**Моделирование зубчатых цилиндрических передач с помощью библиотеки «Валы и механические передачи 2D»**

Оглавление

[5. Проектирование зубчатых цилиндрических передач 3](#_Toc55759370)

[5.1 Общие сведения о расчёте 3](#_Toc55759371)

[5.2 Команда шестерня цилиндрической зубчатой передачи 3](#_Toc55759372)

[5.2.1. Геометрический расчет 6](#_Toc55759373)

[5.2.2 Расчет на прочность 10](#_Toc55759374)

[5.2.3 Расчет на долговечность 11](#_Toc55759375)

[5.3 Дополнительные элементы цилиндрической шестерни 14](#_Toc55759376)

[5.3.1 Команда таблица параметров 15](#_Toc55759377)

[5.3.2 Команда профиль зубьев 15](#_Toc55759378)

[5.3.3 Профиль затыловки 16](#_Toc55759379)

[5.3.4 Полный профиль шестерни 17](#_Toc55759380)

[5.3.5 Вырезы по круговому массиву 18](#_Toc55759381)

[5.3.6 Кольцевой паз 18](#_Toc55759382)

[5.4 Самостоятельная работа 19](#_Toc55759383)

[5.5 Контрольные вопросы 21](#_Toc55759384)

# Проектирование зубчатых цилиндрических передач

Цель работы. Научиться:

• рассчитывать и строить зубчатые цилиндрические передачи внешнего и внутреннего зацепления;

• выполнять построение дополнительных элементов зубчатых передач: таблицу параметров, профиль внешних и внутренних эвольвентных зубьев, профиль затыловки, кольцевые пазы, кольцевые отверстия.

# 1 Общие сведения о расчёте

Настоящая программа расчёта распространяется на зубчатые цилиндри­ческие эвольвентные передачи внешнего и внутреннего зацепления с посто­янным передаточным отношением, зубчатые колеса которых соответствуют исходному контуру с равными номинальными толщиной зуба и шириной впадины по делительной окружности, без модификации головки зуба, при обработке колес исходной производящей рейкой или долбяком.

# 2 Команда шестерня цилиндрической зубчатой передачи

Для вызова команды построения шестерни внешнего зацепления необ­ходимо:

• левой кнопкой мыши щелкнуть на кнопке  **элементы механических передач** внешнего контура, расположенной на инструментальной панели внешнего контура;

• в дополнительном меню со списком элементов механических передач левой кнопкой мыши выбрать команду **шестерни и рейки** - **шестерня цилиндрическая с внешними зубьями**.

Для построения шестерни внутреннего зацепления необходимо:

• левой кнопкой мыши щелкнуть на кнопке  **цилиндрическое колесо с внутренними зубьями**, расположенной на инструментальной па­нели внутреннего контура.

После вызова команды  на экран выводится диалоговое окно
(рис. 1), в котором следует задать параметры для расчёта.

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

Перед запуском расчета цилиндрической зубчатой передачи (или перед построением шестерни) с помощью групп команд **слева** и **справа** имеется возможность задать параметры **фасок** или **галтелей**. Диалоговое окно ко­манды  **шестерня цилиндрическая с внешними зубьями** на внешнем контуре имеет ещё вкладку затыловка и команду упрощённое изображение затыловки. Для отображения размеров на чертеже, следует включить опцию размеры.



Рисунок 1 - Команда шестерня цилиндрическая с внешними зубьями

Для запуска расчета цилиндрической зубчатой передачи нужно нажать кнопку **запуск расчета**. Чтобы воспользоваться для расчета данными, ранее сохраненными в файле, необходимо нажать кнопку **исходные данные**
(рис. 2), затем выбрать в раскрывшемся меню команду **чтение**. Существует возможность сохранения исходных данных для расчета в файлах как с помо­щью команд строки меню **исходные данные**, так и непосредственно при вы­полнении расчетов.



Рисунок 2 - Расчёты цилиндрической зубчатой передачи

Для начала расчёта необходимо нажать в окне расчета **цилиндрической зубчатой передачи внутреннего (внешнего)** **зацепления** кнопку, соответствующую виду расчета (см. рис. 2).

Предусмотрено 3 вида расчетов, выполняемых последовательно.

1. **Геометрический расчет**, выполняемый для зубчатых передач внеш­него зацепления согласно ГОСТ 16532-70 «Передачи зубчатые цилиндриче­ские эвольвентные внешнего зацепления. Расчет геометрии», или для зубча­тых передач внутреннего зацепления согласно ГОСТ 19274-73 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внутреннего зацепления. Расчет геометрии».

В результате геометрического расчета определяются основные геомет­рические параметры, выполняется расчет размеров для контроля и делается проверка качества зацепления по геометрическим показателям. В случае не­выполнения каких-нибудь показателей качества зацепления выдаются ин­формационные сообщения с рекомендациями по дальнейшим действиям.

После проведения расчета, его результаты будут показаны в левой верх­ней части окна диалога в качестве справочных данных.

2. **Расчет на прочность**, выполняемый согласно ГОСТ 21354-87 «Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность». В результате расчета определяются коэффициенты запаса по контактным напряжениям и напряжениям изгиба.

3. **Расчет на долговечность**, выполняемый согласно методу эквивалентных напряжений. В результате определяется расчетный ресурс при расчете на контактную долговечность и долговечность при изгибе.

4. **Проектный расчет** закрытых передач малой и средней твердости выполняется на контактную выносливость. Для открытой передачи проектный расчет выполняется из условия предупреждения поломки зуба с учетом износа зубьев.

5. **Восстановительный расчет** предназначен для расчета параметров восстановления изношенных зубчатых зацеплений для максимально возможного приближения их к исходным геометрическим параметрам.

Если во время проведения расчета промежуточные результаты высвечиваются красным цветом, то их значения не соответствуют заданным системным параметрам. В этом случае необходимо прове­рить правильность заданных параметров.

После окончания расчётов на экран выводится окно (рис. 5.3), в котором предлагается выбрать для дальнейшей работы одно из зубчатых колес передачи.



Рисунок 3 - Окно выбора объекта построения

В нём необходимо выбрать объект построения и нажать кнопку **ОК**. Основные параметры выбранного зубчатого колеса будут показаны в качестве справочных данных в левой верхней части окна диалога.

# 2.1. Геометрический расчет

После выбора вида расчёта в диалоговом окне (рис. 4) необходимо указать вариант расчёта из предлагаемых: **по межосевому расстоянию, по коэффициентам смещения, по диаметрам вершин колёс**.

*Вариант 1*. По заданному межосевому расстоянию *aw* определяется суммарный коэффициент смещения *х*, значение которого разбивается на
*x*1 и *x*2.



Рисунок 4 - Вариант расчета

*Вариант 2*. По заданным коэффициентам смещения *x*1 и *x*2 определяется межосевое расстояние *aw*.

Согласно рекомендациям ГОСТ 16532-70 принимаются начальные зна­чения коэффициентов смещения: при z>30 *х*=0; при 20<*z*<30 *х*=0,3; при z<20 *х*=0,5, но при этом считается минимально допустимое значение смещения *x*min, и в случае если *x*min >*х*, принимается *x*min

*Вариант 3*. По заданным диаметрам вершин колес и модулю определяются коэффициенты смещения *x*1 и *x*2.

Поля ввода исходных данных рас­полагаются на двух страницах. Перейти на вторую страницу и выполнить расчёт можно только после ввода всех данных на первой странице (рис. 5).



Рисунок 5 - Страница 1 ввода данных геометрического расчёта

**Модуль.** Значения стандартизованы, но может быть введено и произ­вольное значение.

**Угол наклона зубьев**. В случае выбора первого варианта расчета (по межосевому расстоянию) при использовании отличного от нуля угла наклона зубьев можно автоматически рассчитать угол наклона по суммарному коэф­фициенту смещения. Для этого следует нажать кнопку  (она станет актив­ной после изменения автоматически подсчитанного значения межосевого расстояния или после ввода значения угла наклона зубьев) и в открывшемся окне (рис. 6) рассчитать угол наклона зубьев.



Рисунок 6 - Команда расчета угла наклона зубьев

Далее кнопками  необходимо воспользоваться для получения реко­мендаций по выбору значений параметров в соответствующих полях ввода.

После этого необходимо ввести суммарный коэффициент смещения нажать кнопку . Расчетное значение угла наклона зубьев будет перенесено в окно геометрический расчет.

Для автоматического подсчета межосевого расстояния следует воспользоваться кнопкой , расположенной справа от поля ввода параметра.

**Стандартный исходный контур** (ГОСТ 13755-68).

• Параметры стандартного контура

• 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 может быть рассчитан автоматически по рекомендациям ГОСТ 16532-70. Для этого необходимо нажать клавишу <**F3**> или кнопку 

**Диаметр ролика (шарика)** может быть подобран автоматически по значению модуля. Для этого необходимо нажать клавишу <**F3**> или кнопку . При нажатии клавиши <**F10**> одновременно выполняются расчеты ко­эффициентов смещения и подбираются диаметры ролика (шарика) для ше­стерни и колеса.

**Вид обработки**. В случае смены вида обработки на долбяк, необходимо будет выбрать число зубьев долбяка.

**Характеристика инструмента (число зубьев долбяка)**. Выбор долбяка осуществляется в специализированном диалоге (кнопка ). Предпочтителен выбор долбяка с наибольшим количеством зубьев. При этом 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.

После ввода данных на странице 1 следует ввести данные на
**странице 2** (рис. 7).



Рисунок 7 - Страница 2 ввода данных геометрического расчёта

Коэффициент смещения исходного контура. В случае выбора первого варианта расчета (по межосевому расстоянию) на второй странице вводятся значения коэффициентов смещения с учетом суммарного коэффициента смещения. При этом, используя выпадающее меню, можно выполнить:

- расчет *X1* по *Х2*;

 - расчет *X2* по *X1*;

- расчет *X1* и *X2*, из условия равнопрочности зубьев шестерни и колеса.

**Диаметр вершин зубьев со срезом** должен быть всегда равен или меньше номинального (расчетного) диаметра вершин зубьев.

Для зубчатой цилиндрической передачи внутреннего зацепления необ­ходимо ввести ещё ряд параметров.

**Число зубьев солнечной шестерни *ZS* количество сателлитов *NS****.*

Для планетарной передачи выполняется контроль следующих условий:

Условие соосности:

*ZS*+*Z1*=*Z2*+*Z1*.

Условие сборки:

(*ZS*+*Z2*)/*NS* = *Floor*((*ZS*+*Z2*)/*NS*),

где *Floor* - функция определения ближайшего целого меньшего, чем аргумент.

Условие соседства сателлитов:

(*ZS*+*Z1*)·sin(*π*/*NS*)>*Z1* +2.

Для управления расчётом и данными следует использовать кнопки ин­струментальной панели:

Кнопка  **расчет** позволяет начать расчет зубчатой передачи,

Кнопка  **записать данные** позволяет записать данные в файл.

Кнопка  **просмотр результата расчета** позволяет увидеть результаты в виде отчета. Из отчета возможен вывод результатов на принтер.

Кнопка  **возврат в главное окно**.

Кнопка  **визуализация зацепления.**

Кнопка  **закончить расчеты**.

На странице **предмет расчета** можно ввести любую описательную ин­формацию, которая постоянна для всех расчетов передачи (геометрия, проч­ность, долговечность).

# 2.2 Расчет на прочность

Поля ввода исходных данных располагаются на одной странице
(рис. 8)



Рисунок 8 - Окно ввода данных для расчёта на прочность

**Вариант схем расположения передачи**. Выбор осуществляется в спе­циализированном диалоге (кнопка ). Чтобы выбрать схему расположения передачи из предлагаемых вариантов необходимо указать номер схемы в по­ле ввода или щелкнуть мышью на изображении этой схемы.

**Материал зубчатых колес**. Марка материала может быть введена вруч­ную или выбрана из модуля выбора материалов (рис. 9) (кнопка ), при этом допускаемые напряжения, твердость поверхностей, предел выносливости и некоторые коэффициенты подставляются в поля ввода автоматически.

**Допускаемые напряжения по контакту** *σНРmax*. Значение определяется автоматически, если выбор материала был осуществлен из базы данных.

**Допускаемые напряжения по изгибу** *σFPM*. Значение определяется ав­томатически, если выбор материала был осуществлен из базы данных.

**Твердость активных поверхностей зубьев**. Значение определяется автоматически, если выбор материала был осуществлен из базы данных.

**Расчетная нагрузка**. Задается на ведущем колесе.



Рисунок 9 - Окно модуля выбора материалов

# 2.3 Расчет на долговечность

Поля ввода исходных данных располагаются на двух страницах
(рис. 10).

**Предел выносливости по контакту** *σН lim b*. Значение определяется ав­томатически, если выбор материала был осуществлен из базы данных. В про­тивном случае значение вводится вручную.

**Предел выносливости по изгибу** *σflimb*. Значение определяется авто­матически, если выбор материала был осуществлен из базы данных. В про­тивном случае значение вводится вручную.

Предел выносливости по изгибу, соответствующий базовому числу циклов перемены напряжений, принимается по таблице ГОСТ 21354-87 в зависимости от марки материала и вида термообработки.

**Количество сателлитов**. Если простая передача, то количество сателлитов равно 1. Для планетарной передачи количество сателлитов задается для того, чтобы пересчитать количество циклов солнечной шестерни.

**Коэффициент ограничения усталостных повреждений по контакту и изгибу**. Значение определяется автоматически в случае, если выбор материала был осуществлен из базы данных. По умолчанию задается 0,6, но значение может быть изменено при вводе.



Рисунок 10 - Страница 1 ввода данных расчёта на долговечность

**Коэффициент запаса прочности (безопасности) по контакту** *SН*. Зна­чение определяется автоматически в случае, если выбор материала был осу­ществлен из базы данных. В противном случае значение вводится вручную.

Для зубчатых колес с однородной структурой материала *SН* =1,1. Для зубчатых колес с поверхностным упрочнением *SН* =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 определяется автоматически в случае, если выбор материала был осу­ществлен из базы данных.

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 не разрушения по таблице ГОСТ 21354-87.

**Показатель кривой выносливости** *qH*. Значение определяется автома­тически в случае, если выбор материала был осуществлен из базы данных.

В противном случае значение вводится вручную.

Начальные значения принимаются:

- по контакту - *qH* =6;

- по изгибу - *qF* =6 - для колес с твердостью поверхности зубьев НВ<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 не шлифованной переходной поверхностью при твердости поверхности зубьев НВ>350 и чугунных колес.

**Коэффициент, учитывающий шероховатость** определяется по тому из сопряженных колес, зубья которого имеют более грубые поверхности, то есть в зависимости от класса шероховатости поверхности. По умолчанию за­дается 1,0.

Таблица 1 - Коэффициент, учитывающий шероховатость

|  |  |
| --- | --- |
| Класс шероховатости поверхности | Коэффициент |
| >7 (Ra= 1,25...0,63) | 1,00 |
| 6 (Ra=2,5...1,25) | 0,95 |
| 4...5 (Ra =40...10) | 0,90 |

**Базовое число циклов при изгибе**. По умолчанию задается
*NFO*=4 млн. циклов.

После ввода данных на странице 1 следует ввести данные на странице **режимы нагружения**.

Исходная нагрузка для «контакта» и «изгиба» вводится отдельно, но по умолчанию принимается равной.

Для управления списком режимов нагружения используются кнопки:

• кнопка  **добавить режим нагружения**;

• кнопка  **удалить режим нагружения**.

# 3 Дополнительные элементы цилиндрической шестерни

Для шестерни цилиндрической зубчатой передачи возможно построение дополнительных элементов: таблица параметров, профиль зубьев, полный профиль зубьев, кольцевые пазы, профиль затыловки, кольцевые отверстия.

Для вызова необходимой команды сле­дует:

• выделить в дереве ступеней и элемен­тов шестерню цилиндрической зубчатой передачи;

• нажать кнопку  **дополнительные построения** на инструментальной панели (рис. 11)



Рисунок 11 - Группа команда дополнительных элементов шестерни

• в развернувшемся меню выбрать курсором необходимую команду и щелкнуть левой кнопкой мыши.

В развернувшемся окне необходимо ввести параметры, необходимые для построения дополнительного элемента ступени.

Чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно диалога, следует нажать кнопку **ПРИМЕНИТЬ**.

После задания параметров следует нажать кнопку **ОК**. Для завершения диалога без сохранения внесенных изменений необходимо нажать кнопку **ОТМЕНА**

Перемещение дополнительных элементов ступеней по полю чертежа необходимо производить только «видами», то есть сначала выделить вид, а затем его перемещать. Перемещения, выполненные иначе, не воспринимают­ся системой.

# 3.1 Команда таблица параметров

В окне таблица параметров (рис. 12) указан тип шестерни (цилиндри­ческая шестерня с внешними зубьями), степень точности, заданная при рас­чете, и вид исходного контура (стандартный или нестандартный).

В группе команд **тип контроля** необходимо выбрать способ контроля профиля зубьев, включив одну из кнопок: **по шарикам**, **по длине обшей нормали**, **по постоянной хорде** Для косозубой шестерни следует указать направление зуба правое или левое.

Переместить таблицу параметров можно не прерывая работу с библиотекой при помощи контекстного меню переместить на чертеже или придвинуть к правому краю.



Рисунок 12 - Команда таблица параметров

# 3.2 Команда профиль зубьев

Опция **масштаб** (рис. 13) позволяет выбрать масштаб изображения профиля зубьев на чертеже.

Опция **штриховка** позволяет выполнить чертеж профиля зубьев с отри- совкой штриховки.

Опция **размеры** позволяет выполнить чертеж профиля с простановкой размеров.

Для отрисовки штриховки и простановки размеров необходимо вклю­чить данные опции.

Опция **термообработка** позволяет получить на чертеже обозначение поверхности, которая будет подвергаться термообработке.

Группа команд **количество расчетных точек** на рабочей поверхности зуба и на переходной кривой будет влиять на точность отрисовки линии эвольвенты при построении профиля зуба в чертеже. Чем больше размер зуба, тем большее количество точек нужно задать, чтобы построить плавную линию профиля зуба.



Рисунок 13 - Команда профиль внешних эвольвентных зубьев

# 5.3.3 Профиль затыловки

Команда **профиль затыловки** появляется в списке дополнительных элементов только в том случае, если при проектировании цилиндрической шестерни было указано, что зубья имеют затыловку.

В группе команд **расположение** (рис. 14) отмечен вариант расположения затыловки (он был задан при конструировании ше­стерни) - **слева, справа, с двух сторон**. На рисунке схематично показано, как будет выглядеть изображение профиля затыловки на чертеже. При этом отображается не расположение, а вариант отрисовки затыловки - полный или упрощенный.

Если затыловка выполняется с двух сторон, на схеме будет показано изображение, соответствующее отмеченному в данной группе расположению. Следует отметить то расположение затыловки, которое необходимо получить.



Рисунок 14 - Команда профиль затыловки

Опция **масштаб** позволяет выбрать масштаб изображения профиля за­тыловки на чертеже из стандартного ряда.

Буквами необходимо указать обозначение сечения, на котором будет по­казан профиль затыловки.

Опция **штриховка** позволяет выполнить чертеж профиля затыловки с отрисовкой штриховки.

Опция **размеры** позволяет выполнить чертеж профиля с простановкой размеров.

Для отрисовки штриховки и простановки размеров необходимо вклю­чить данные опции.

# 3.4 Полный профиль шестерни

Команда **полный профиль шестерни** позволяет показать внешний кон­тур построенного зубчатого колеса (рис. 15).

В опции **масштаб** выбирается масштаб изображения профиля цилин­дрической шестерни с внешними эвольвентными зубьями на чертеже. Значения масштаба выбираются из стандартного ряда. Чтобы увидеть результаты построения, не закрывая окно диалога, следует нажать кнопку **ПРИМЕНИТЬ**.

После задания параметров следует нажать кнопку **ОК**. Для завершения диалога без сохранения внесенных изменений необходимо нажать кнопку **ОТМЕНА**.



Рисунок 15 - Команда полный профиль внешних эвольвентных зубьев

# 3.5 Вырезы по круговому массиву

Команда **вырезы по круговому массиву** (рис. 16) позволяет построить кольцевые отверстия, уменьшающие массу детали. При выполнении команды значения радиуса расположения центра отверстия и радиуса отверстия вводятся вручную или выбором из базы по стандартному ряду R40.

Количество отверстий вводится в одноимённое поле с клавиатуры, или рассчитывается системой путём нажатия кнопки



Рисунок 16 - Команда кольцевые отверстия

# 3.6 Кольцевой паз

Команда **кольцевой паз** (рис. 17) позволяет построить кольцевые пазы, уменьшающие массу детали. При выполнении команды значения диаметров расположения пазов вводятся вручную или выбором из базы по стандартному ряду R40. При симетричности пазов необходимо поставить галочку **все размеры как справа.**



Рисунок 17 - Команда кольцевой паз

# 4 Самостоятельная работа

**Часть 1.**

1. На листе формата АЗ (горизонтальный) создайте модель в разрезе.

2. Выполните геометрический расчет цилиндрической зубчатой передачи внешнего зацепления по коэффициенту смещения: число зубьев z1=22, z2=55; модуль m=3,00 мм; угол наклона зубьев р=12°30'; ширина венца шестерни b1=35 мм, колеса b2=30 мм; коэффициент смещения исходного контура 0; вид обработки - рейка; степень точности 9-С (страница 2).

Примечание: при выборе диаметра ролика для контроля параметров ка­чества зацепления использовать рекомендуемое значение.

3. Постройте колесо с фасками слева и справа 2×45° мм и указанием размеров (квалитет h12).

4. В правый верхний угол листа вынесите таблицу параметров (тип контроля - по длине общей нормали, направление зуба - левое).

5. Постройте профиль зубьев в масштабе 2:1 с указанием размеров и отрисовкой штриховки без указания поверхности, подвергающейся термообработке. Количество расчётных точек для построения принять по 5 для рабочей поверхности зуба и переходной кривой. Поместите профиль зубьев над основной надписью.

6. Постройте полный профиль шестерни в масштабе 1:2.

7. Для колеса постройте симметричные кольцевые пазы типа 1 по следующим данным: D1=140 мм, D2=85 мм, В=10 мм, R1=R2=2 мм, сверху и снизу фаски 2×45° мм.

8. Постройте отверстие под вал диаметром 40 мм. Для этого на внутреннем контуре постройте цилиндрическую ступень соответствующего диаметра. Слева и справа отверстия под вал выполните фаски 1,5×45° мм.

10. Выполните генерацию твердотельной модели.

**Часть 2.**

12. На новом листе формата АЗ (горизонтальный) создайте новую модель в разрезе.

13. Постройте цилиндрическую ступень: l = 100 мм, d=300 мм.

14. На внутреннем контуре постройте цилиндрическую шестерню внутреннего зацепления, выполнив геометрический расчет по коэффициенту смещения: число зубьев z1=22, z2=55; модуль m=4,5 мм; угол наклона зубьев β=12°; ширина венца b1=55 мм, b2=50 мм; вид обработки ведущего колеса рейка, ведомого долбяк с числом зубьев z=22; тип передачи обычная; степень точности 9-С.

15. Постройте колесо с фаской справа 4×45° и указанием размеров и проконтролируйте, чтобы колесо было построено в правой части цилиндрической ступени.

16. В правый верхний угол поместите таблицу параметров (тип контроля - по длине общей нормали).

17. В левой части цилиндрической ступени постройте отверстие под вал диаметром 35мм. Для этого на внутреннем контуре постройте цилиндрическую ступень длиной 50 мм. Слева и справа отверстия под вал выполните фаски 2×45° мм.

18. Сгенерируйте твердотельную модель.