл. 11.8. Элементы управления вкладки **Параметры** панели свойств **Кольцевой паз**

Элемент	
	<b>Два паза симметрично</b>
	<b>Один паз</b>
	<b>Без фаски</b>
	<b>Одна фаска</b>

### 11.3.11. Отверстия, канавки, проточки

В настоящей версии библиотеки реализовано ее взаимодействие с Корпоративным справочником Стандартные Изделия (библиотекой Стандартные Изделия). Это дает возможность проектировать отверстия, канавки и проточки средствами Корпоративного справочника (библиотеки) Стандартные Изделия.

Чтобы построить элемент, вызовите нужную библиотечную команду при помощи Менеджера библиотек или нажмите на панели инструментов **Простые конструктивные элементы** кнопку, ассоциированную с этой командой (табл. 11.9).

Табл. 11.9. Кнопки панели инструментов **Простые конструктивные элементы**

Команда	
	<b>Отверстие</b>
	<b>Канавка</b>
	<b>Проточка</b>

После вызова команды загрузится Корпоративный справочник (библиотека) Стандартные Изделия. В области навигации будет выделено название проектируемого конструктивного элемента. Выберите типоразмер и параметры проектируемого элемента, а затем вставьте его в документ КОМПАС-3D средствами Корпоративного справочника (библиотеки) Стандартные Изделия.

## 11.4. Построение элементов механических передач

Средствами библиотеки *Валы и механические передачи 3D* могут быть построены следующие элементы механических передач:

- ▼ шестерни цилиндрические с внешними и внутренними зубьями;

- ▼ шестерни конические с прямыми и круговыми зубьями;
- ▼ шкивы клиноременной и зубчатоременной передач;
- ▼ звездочка для приводных роликовых цепей;
- ▼ цилиндрический червяк и цилиндрическое червячное колесо.

Построение моделей перечисленных элементов осуществляется на основании их расчетов. Расчеты выполняются при помощи комплекса программ КОМПАС-GEARS (геометрические и прочностные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных и ременных передач), работающего совместно с системой *Валы и механические передачи 3D*. Подробная информация о порядке выполнения расчетов механических передач содержится в Главе 7.

Элементы некоторых механических передач могут быть рассчитаны средствами расчетно-информационной системы Справочник конструктора. Сведения о работе этого программного модуля содержатся в его справочной системе (файл *RefBook.chm*).



При проектировании механических передач помните, что метод построения элементов конической и червячной передач не является достаточно точным для непосредственного применения их моделей при изготовлении деталей.



Чтобы получить доступ к командам построения элементов механических передач, раскройте соответствующую группу библиотечных команд в Менеджере библиотек или активизируйте панель инструментов **Механические передачи**, нажав на компактной панели одноименную кнопку.

Панель инструментов **Механические передачи** содержит кнопки вызова команд, названия которых приведены в таблице 11.10.

Табл. 11.10. Кнопки панели инструментов **Механические передачи**

Команда
 <b>Шестерня цилиндрическая с внешними зубьями</b>
 <b>Шестерня цилиндрическая с внутренними зубьями</b>
 <b>Шестерня коническая с прямым зубом</b>
 <b>Шестерня коническая с круговым зубом</b>
 <b>Шкив клиноременной передачи</b>
 <b>Шкив зубчатоременной передачи</b>
 <b>Звездочка для приводных роликовых цепей</b>

Табл. 11.10. Кнопки панели инструментов **Механические передачи**

---

Команда



**Цилиндрический червяк**



**Цилиндрическое червячное колесо**

---

Чтобы построить элемент механической передачи, вызовите нужную библиотечную команду или нажмите на панели инструментов кнопку, ассоциированную с этой командой. На панели свойств появятся элементы управления построением ступени. Элементы размещены на трех вкладках:

- ▼ **Параметры** – предназначена для определения геометрических параметров проектируемого элемента;
- ▼ **Позиционирование** – служит для определения местоположения и ориентации проектируемого элемента в документе КОМПАС-3D;
- ▼ **Свойства** – предназначена для управления свойствами проектируемого элемента.

Порядок действий по позиционированию и определению свойств создаваемых моделей аналогичен для всех проектируемых элементов и приведен в разделах «Определение местоположения простых ступеней и элементов механических передач» на с. 183 и «Управление свойствами элементов механических передач» на с. 186.

О том как определить геометрические параметры элементов механических передач, рассказано в следующих разделах.

### 11.4.1. Шестерня цилиндрическая с внешними зубьями

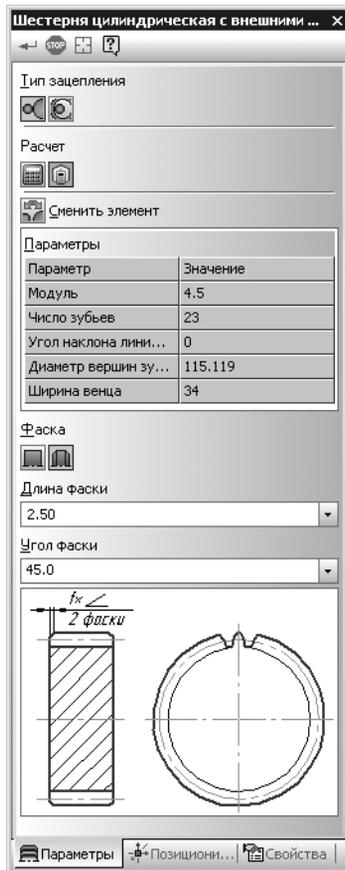


Рис. 11.15.

Чтобы определить геометрические параметры цилиндрической шестерни с внешними зубьями, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Шестерня цилиндрическая с внешними зубьями** вкладку **Параметры** (рис. 11.15). На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.11.
2. Выберите тип зацепления – внешнее или внутреннее. Для этого нажмите одну из кнопок в группе **Тип зацепления**.
3. Выполните расчет зубчатой передачи.

Расчет может быть выполнен средствами комплекса программ КОМПАС-GEARS либо средствами расчетно-информационной системы Справочник конструктора. Чтобы выбрать инструмент для выполнения расчета, нажмите одну из кнопок в группе **Расчет**.

Подробная информация о ходе выполнения расчета средствами КОМПАС-GEARS содержится в разделе 7.2 на с. 110. Сведения о работе расчетно-информационной системы Справочник конструктора содержатся в справочной системе к этому программному модулю (файл *RefBook.chm*).

После завершения расчета значения параметров, необходимых для построения **ведущего** колеса, будут отображены в таблице **Параметры**.

4. Если необходимо построить ведомое колесо, нажмите кнопку **Сменить элемент**. В таблице **Параметры** появятся значения, необходимые для построения **ведомого** колеса.
5. Выберите вариант построения шестерни, нажав одну из кнопок в группе **Фаска**.

6. Если будет выбран вариант построения шестерни с фаской, на панели свойств появятся поля ввода значений длины и угла фаски. Заполните поля при помощи клавиатуры или выберите значения из раскрывающихся списков.

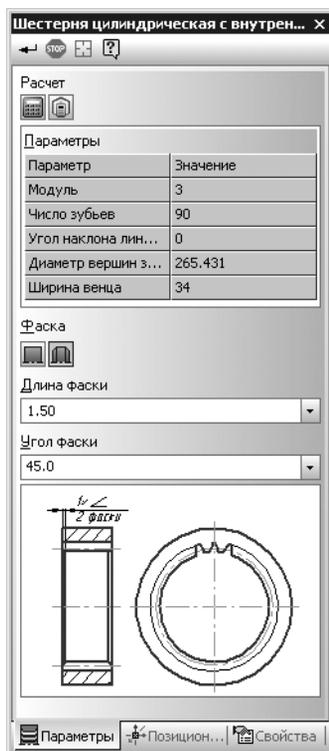
Табл. 11.11. Элементы управления панели свойств **Шестерня цилиндрическая с внешними зубьями**

Элемент	
	<b>Внешнее зацепление</b>
	<b>Внутреннее зацепление</b>
	<b>Расчет в модуле «КОМПАС-GEARS»</b>

Табл. 11.11. Элементы управления панели свойств **Шестерня цилиндрическая с внешними зубьями**

Элемент
 <b>Расчет в системе «Справочник конструктора»</b>
 <b>Сменить элемент</b>
 <b>Без фаски</b>
 <b>С фаской</b>

### 11.4.2. Шестерня цилиндрическая с внутренними зубьями



Чтобы определить геометрические параметры цилиндрической шестерни с внутренними зубьями, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Шестерня цилиндрическая с внутренними зубьями** вкладку **Параметры** (рис. 11.16). На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.12.
2. Выполните расчет зубчатой передачи.

Расчет может быть выполнен средствами комплекса программ КОМПАС-GEARS либо средствами расчетно-информационной системы Справочник конструктора. Чтобы выбрать инструмент для выполнения расчета, нажмите одну из кнопок в группе **Расчет**.

Подробная информация о ходе выполнения расчета средствами КОМПАС-GEARS содержится в разделе 7.3 на с. 119. Сведения о работе расчетно-информационной системы Справочник конструктора содержатся в справочной системе к этому программному модулю (файл *RefBook.chm*).

После завершения расчета значения параметров, необходимых для построения шестерни, будут отображены в таблице **Параметры**.

Рис. 11.16.

3. Выберите вариант построения шестерни, нажав одну из кнопок в группе **Фаска**.
4. Если будет выбран вариант построения шестерни с фаской, на панели свойств появятся поля ввода значений длины и угла фаски. Заполните поля при помощи клавиатуры или выберите значения из раскрывающихся списков.

Табл. 11.12. Элементы управления панели свойств **Шестерня цилиндрическая с внутренними зубьями**

Элемент
 <b>Расчет в модуле «КОМПАС-GEARS»</b>
 <b>Расчет в системе «Справочник конструктора»</b>
 <b>Без фаски</b>
 <b>С фаской</b>

### 11.4.3. Шестерня коническая с прямым зубом

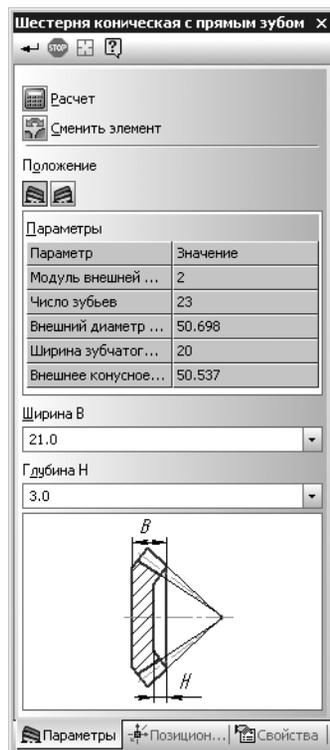


Рис. 11.17.

Чтобы определить геометрические параметры конической шестерни с прямым зубом, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Шестерня коническая с прямым зубом** вкладку **Параметры**. На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.13 на с. 202.
2. Выполните расчет зубчатой передачи. Для этого нажмите кнопку **Расчет**. Запустится модуль «Расчет конической передачи с прямым зубом» комплекса программ КОМПАС-GEARS. Введите значения параметров зубчатой передачи и запустите расчет. Подробная информация о ходе выполнения расчета содержится в разделе 7.5 на с. 131.

После завершения расчета значения параметров, необходимых для построения **ведущего** колеса, будут отображены в таблице **Параметры**.

3. Если необходимо построить **ведомое** колесо, нажмите кнопку **Сменить элемент**. В таблице **Параметры** появятся значения, необходимые для построения ведомого колеса.
4. Выберите направление построения шестерни, нажав одну из кнопок в группе **Положение**.
5. Введите значения ширины шестерни **В** и глубины поднутрения **Н** при помощи клавиатуры или выберите из раскрывающихся списков.

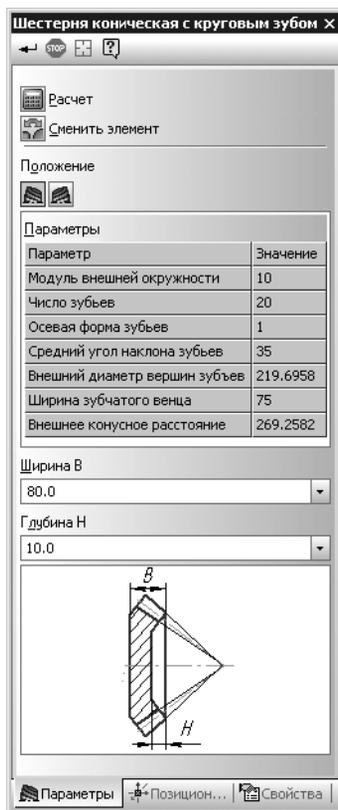
Табл. 11.13. Элементы управления панели свойств **Шестерня коническая с прямым зубом**

Элемент	
	<b>Расчет</b>
	<b>Сменить элемент</b>
	<b>Положение 1</b>
	<b>Положение 2</b>



Обратите внимание, метод построения конических шестерен не является достаточно точным для непосредственного применения их моделей при изготовлении деталей.

#### 11.4.4. Шестерня коническая с круговым зубом



Чтобы определить геометрические параметры конической шестерни с круговым зубом, раскройте на панели свойств **Шестерня коническая с круговым зубом** вкладку **Параметры** (рис. 11.18). Порядок ввода параметров аналогичен порядку ввода параметров конической шестерни с прямым зубом (см. раздел 11.4.3 на с. 201).

Рис. 11.18.

### 11.4.5. Шкив клиноременной передачи

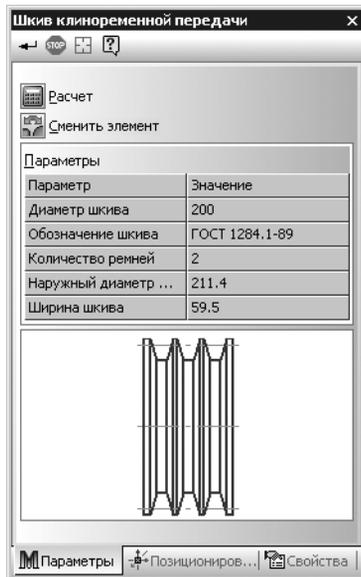


Рис. 11.19.

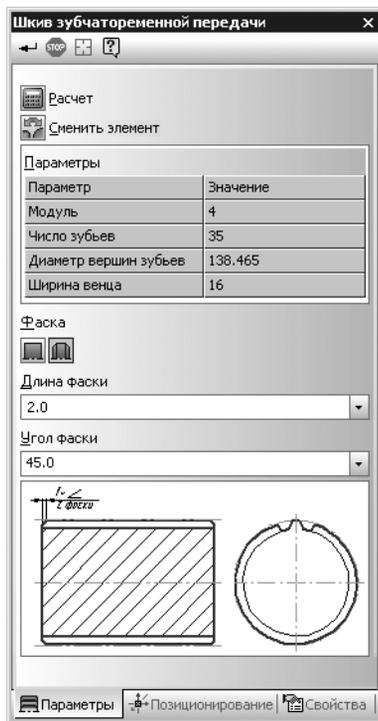
Чтобы определить геометрические параметры шкива клиноременной передачи, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Шкив клиноременной передачи** вкладку **Параметры** (рис. 11.19). На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.14.
2. Выполните расчет клиноременной передачи. Для этого нажмите кнопку **Расчет**. Запустится модуль «Расчет клиноременной передачи» комплекса программ КОМПАС-GEARS. Введите значения параметров клиноременной передачи и запустите расчет. Подробная информация о ходе выполнения расчета содержится в разделе 7.8 на с. 148.  
После завершения расчета значения параметров, необходимых для построения **ведущего** шкива, будут отображены в таблице **Параметры**.
3. Если необходимо построить **ведомый** шкив, нажмите кнопку **Сменить элемент**. В таблице **Параметры** появятся значения, необходимые для построения ведомого шкива.

Табл. 11.14. Элементы управления панели свойств **Шкив клиноременной передачи**

Элемент
 <b>Расчет</b>
 <b>Сменить элемент</b>

## 11.4.6. Шкив зубчатременной передачи



Чтобы определить геометрические параметры шкива зубчатременной передачи, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Шкив зубчатременной передачи** вкладку **Параметры** (рис. 11.20). На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.15.
2. Выполните расчет зубчатременной передачи. Для этого нажмите кнопку **Расчет**. Запустится модуль «Расчет зубчатременной передачи» комплекса программ КОМПАС-GEARS. Введите значения параметров передачи и запустите расчет. Подробная информация о ходе выполнения расчета содержится в разделе 7.9 на с. 151. После завершения расчета значения параметров, необходимых для построения **ведущего** шкива, будут отображены в таблице **Параметры**.
3. Если необходимо построить **ведомый** шкив, нажмите кнопку **Сменить элемент**. В таблице **Параметры** появятся значения, необходимые для построения ведомого шкива.
4. Выберите вариант построения шестерни, нажав одну из кнопок в группе **Фаска**.

Рис. 11.20.

5. Если будет выбран вариант построения с фаской, на панели свойств появятся поля ввода значений длины и угла фаски. Заполните поля при помощи клавиатуры или выберите значения из раскрывающихся списков.

Табл. 11.15. Элементы управления панели свойств **Шкив зубчатременной передачи**

Элемент	
	<b>Расчет</b>
	<b>Сменить элемент</b>
	<b>Без фаски</b>
	<b>С фаской</b>

### 11.4.7. Звездочка для приводных роликовых цепей

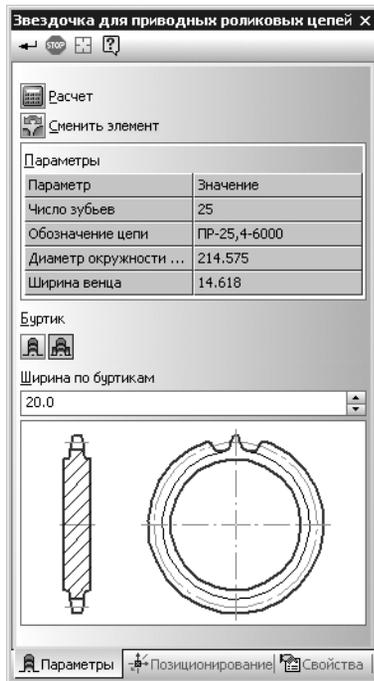


Рис. 11.21.

Чтобы определить геометрические параметры звездочки для приводных роликовых цепей, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Звездочка для приводных роликовых цепей** вкладку **Параметры** (рис. 11.21). На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.16.
2. Выполните расчет роликовой цепной передачи. Для этого нажмите кнопку **Расчет**. Запустится модуль «Расчет роликовой цепной передачи» комплекса программ КОМПАС-GEARS. Введите значения параметров передачи и запустите расчет. Подробная информация о ходе выполнения расчета содержится в разделе 7.7 на с. 142.
3. После завершения расчета значения параметров, необходимых для построения **ведущей** звездочки, будут отображены в таблице **Параметры**.
4. Если необходимо построить **ведомую** звездочку, нажмите кнопку **Сменить элемент**. В таблице **Параметры** появятся значения, необходимые для построения ведомой звездочки.
5. Выберите вариант построения звездочки, нажав одну из кнопок в группе **Буртик**.

5. Если будет выбран вариант построения звездочки с буртиком, введите значение ширины звездочки по буртикам в соответствующее поле при помощи клавиатуры или кнопки-счетчика.

Табл. 11.16. Элементы управления панели свойств **Звездочка для приводных роликовых цепей**

Элемент
 <b>Расчет</b>
 <b>Сменить элемент</b>
 <b>Звездочка без буртика</b>
 <b>Звездочка с буртиком</b>

### 11.4.8. Цилиндрический червяк

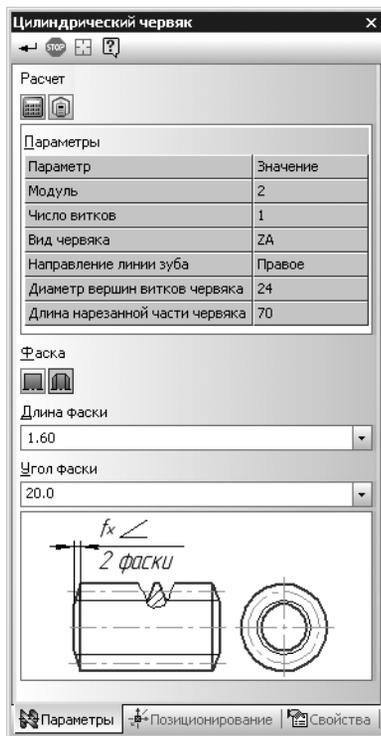


Рис. 11.22.

Чтобы определить геометрические параметры цилиндрического червяка, выполните следующие действия.

1. Раскройте на панели свойств **Цилиндрический червяк** вкладку **Параметры** (рис. 11.22). На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.17.
2. Выполните расчет червячной передачи.

Расчет может быть выполнен средствами комплекса программ КОМПАС-GEARS либо средствами расчетно-информационной системы Справочник конструктора. Чтобы выбрать инструмент для выполнения расчета, нажмите одну из кнопок в группе **Расчет**.

Подробная информация о ходе выполнения расчета средствами КОМПАС-GEARS содержится в разделе 7.6 на с. 134. Сведения о работе расчетно-информационной системы Справочник конструктора содержатся в справочной системе к этому программному модулю (файл *RefBook.chm*).

После завершения расчета значения параметров, необходимых для построения червяка, будут отображены в таблице **Параметры**.

3. Выберите вариант построения червяка, нажав одну из кнопок в группе **Фаска**.
4. Если будет выбран вариант построения червяка с фаской, на панели свойств появятся поля ввода значений длины и угла фаски. Заполните поля при помощи клавиатуры или выберите значения из раскрывающихся списков.

Табл. 11.17. Элементы управления вкладки **Параметры** панели свойств **Цилиндрический червяк**

Элемент	
	<b>Расчет в модуле «КОМПАС-GEARS»</b>
	<b>Расчет в системе «Справочник конструктора»</b>
	<b>Без фаски</b>
	<b>С фаской</b>



Обратите внимание, метод построения цилиндрического червяка не является достаточно точным для непосредственного применения его модели при изготовлении деталей.

### 11.4.9. Цилиндрическое червячное колесо

Чтобы задать геометрические параметры цилиндрического червячного колеса, выполните следующие действия.



Рис. 11.23.

Табл. 11.18. Элементы управления панели свойств **Цилиндрическое червячное колесо**

Элемент
 <b>Расчет в модуле «КОМПАС-GEARS»</b>
 <b>Расчет в системе «Справочник конструктора»</b>
 <b>Без фаски</b>
 <b>С фаской</b>



Обратите внимание, метод построения червячного колеса не является достаточно точным для непосредственного применения его модели при изготовлении деталей.

1. Раскройте на панели свойств **Цилиндрическое червячное колесо** вкладку **Параметры** (рис. 11.23). На ней содержатся элементы управления, названия которых приведены в таблице 11.18.

2. Выполните расчет червячной передачи.

Расчет может быть выполнен средствами комплекса программ КОМПАС-GEARS либо средствами расчетно-информационной системы Справочник конструктора. Чтобы выбрать инструмент для выполнения расчета, нажмите одну из кнопок в группе **Расчет**.

Подробная информация о ходе выполнения расчета средствами КОМПАС-GEARS содержится в разделе 7.6 на с. 134. Сведения о работе расчетно-информационной системы Справочник конструктора содержатся в справочной системе к этому программному модулю (файл *RefBook.chm*).

После завершения расчета значения параметров, необходимых для построения червячного колеса, будут отображены в таблице **Параметры**.

3. Выберите вариант построения червячного колеса, нажав одну из кнопок в группе **Фаска**.

4. Если будет выбран вариант построения колеса с фаской, на панели свойств появятся поля ввода значений длины и угла фаски. Заполните поля при помощи клавиатуры или выберите значения из раскрывающихся списков.

## 11.5. Построение шлицев и шпоночных пазов

В настоящей версии библиотеки реализовано ее взаимодействие с Корпоративным справочником Стандартные Изделия (библиотекой Стандартные Изделия). Это дает возможность проектировать некоторые элементы разъемных соединений (шлицы и шпоночные пазы) средствами Корпоративного справочника Стандартные Изделия (библиотеки Стандартные Изделия).



Для получения доступа к командам построения элементов разъемных соединений раскройте соответствующую группу команд в Менеджере библиотек или активируйте панель инструментов **Разъемные соединения**, нажав на компактной панели одноименную кнопку.

Панель инструментов содержит кнопки вызова команд, названия которых приведены в таблице 11.19.

Табл. 11.19. Кнопки панели инструментов **Разъемные соединения**

	Команда
	<b>Шлицы</b>
	<b>Шпоночный паз</b>

Чтобы построить элемент, вызовите нужную библиотечную команду или нажмите на панели инструментов кнопку, ассоциированную с этой командой. Загрузится Корпоративный справочник Стандартные Изделия (библиотека Стандартные Изделия). В области навигации будет выделено название проектируемого элемента. Выберите типоразмер и параметры элемента, а затем вставьте его в документ КОМПАС-3D средствами Корпоративного справочника Стандартные Изделия (библиотеки Стандартные Изделия).