

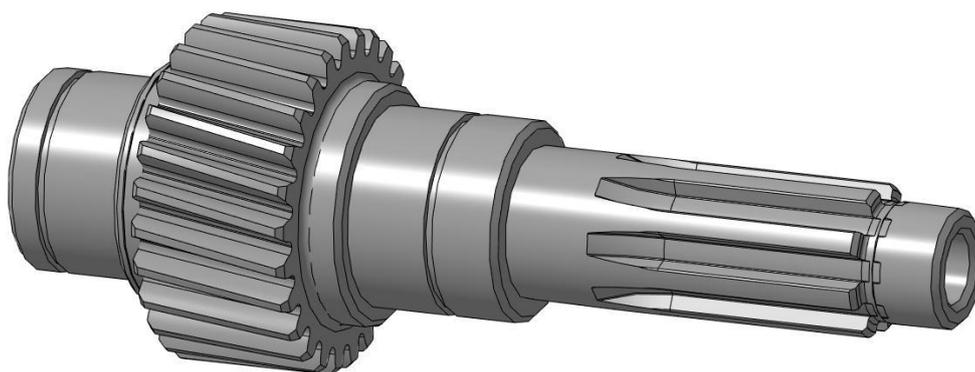
**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Казанский государственный аграрный университет»

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра общинженерных дисциплин

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ
МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ.
ВАЛЫ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ 2D.
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ МОДУЛЬ**

Практикум по дисциплине «Компьютерное проектирование»



Казань, 2023

УДК 004.92

Составители: Вагизов Т.Н., Пикмуллин Г.В., Ахметзянов Р.Р.

Рецензенты:

Ибятков Р.И. - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Физика и математика» ФГБОУ ВО Казанский ГАУ.

Галимова Н.Я. - к.т.н., доцент кафедры «Машиноведение и инженерная графика» ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ».

Практикум утвержден и рекомендован к печати на заседании кафедры «Общеинженерные дисциплины» ФГБОУ ВО Казанского ГАУ «10» марта 2023 года (протокол № 9).

Практикум обсужден, одобрен и рекомендован к печати на заседании методической комиссии Института механизации и технического сервиса ФГБОУ ВО Казанского ГАУ «30» марта 2023 года (протокол № 7).

Вагизов, Т.Н. Проектирование элементов механических передач. Валы и механические передачи 2D. Дополнительный модуль. Практикум для выполнения лаб. и самост. работ / Г.В. Пикмуллин, Р.Р. Ахметзянов – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2023. – 32 с.

Практикум предназначен для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по дисциплине «Компьютерное проектирование» и адресован студентам, обучающимся по направлению подготовки: 35.03.06 Агроинженерия, 20.03.01 Техносферная безопасность, 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства.

УДК 004.92

Введение

Для создания валов, кроме создания их вручную, в Компас-3D существует специальная библиотека, которая находится в разделе **Приложения — Механика**.

Валы и механические передачи 2D – это современное приложение, предназначенное для параметрического проектирования деталей типа «тело вращения», а также для расчёта и построения элементов механических передач.

В режиме построения модели в системе Валы и механические передачи 2D можно:

- 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).

Проектирование вала и элементов механических передач дополнительным модулем «Валы и механические передачи 2D»

Запускаем программу Компас-3D и создаем новый документ «Чертеж».

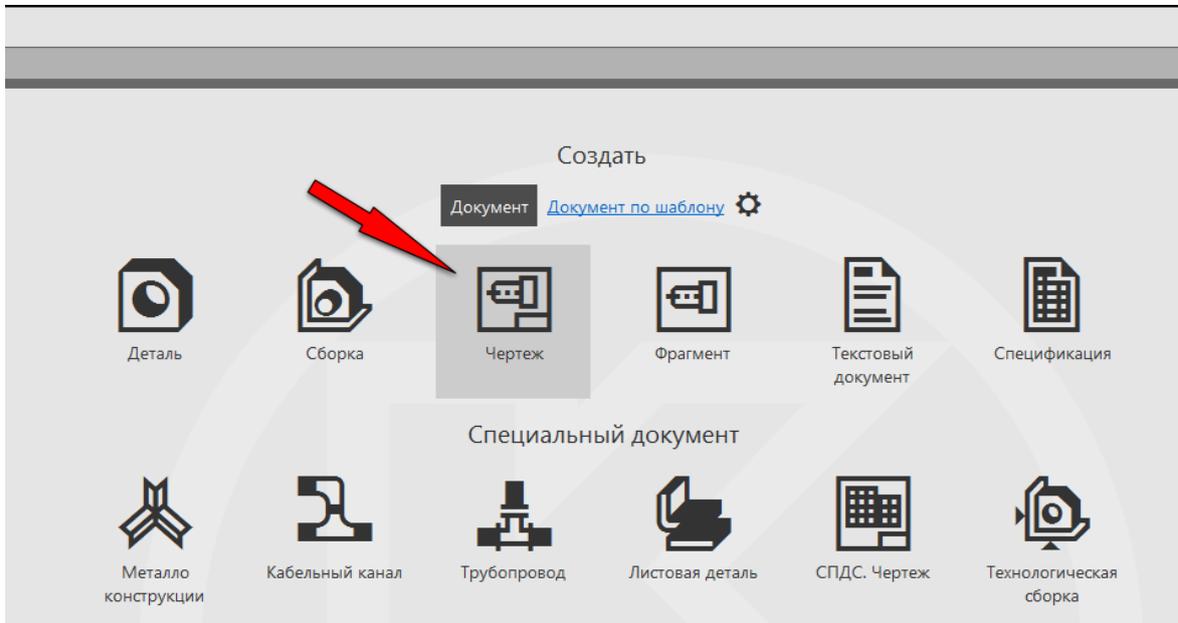


Рисунок 1 - Создание нового документа «Чертеж»

Щелкнув в рабочей области экрана правой кнопкой мыши, в контекстном меню выбрать «Параметры».

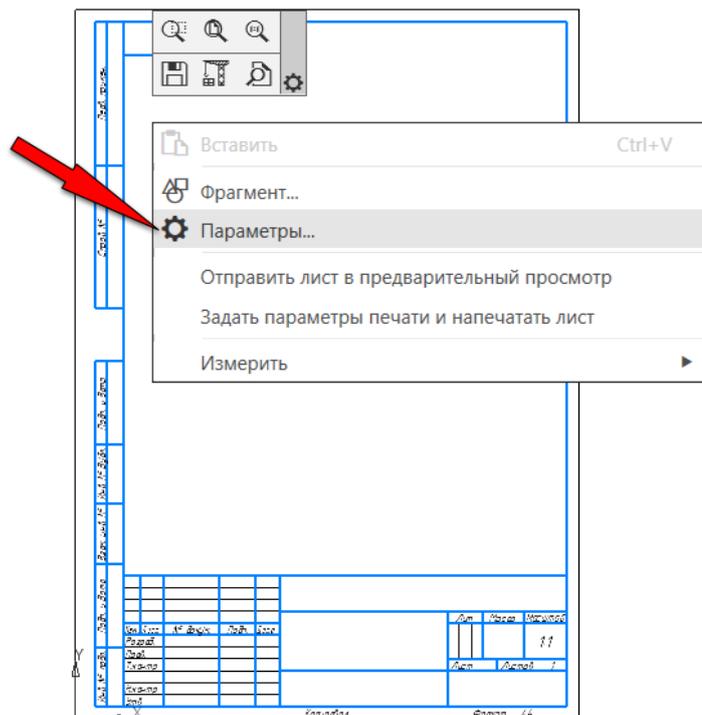


Рисунок 2 - Контекстное меню «Параметры»

Далее выбираем **«Параметры первого листа»** > **«Формат»** > **«Обозначение»** >. Выбираем формат и ориентацию листа.

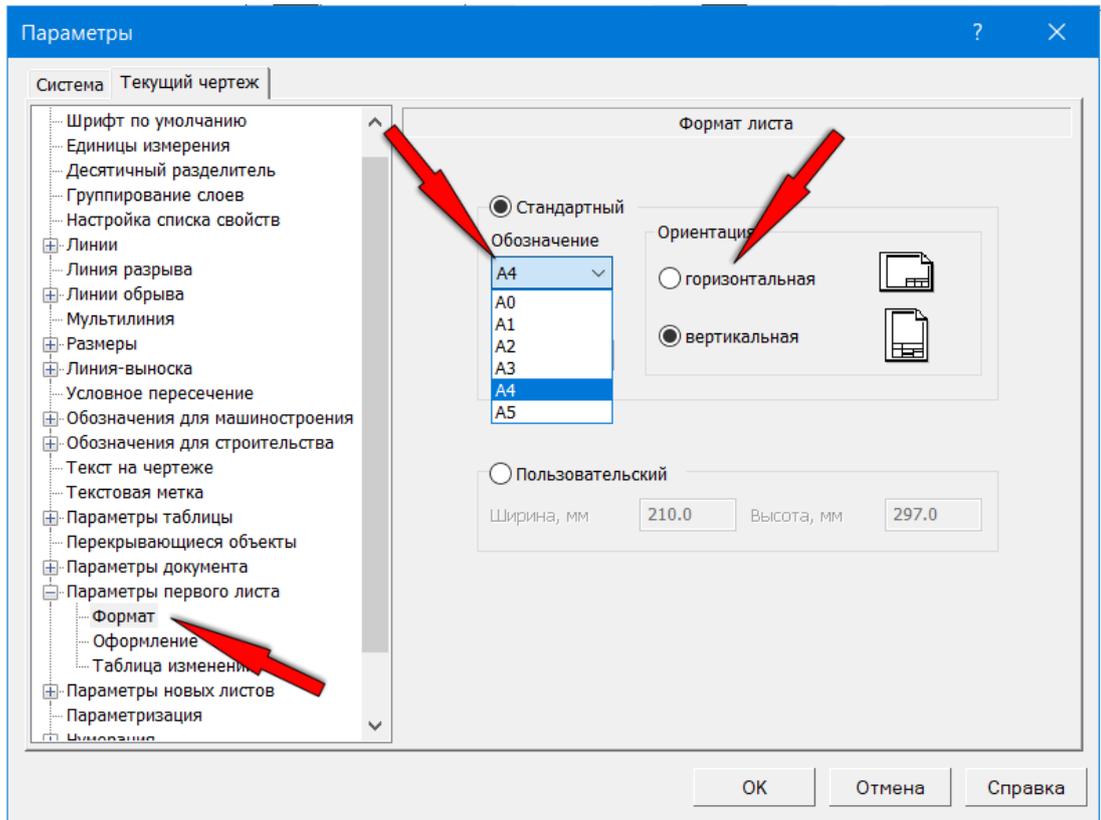


Рисунок 3 - Выбор формата и ориентацию листа

Можно также поменять формат листа, нажав на дереве чертежа **«Листы»** > **«Чертеж конструкторский. Первый лист»** > **«Формат»**.

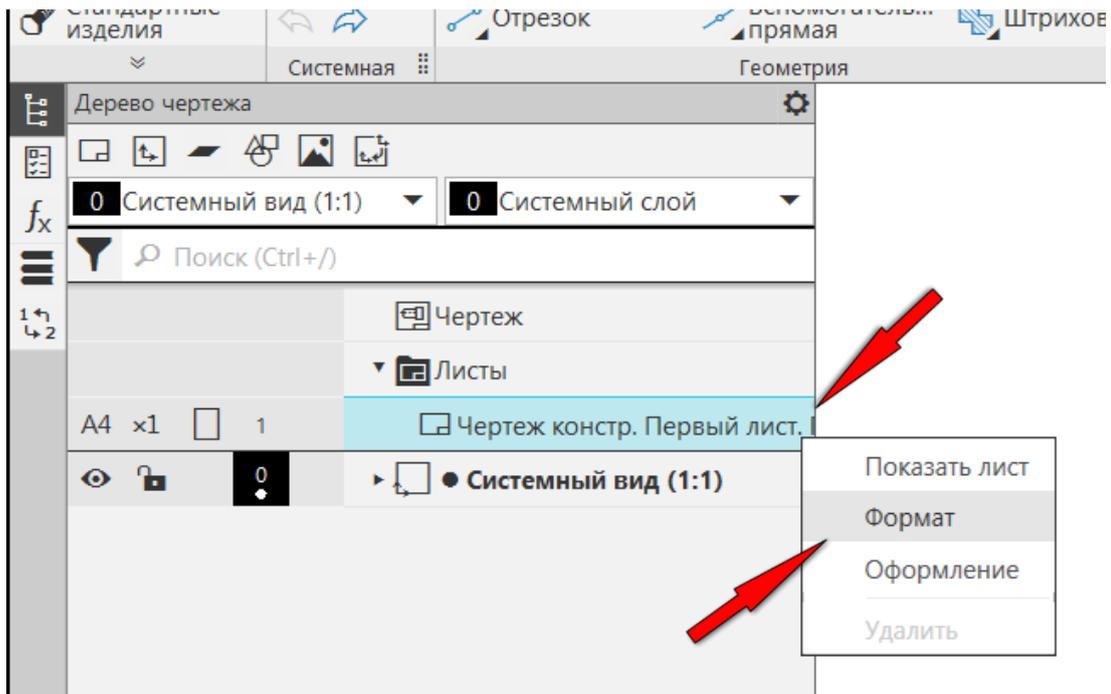


Рисунок 4 – Выбор формата листа на дереве чертежа

Откроется новое окно, где можно выбрать параметры листа.

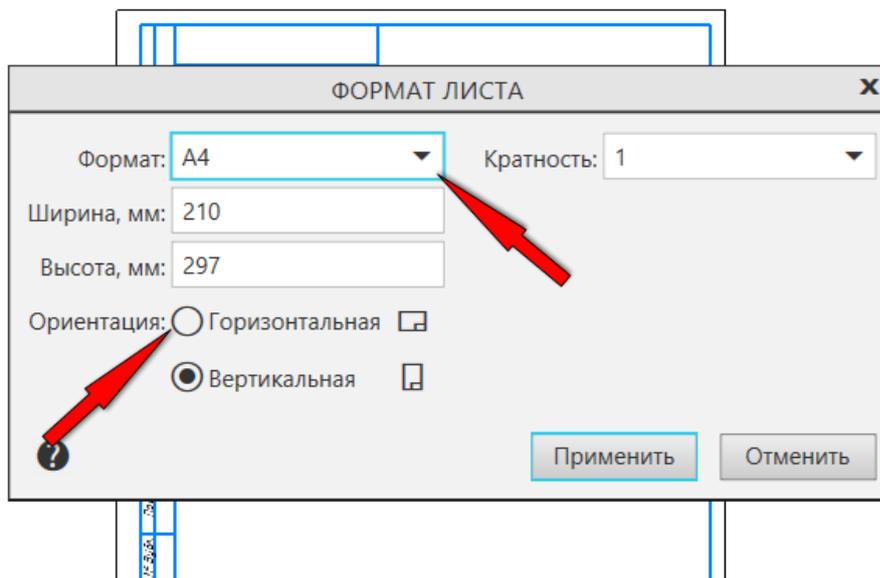


Рисунок 5 – Изменение параметров листа

После выбора параметров листа на ту, которая вам требуется (*Формат A2, ориентация - горизонтальная*), нажимаем кнопку «**Применить**». Формат перестроится автоматически.

Двойным нажатием левую кнопку мыши заполняем основную надпись. После заполнения основной надписи, сохраняем нажатием *зеленой галочки*, которая расположена слева.

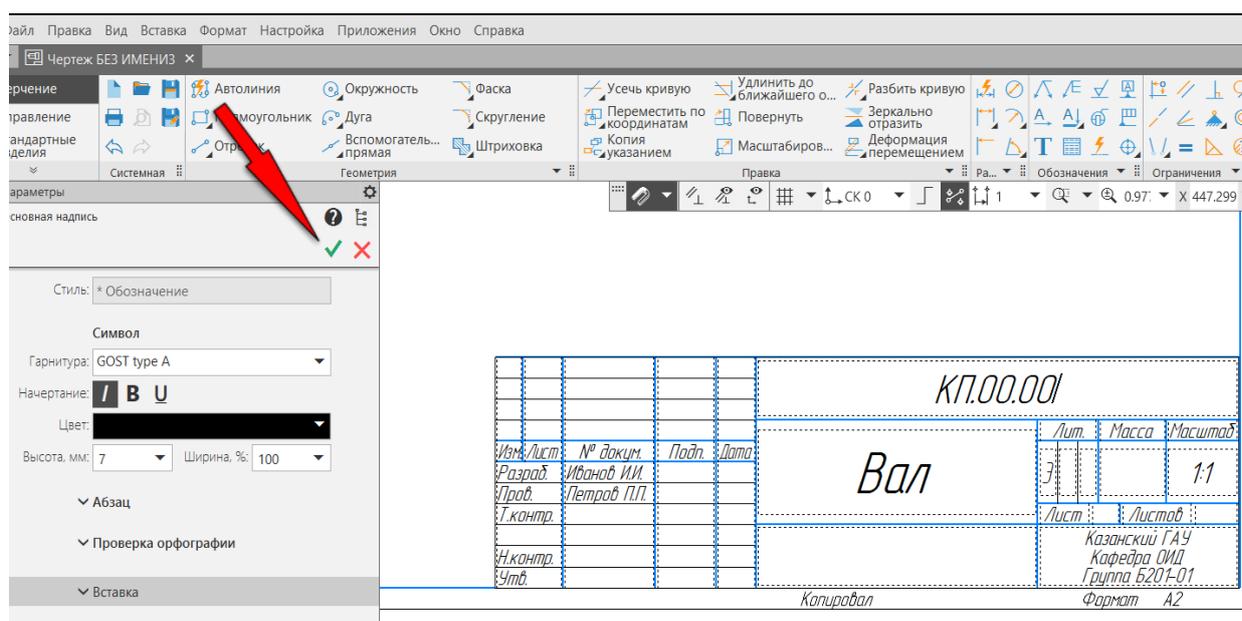


Рисунок 6 – Заполнение основной надписи

Для построения модели вала открываем в строке меню **«Приложения»** > **«Механика»** > **«Валы и механические передачи 2D»** > **«Основное меню»** > **«Построение модели»**.

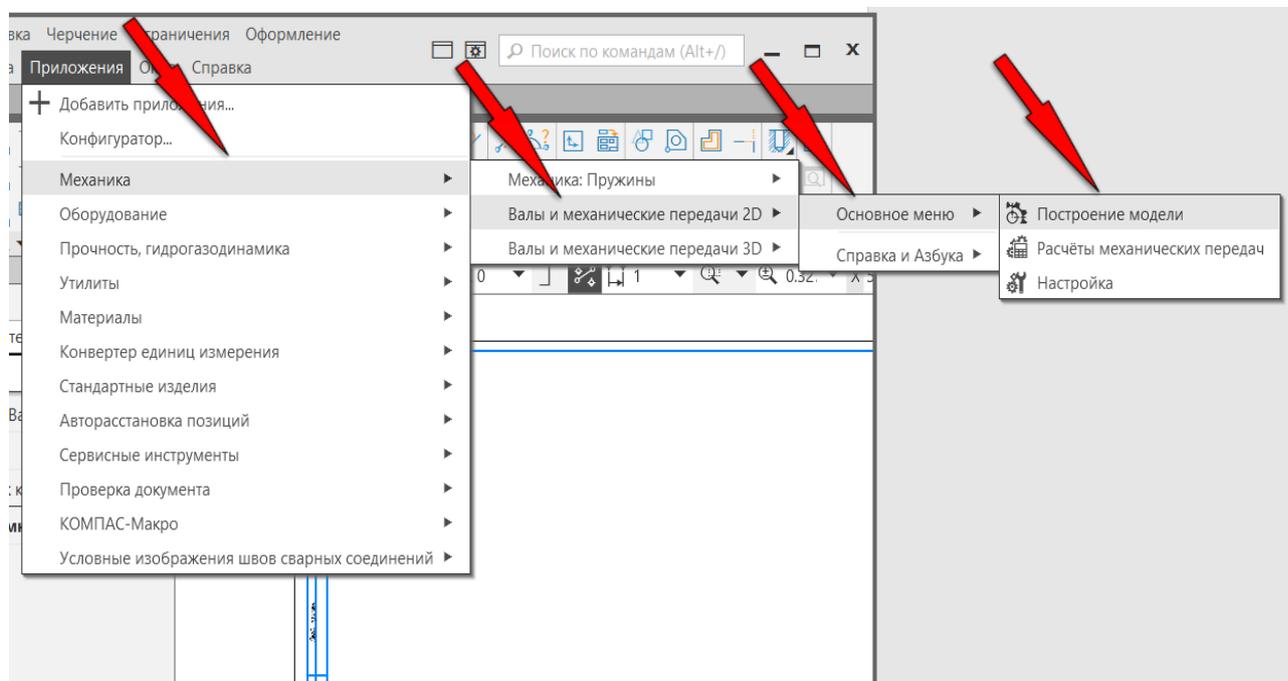


Рисунок 7 – Включение модуля «Валы и механические передачи 2D»

Порядок построения

Исходные данные для расчета и построения вала-шестерни со следующими параметрами: $Z_1=26$, $Z_2=122$, модуль $m=3$, межцентровое расстояние, $a=225$ мм, направление линии зуба ведущей шестерни – правое, ширина зубчатых венцов $b_1=40$, $b_2=34$. На конце вала-шестерни выполнены прямоугольные шлицы.

В открывшемся вкладке **«Валы и механические передачи 2D»** нажимаем кнопку **«Создать новую модель»** и выбираем пункт **«В полуразрезе»**. Далее нажимаем **«ОК»**.

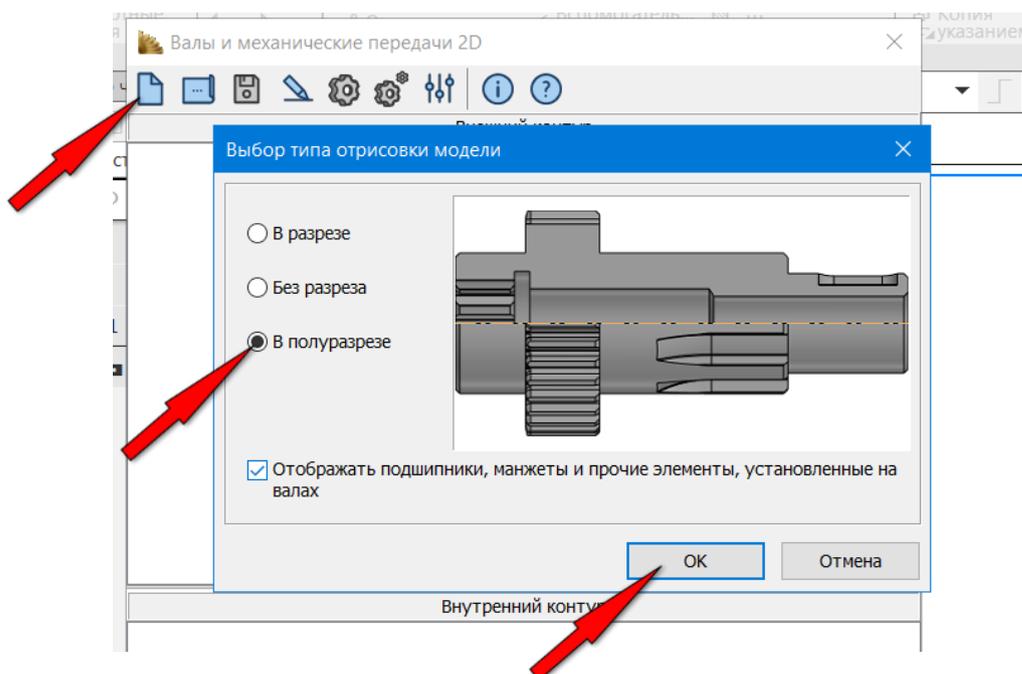


Рисунок 8 - Создание новой модели

1. Строим первую цилиндрическую ступень.

Выполняем построение первой ступени по следующим параметрам – длина 30 мм, диаметр 50 мм, слева фаска $1,6 \times 45^\circ$,

Выбираем «*Простые ступени*» > «*Цилиндрическая ступень*».

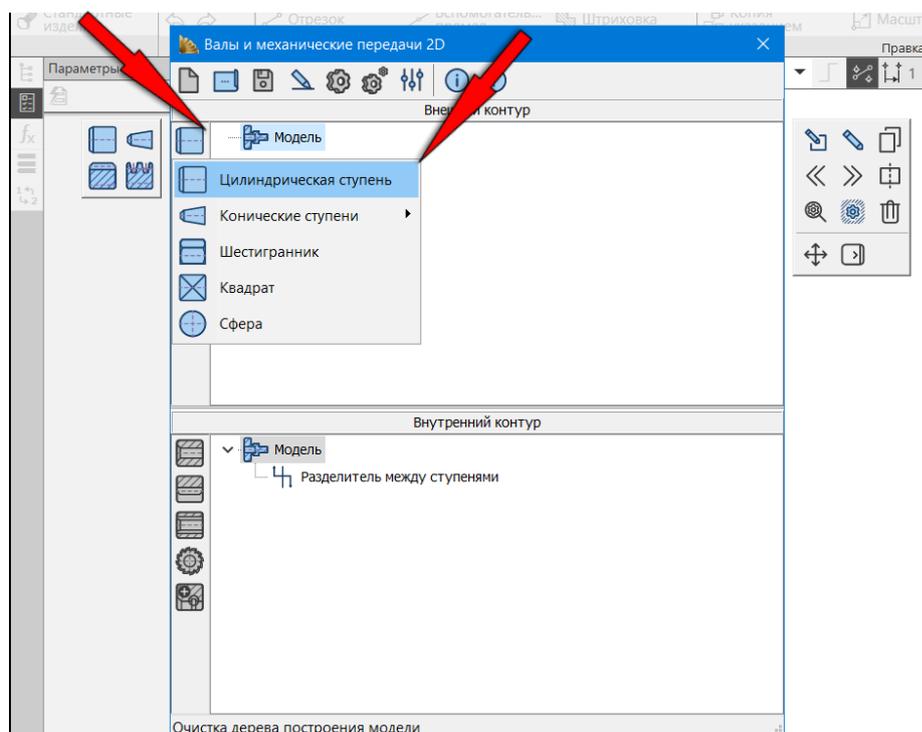


Рисунок 9 – Выбор цилиндрической ступени.

В открывшемся окошке заполняем значения первой ступени. Значения можно заполнять с клавиатуры или выбирать значения из базы. После ввода значения нажимаем «**OK**».

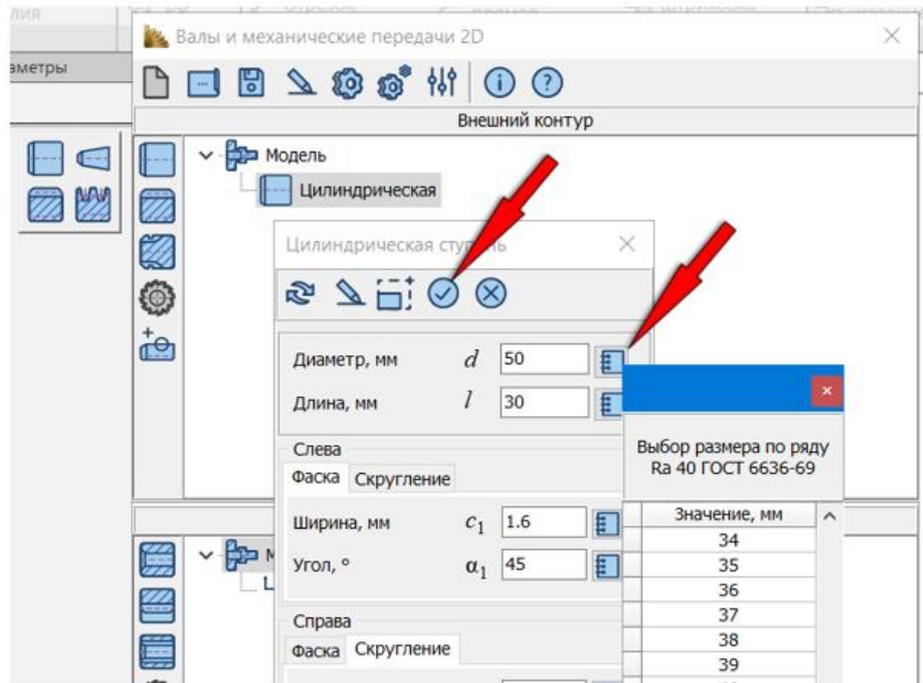


Рисунок 10 – Ввод параметров первой цилиндрической ступени

После нажатия кнопки «**OK**» на листе появится изображение первой ступени.

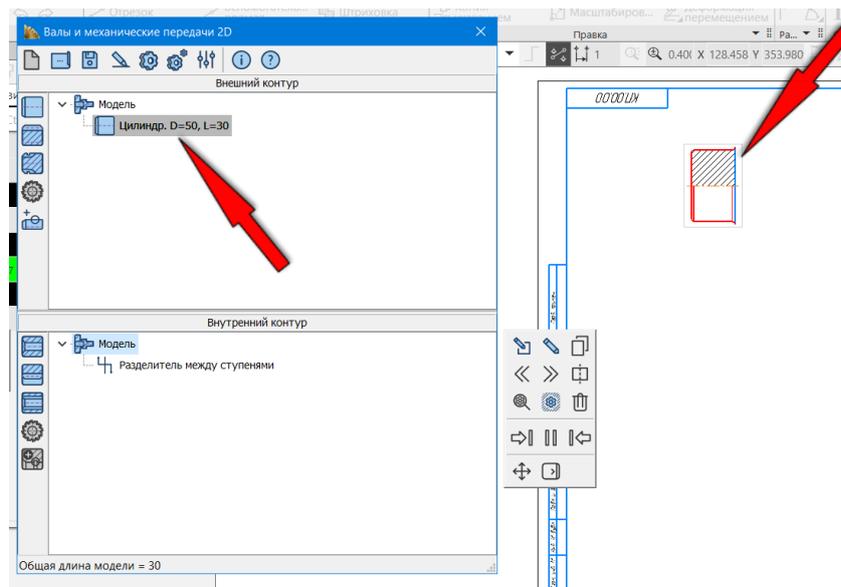


Рисунок 11 – Первая цилиндрическая ступень

2. Выполняем построение второй ступени – длина 10 мм, диаметр 60 мм, слева фаска $1,6 \times 45^\circ$, справа – скругление радиусом 2 мм.

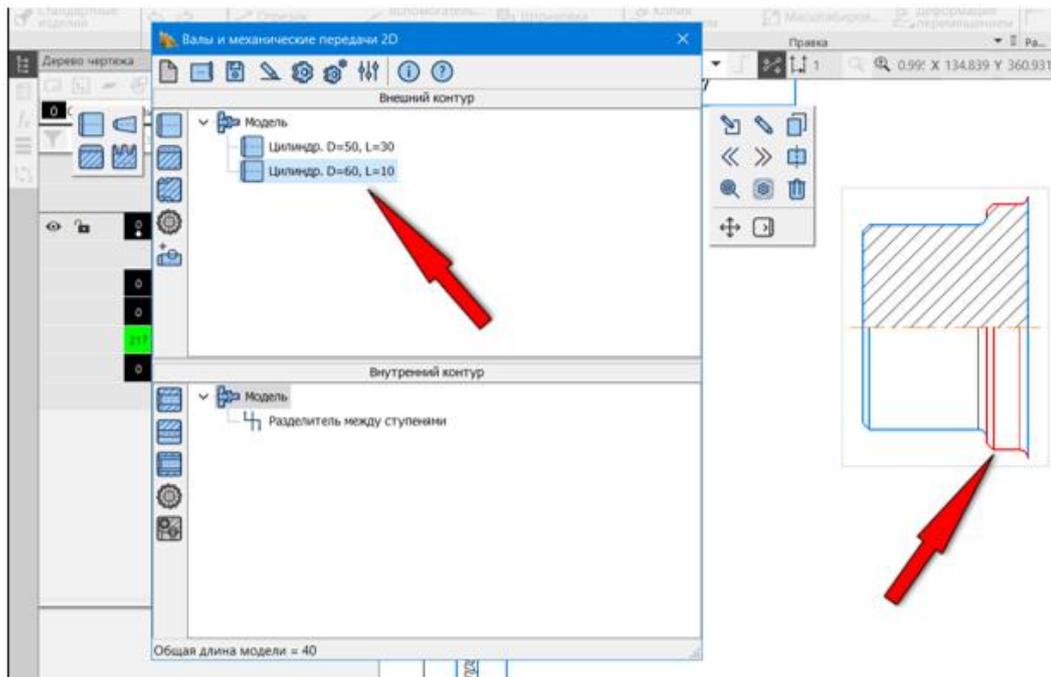


Рисунок 12 – Вторая цилиндрическая ступень

3. Добавляем следующий элемент – шестерню с внешними зубьями. Для этого нажимаем кнопку «*Элементы механических передач*» > «*Шестерни и зубчатые рейки*» > «*Цилиндрическая шестерня с внешними зубьями*».

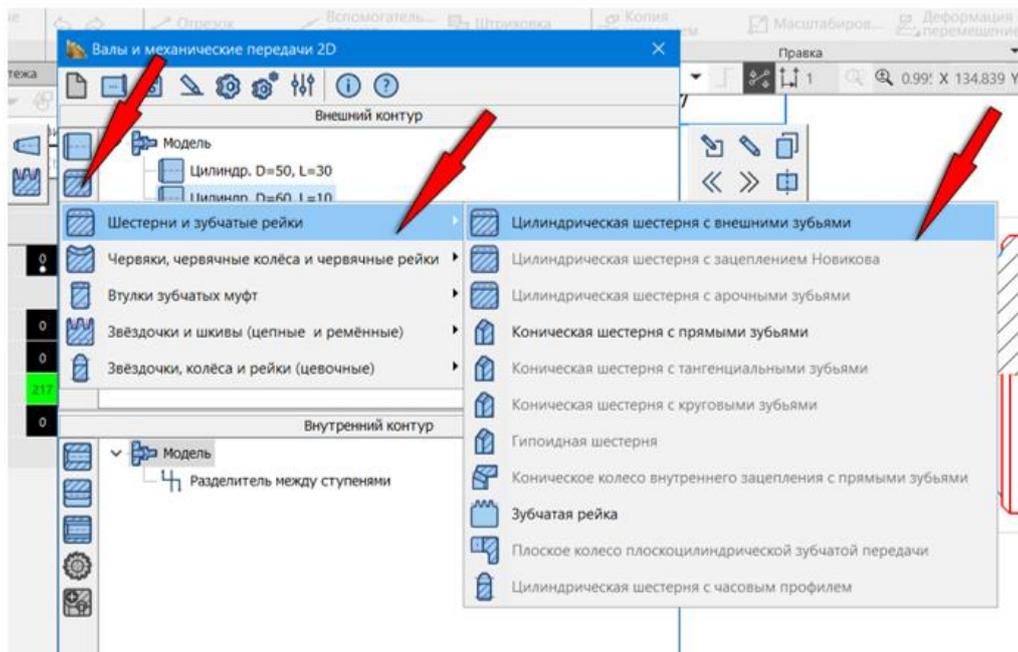


Рисунок 13 – Выбор элементов механических передач

В открывшемся окне выбираем параметры расчета. Заполняем ячейки фаска справа и слева (фаска $1,6 \times 45^\circ$). Нажимаем кнопку «Запуск расчета».

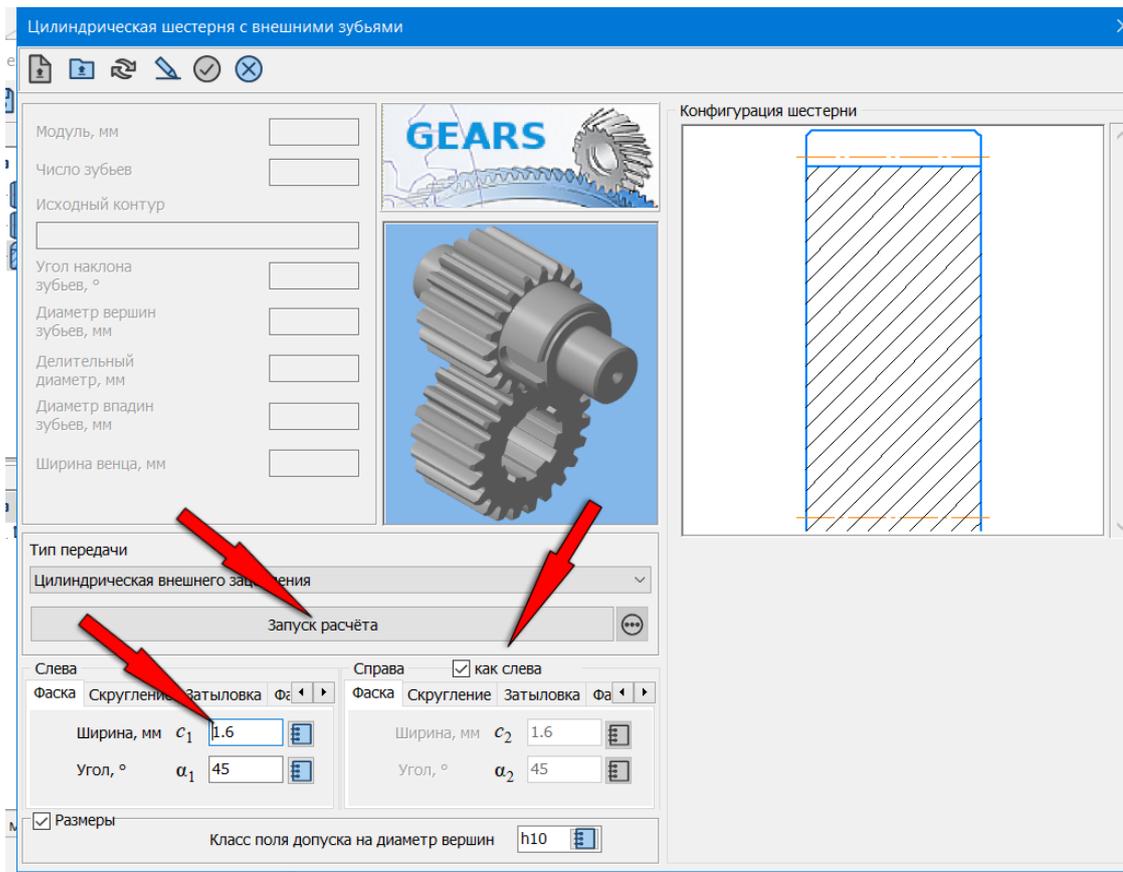


Рисунок 14 – Окно запуска расчета

Запускаем геометрический расчет цилиндрической передачи по межосевому расстоянию.

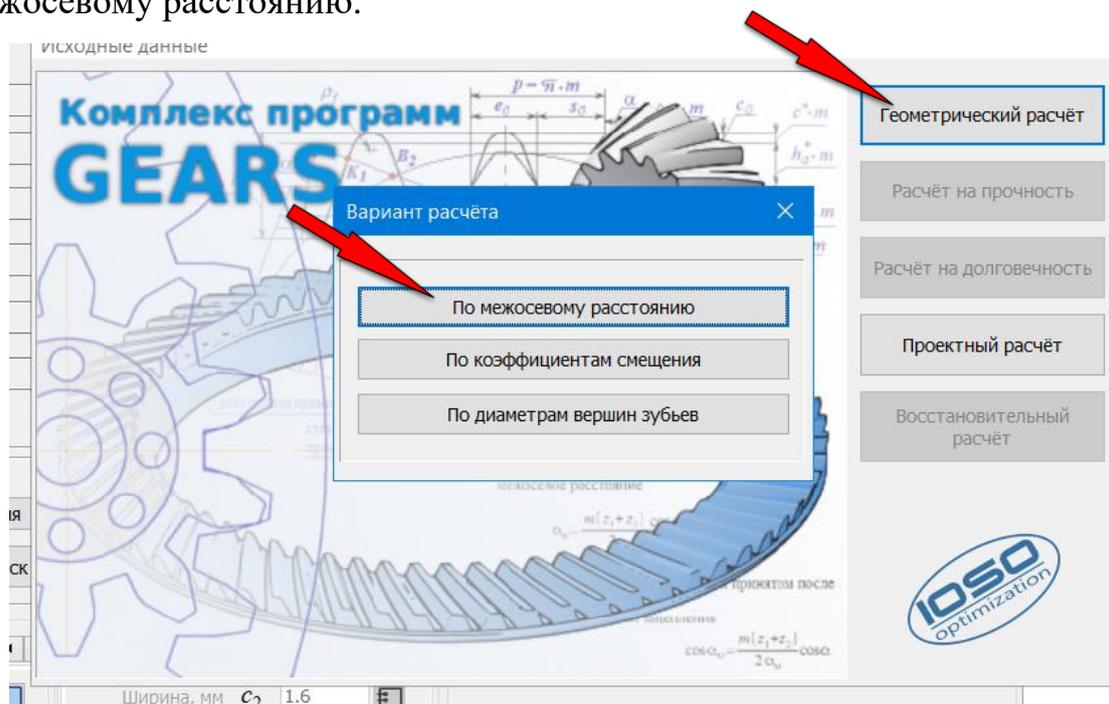


Рисунок 15 – Окно запуска геометрического расчета

Заполняем параметры для расчета согласно исходным данным.

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
1. Число зубьев	z_1, z_2	26	122
2. Модуль, мм	m_n	3	
3. Угол наклона зубьев на делительном цилиндре	β	9° 22' 0"	
4. Направление линии зуба ведущего колеса	—	правое	
5. Угол профиля зуба исходного контура	α	20° 0' 0"	
6. Коэффициент высоты головки зуба исходного контура	h_a^*	1	
7. Коэффициент радиального зазора исходного контура	c^*	0.25	
8. Коэффициент радиуса кривизны переходной кривой в граничной точке профиля зуба исходного контура	ρ_f^*	0.38	
9. Ширина зубчатого венца, мм	b_1, b_2	40	34
10. Межосевое расстояние, мм	a_w	225	
11. Диаметр измерительного шарика, мм	D_1, D_2	5.159	5.159
12. Тип зуборезного инструмента	—	червячная фреза	червячная фреза
13. Параметры зуборезного инструмента	Число зубьев	z_{o1}, z_{o2}	14
	Диаметр вершин, мм	d_{ao1}, d_{ao2}	112
14. Ширина межвенцовый канавки для выхода инструмента (у шевронных колёс), мм	b_{11}, b_{12}	—	—

$x_\Sigma = x_1 + x_2, \quad \text{tg } \alpha_t = \frac{\text{tg } \alpha}{\cos \beta}$
 $\text{inv } \alpha_{n\tau} = \frac{2x_\Sigma \text{tg } \alpha}{z_1 + z_2} + \text{inv } \alpha_t$
 $a_w = \frac{(z_1 + z_2)m_n \cdot \cos \alpha_t}{2 \cos \beta \cdot \cos \alpha_{n\tau}}$
 при заданных исходных данных
 при $x_\Sigma = -1 \quad z_1 + z_2 \approx 150$,
 при $x_\Sigma = 0 \quad z_1 + z_2 \approx 148$,
 при $x_\Sigma = 1 \quad z_1 + z_2 \approx 146$

Рисунок 16 – Окно заполнения параметров для расчета

Переходим на страницу 2, нажимаем на кнопку «Расчет».

Наименование и обозначение параметра		Ведущее колесо	Ведомое колесо
Расчёт	—	<input checked="" type="checkbox"/> 7-C	<input type="checkbox"/> 7-C
Степень точности	—		
Суммарный коэффициент смещения	x_Σ	0	
Коэффициент смещения исходного контура	x_1, x_2	0	0
Расчётный диаметр вершин зубьев, мм	d_{a1}, d_{a2}	85.054	376.946
Фактический диаметр вершин зубьев, мм	d'_{a1}, d'_{a2}	85.054	376.946
Ход расчёта			
Контролируемые и измерительные параметры			
Возможность измерения постоянной хорды		Есть	Есть
Возможность измерения длины общей нормали		Есть	Есть
Возможность измерения размера по шарикам		Есть	Есть
Критерии качества зацепления			
Подрезание зубьев		Нет	Нет
Интерференция зубьев		Нет	Нет
Заострение зубьев		Нет	Нет
Коэффициент перекрытия в пределах нормы			Да
Самопересечение контура выреза зуба		Нет	Нет
Контролируемые, измерительные критерии и критерии качества зацепления в норме			

Рисунок 17 – Окно запуска расчета

Если расчеты верны, графа «*Контролируемые, измерительные критерии и критерии качества зацепления в норме*» будет зеленого цвета.

При желании можно открыть окно визуализации зацепления и проверить качество зацепления.

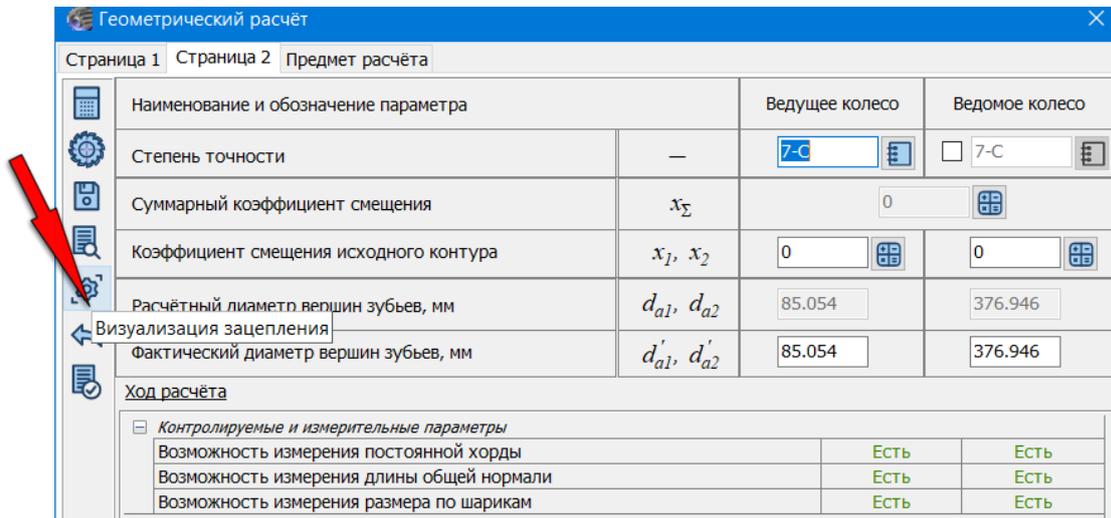


Рисунок 18 – Запуск визуализации зацепления

В окне визуализации зацепления можно посмотреть зацепление в динамике и сохранить изображение.

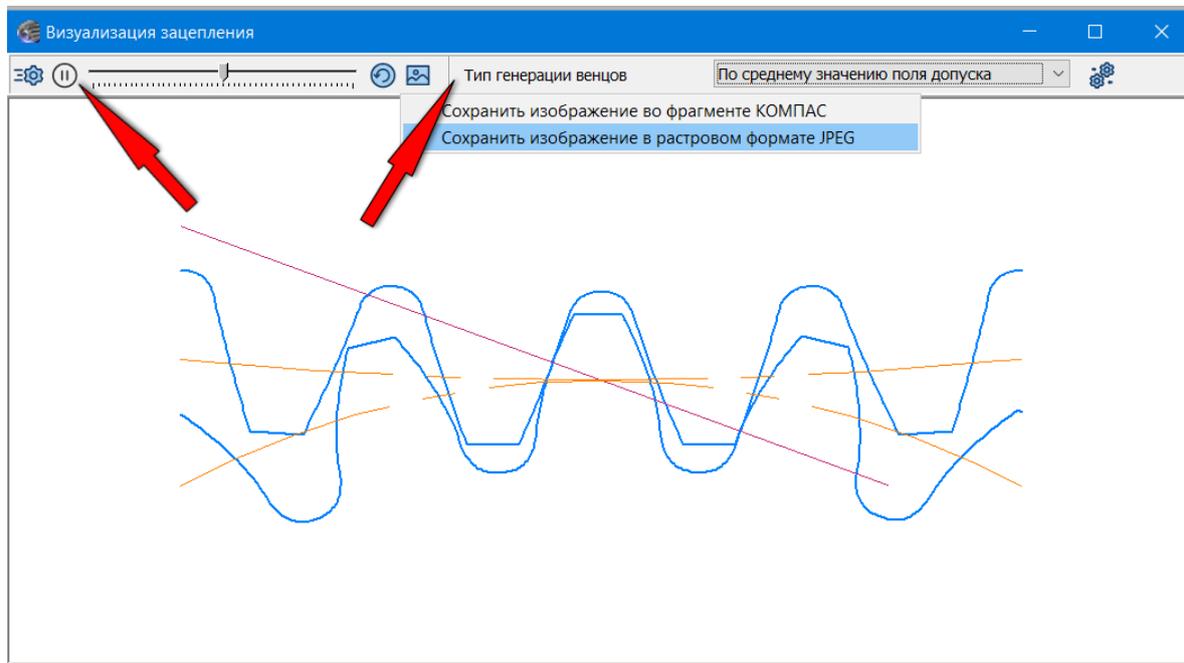


Рисунок 19 – Визуализация зацепления

Так же можно посмотреть результаты расчета, нажав

соответствующую кнопку.

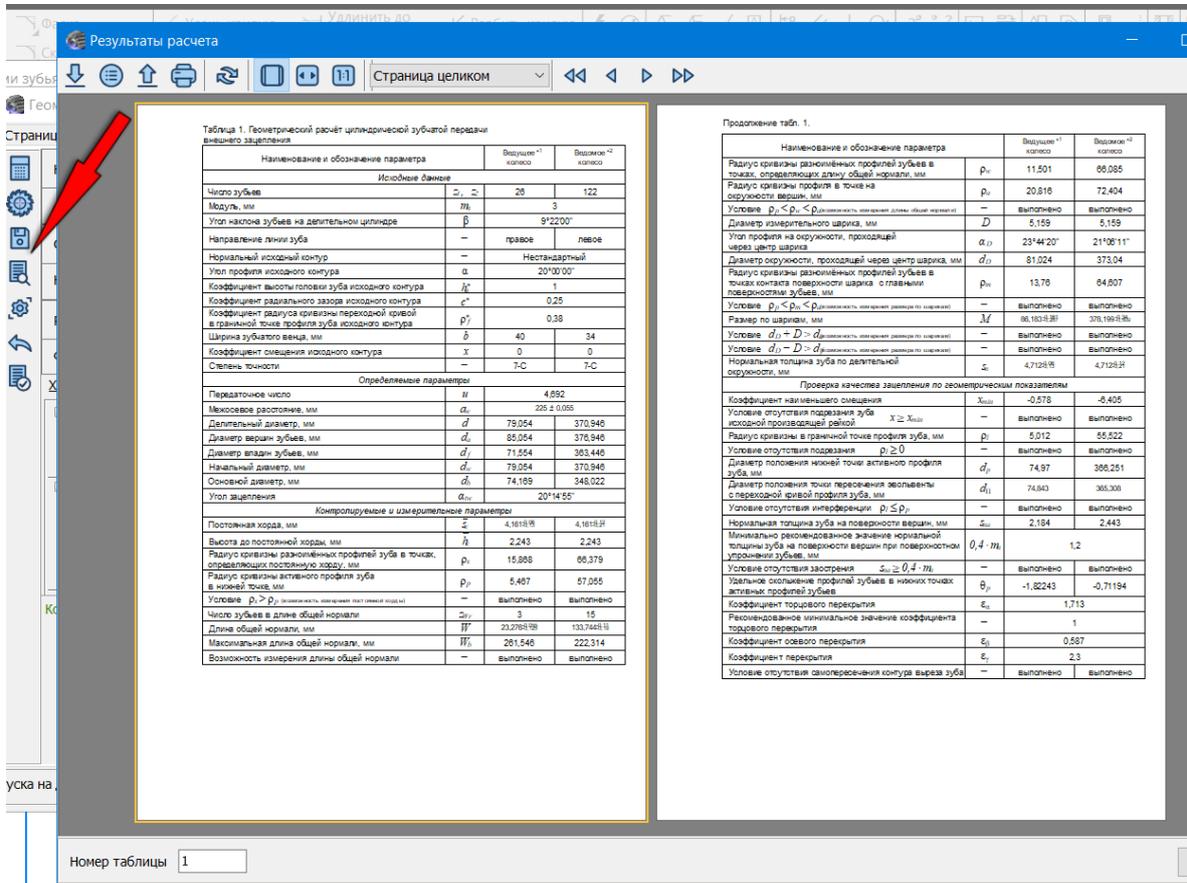


Рисунок 20 – Просмотр результатов расчета

Для завершения геометрических расчетов нажимаем кнопку «Закончить расчеты».

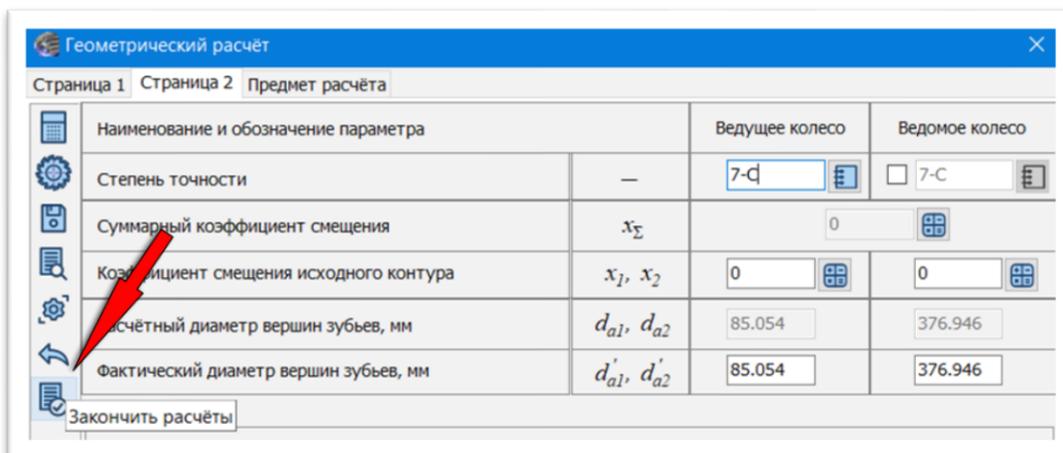


Рисунок 21 – Завершение геометрического расчета зубчатой передачи

После завершения расчета зубчатой передачи, в открывшемся окне выбираем нужный объект для построения – ведущее колесо $Z=26$.

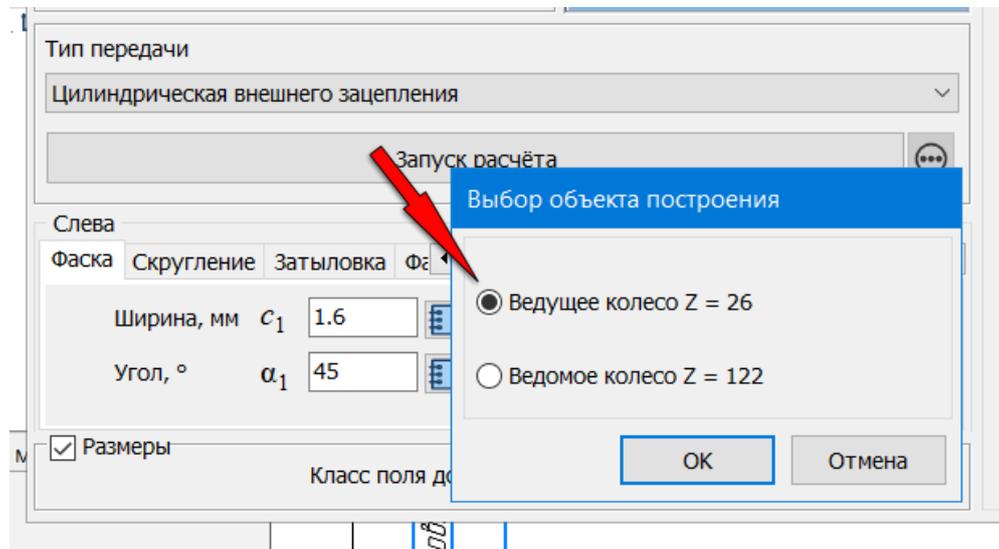


Рисунок 22 – Выбор объекта для построения

После выбора объекта для построения, в открывшемся окне нажимаем «OK» и завершаем расчет.

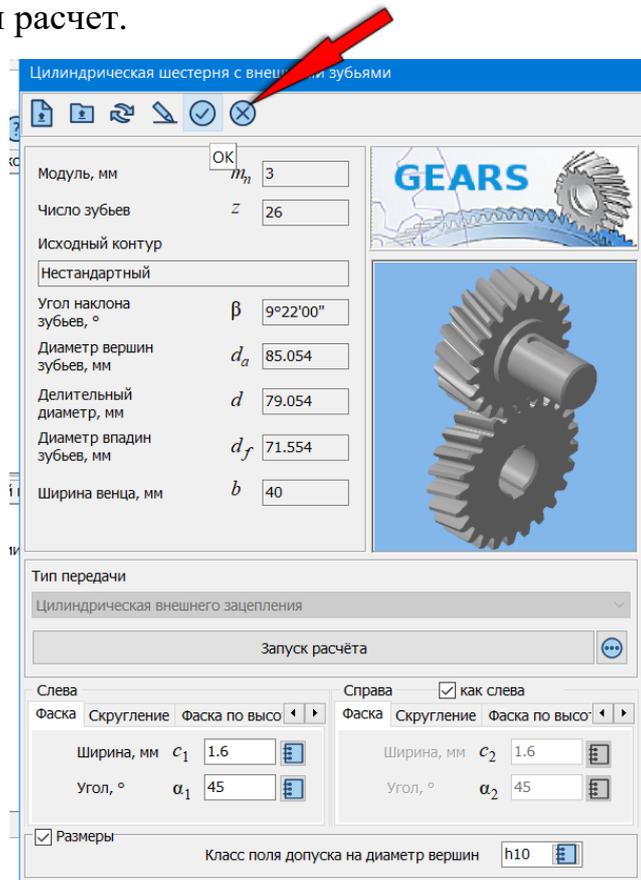


Рисунок 23 – Завершение расчета зубчатой передачи



4. Нажав на кнопку «Дополнительные построения, добавляем на чертеж упрощенную таблицу параметров».

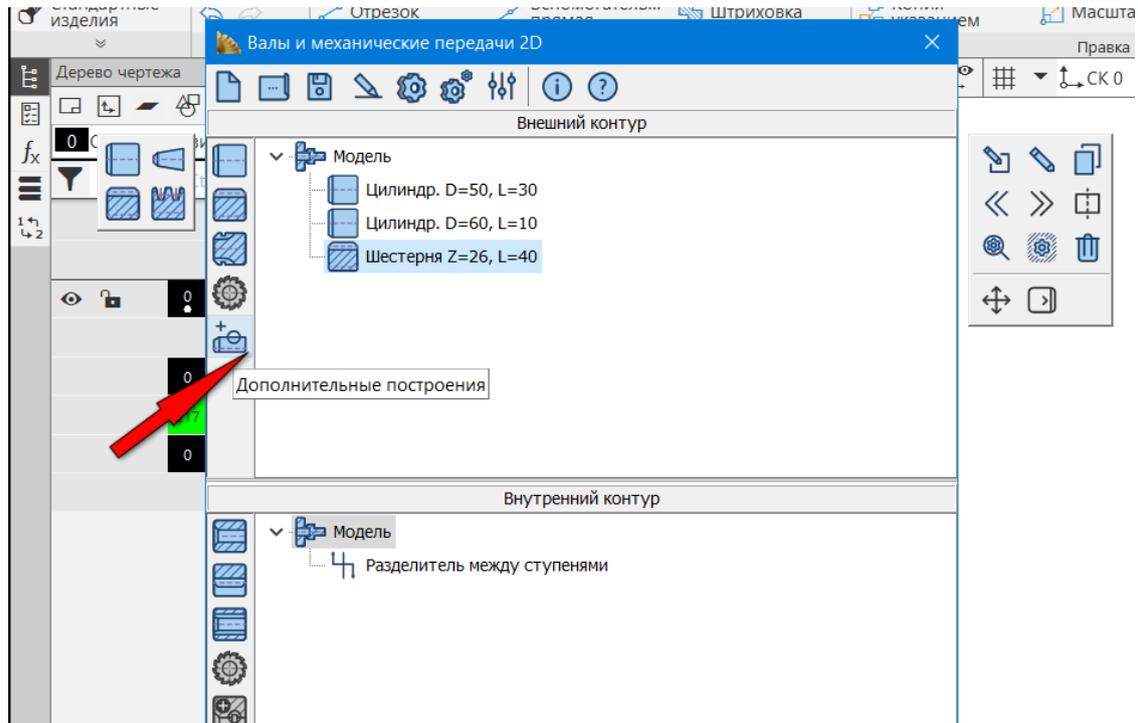


Рисунок 24 – Дополнительные построения

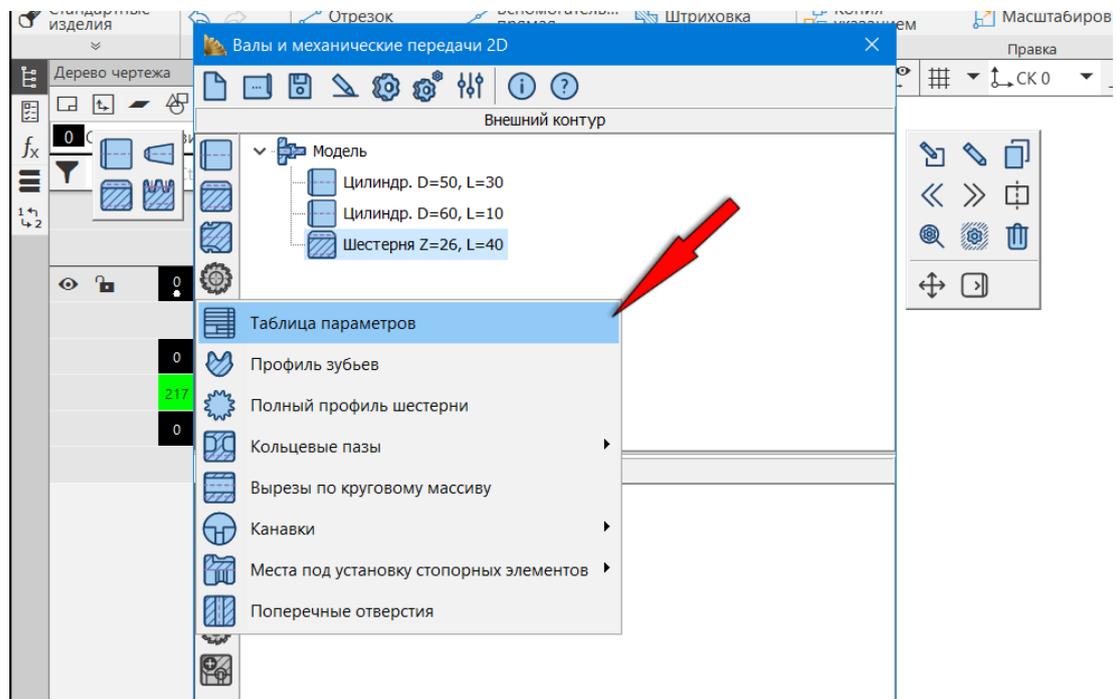


Рисунок 25 – Таблица параметров

При построении упрощённой таблицы параметров выбираем «По длине общей» и нажимаем «ОК».

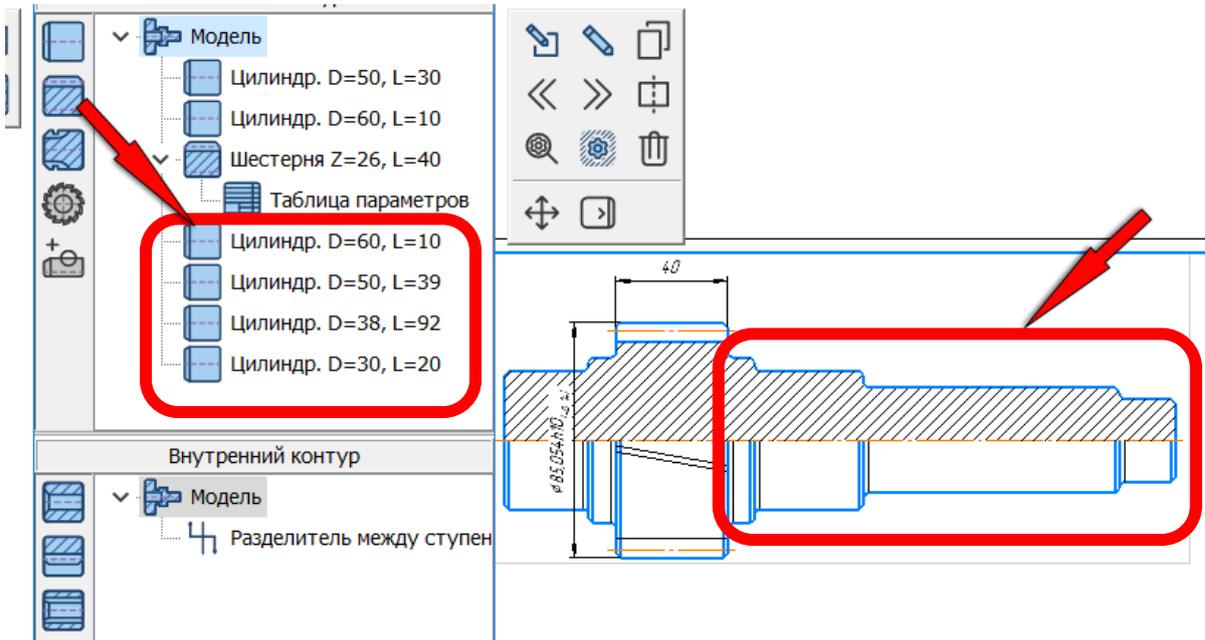


Рисунок 28 – Оставшиеся цилиндрические ступени

Добавляем элементы внутреннего контура – центровое и глухое отверстия.

Для глухого отверстия выбираем цилиндрическую ступень $D=30$, $L=20$ и нажимаем «*Простые ступени*».

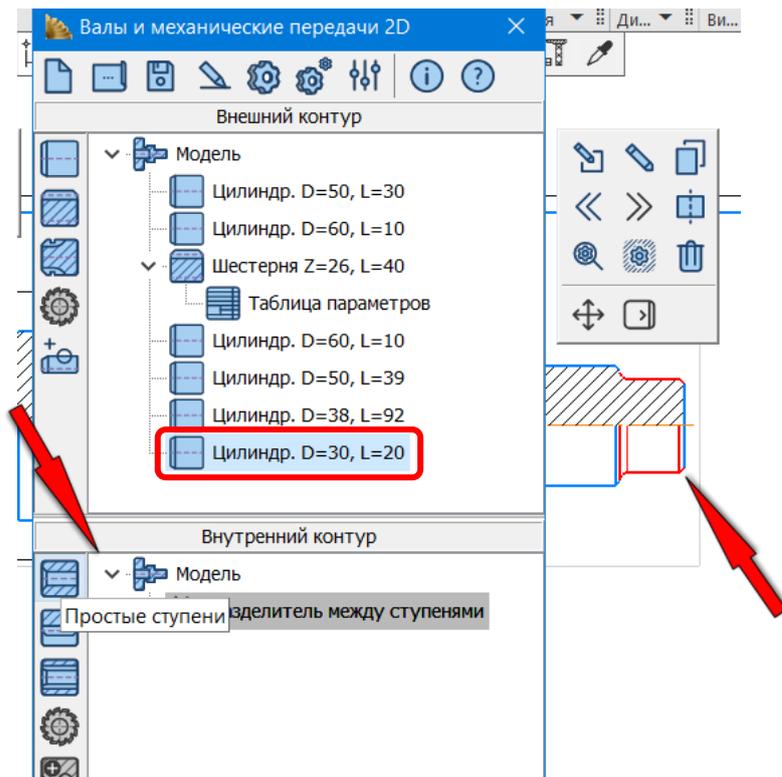


Рисунок 29 – «Простые ступени» (цилиндр $D=30$, $L=20$)

Далее нажимаем «*Глухое отверстие*».

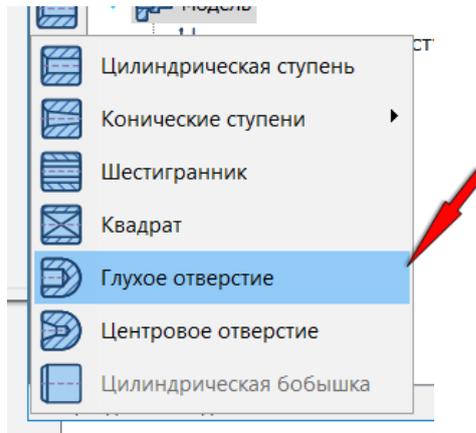


Рисунок 30 – «Глухое отверстие»

Глубина отверстия 30 мм, диаметр 18, расположение справа, фаска $1,6 \times 45^\circ$.

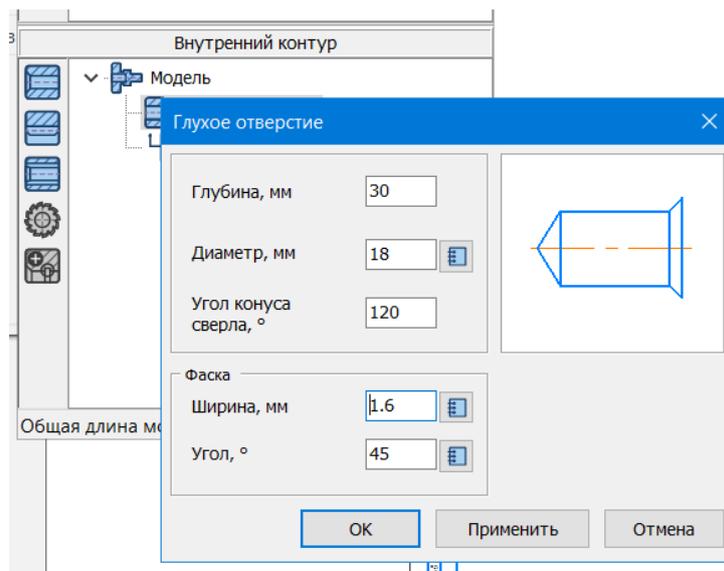


Рисунок 31 – Ввод параметров глухого отверстия

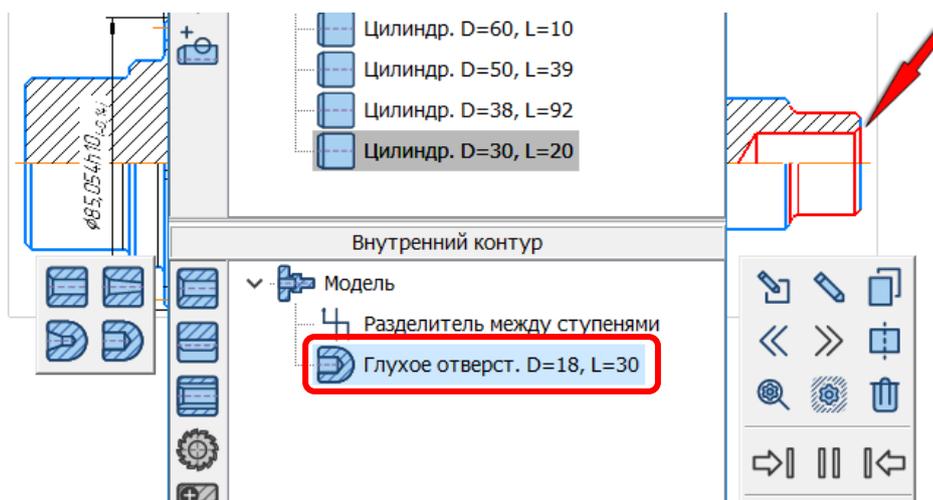


Рисунок 32 – Изображение глухого отверстия

Ставим курсор на цилиндр $D=50$, $L=30$. Далее нажимаем «*Простые ступени*».

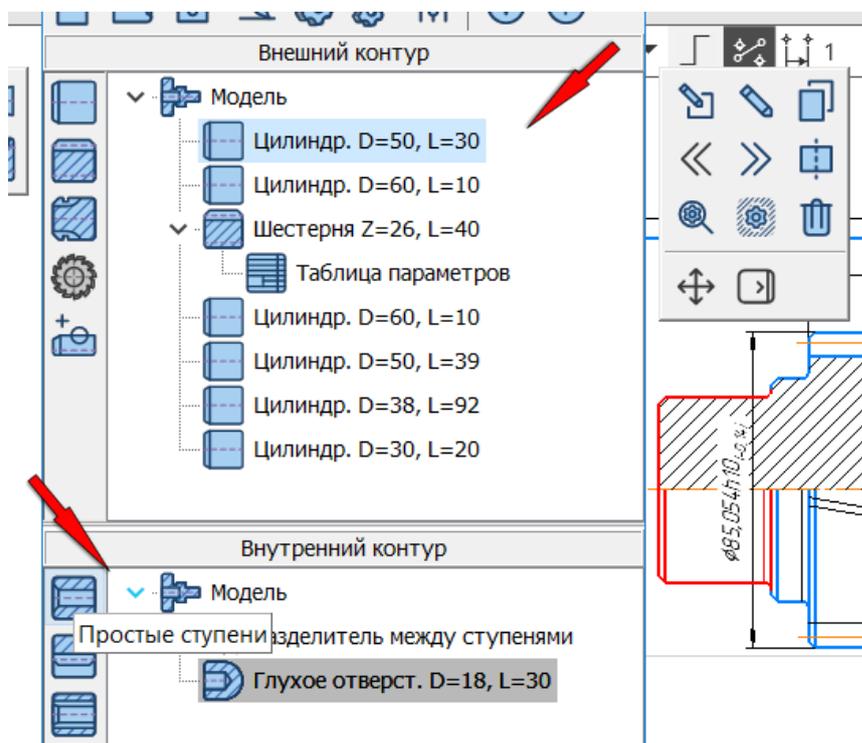


Рисунок 33 – «Простые ступени» (цилиндр $D=50$, $L=30$)

Далее нажимаем «*Центровое отверстие*».

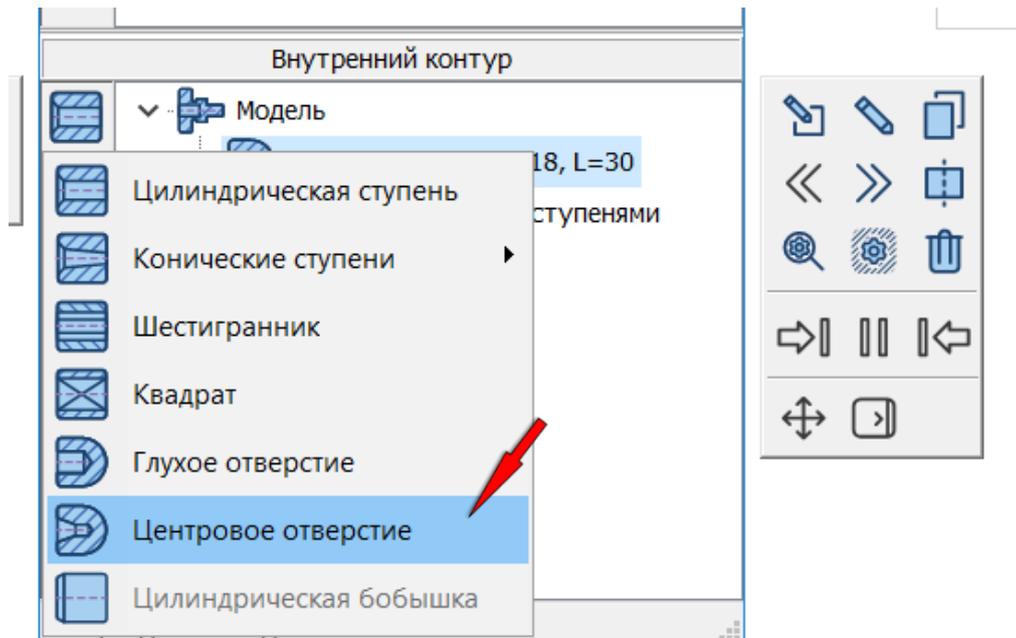


Рисунок 34 – «Центровое отверстие»

Диаметр вала 50 мм, диаметр отверстия 4 мм, форма отверстия – А, и ставим галочку в графе «**Выноска с обозначением центрального отверстия**».

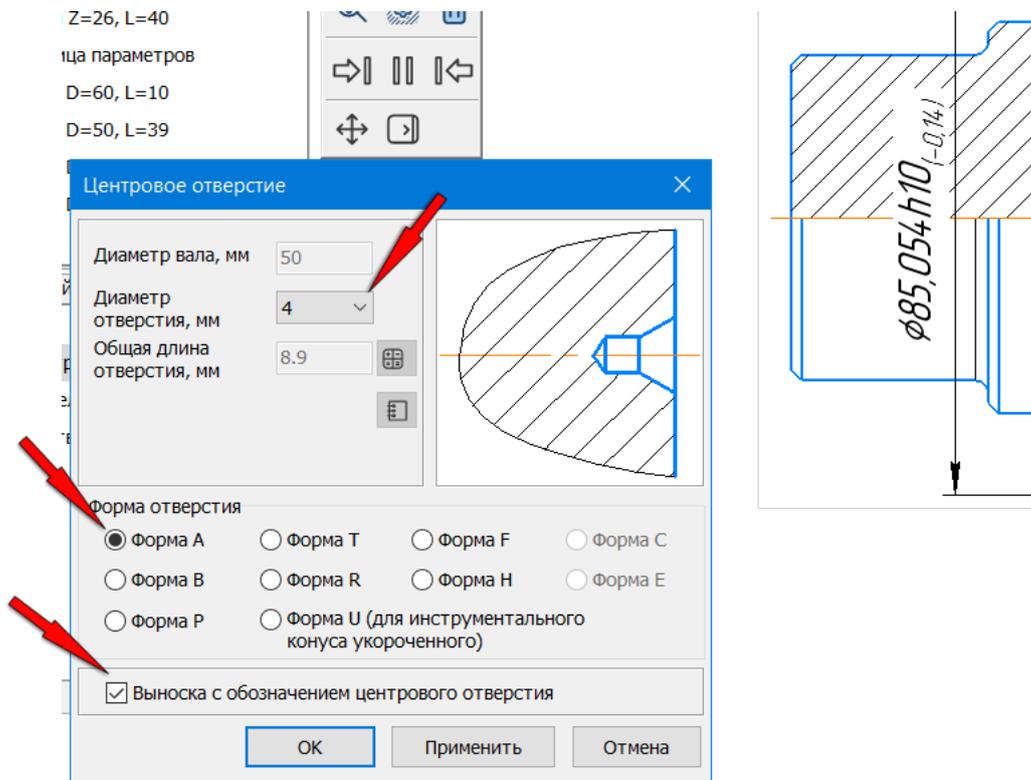


Рисунок 35 – Ввод параметров центрального отверстия

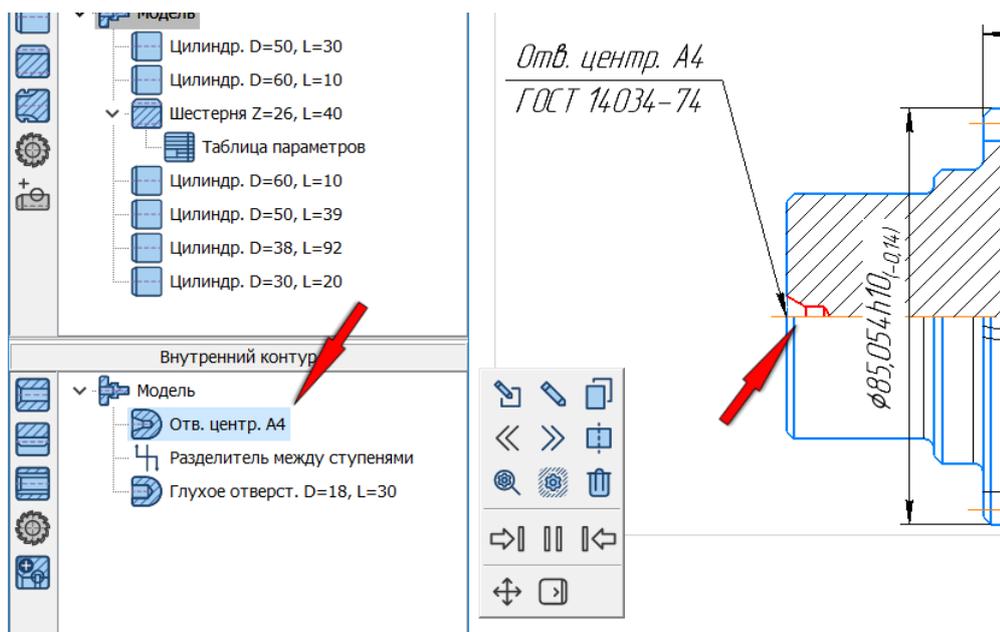


Рисунок 36 – Изображение центрального отверстия

6. Выполняем построение канавок под выход шлифовального круга (рисунок 35): **выбираем ступень $D=50$, $L=30$** – «Дополнительные построения» > «Канавки» > «Канавка под выход шлифовального круга».

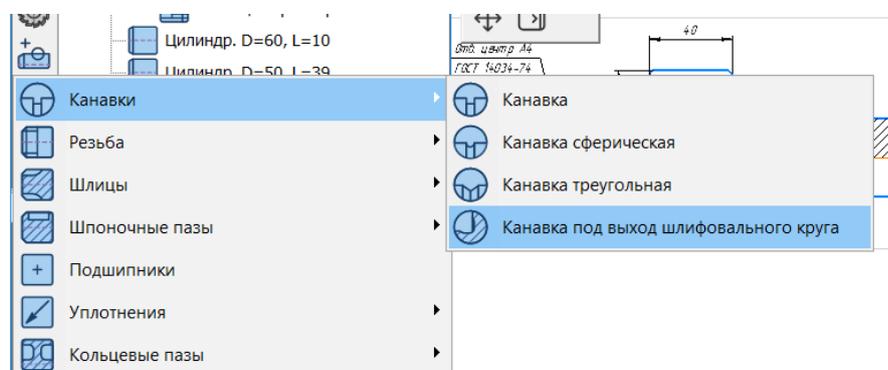


Рисунок 37 – Построение канавки под выход шлифовального круга

Для выбора вида канавки пользуемся линейкой прокрутки или нажимаем правой кнопкой мыши на слайд, затем левой кнопкой выбираем расположение канавки.

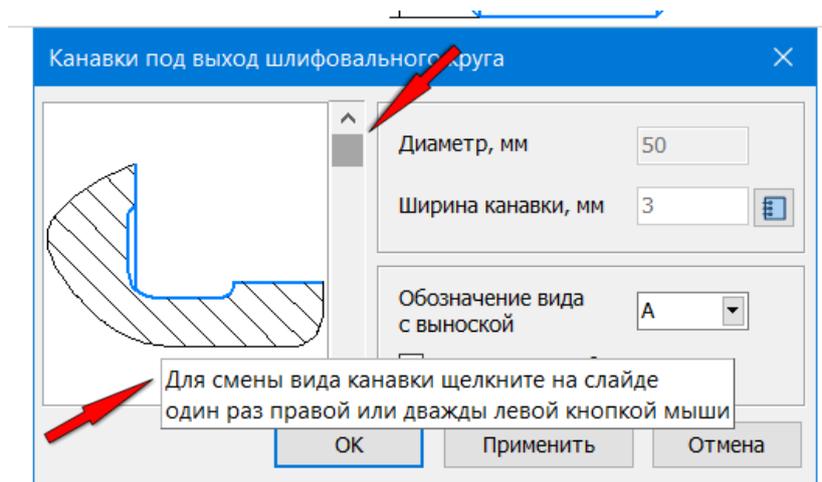


Рисунок 38 – Выбор свойств канавки под выход шлифовального круга

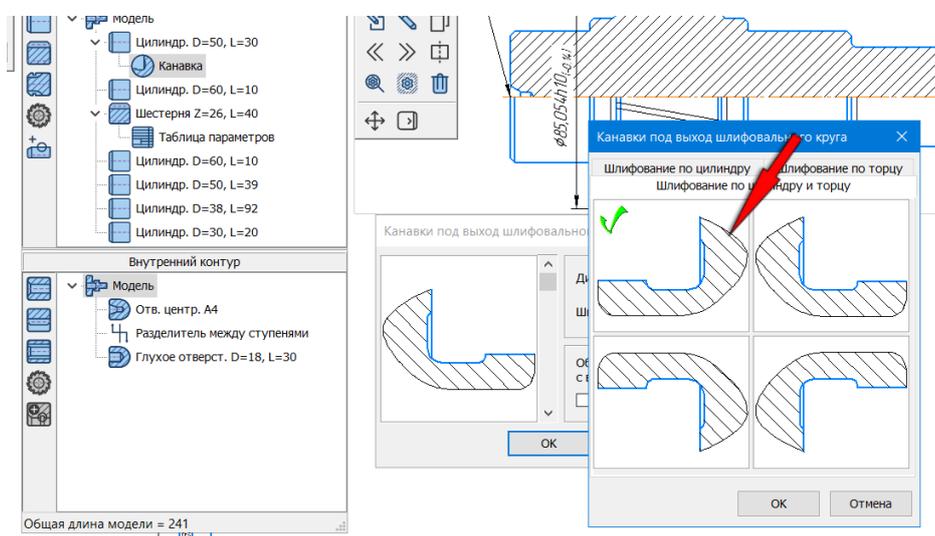


Рисунок 39 – Выбор расположения канавки

Далее выполняем построение канавок под выход шлифовального круга для ступеней $D=50, L=39$ и $D=30, L=20$.

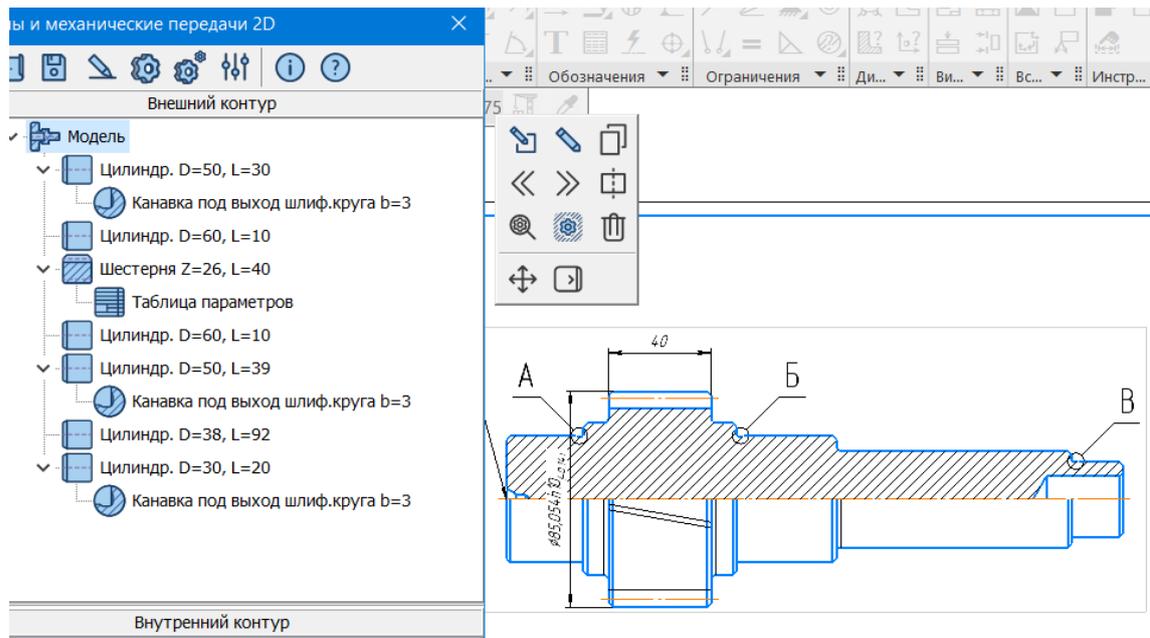


Рисунок 40 – Расположения канавок на чертеже

Для канавок создаем выносные элементы с размерами: выбрать в окошке канавку – *«Дополнительные построения»* > *«Выносной элемент»*.

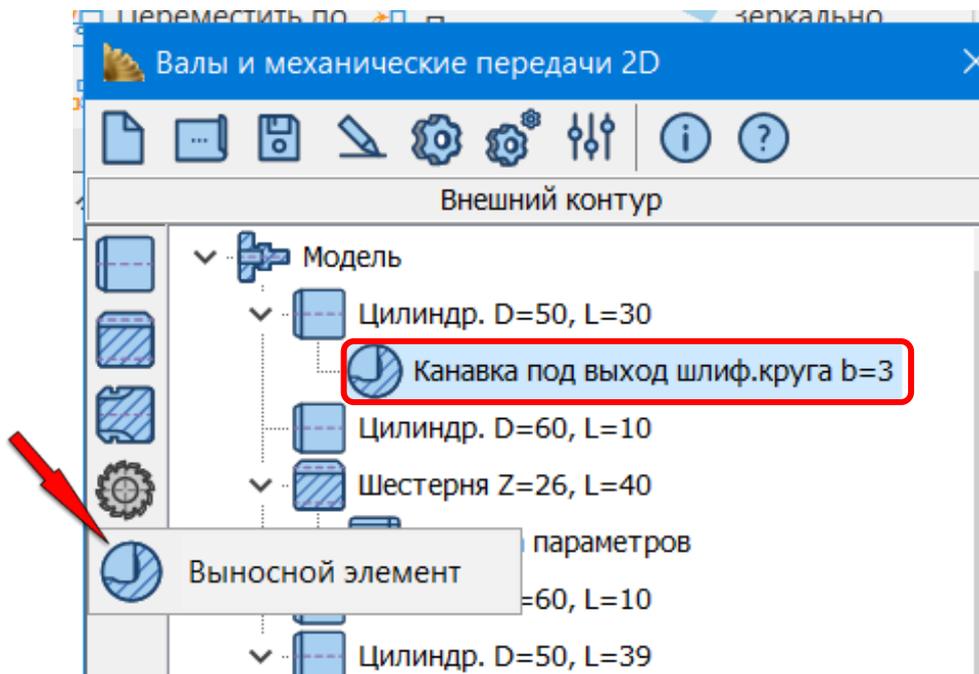


Рисунок 41 – Создание выносного элемента

Для перемещения выносного элемента вдоль чертежа нажимаем кнопку *«Переместить на чертеже»*.

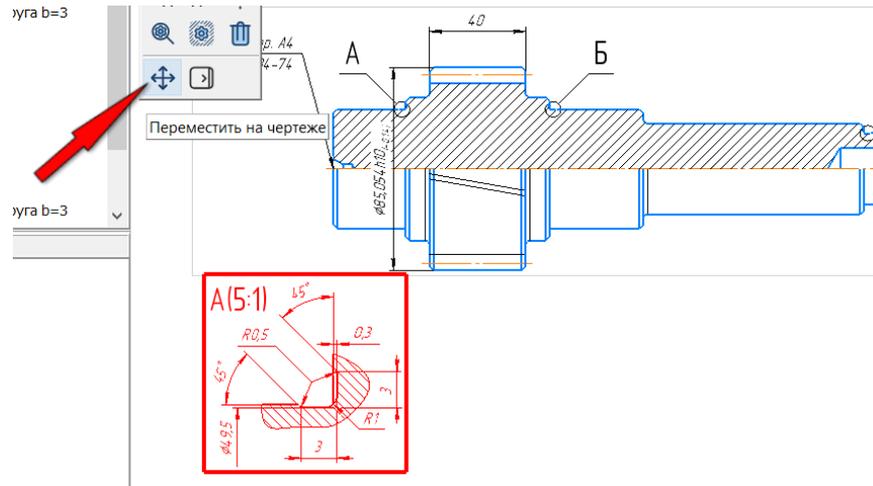


Рисунок 42 – Перемещение выносного элемента

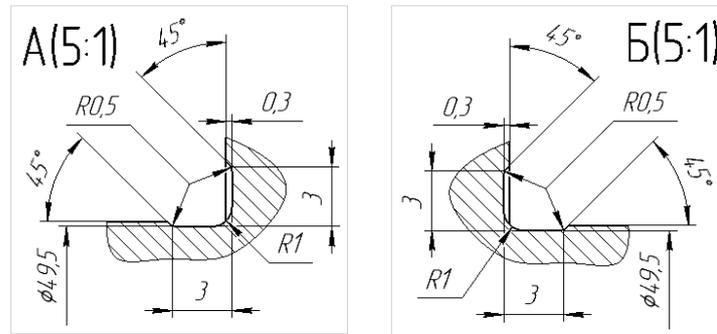


Рисунок 43 – Изображение выносных элементов на чертеже

7. На ступени $D=38$, $L=92$ выполняем построение шлицев: «Дополнительные построения» > «Шлицы» > «Прямоугольные».

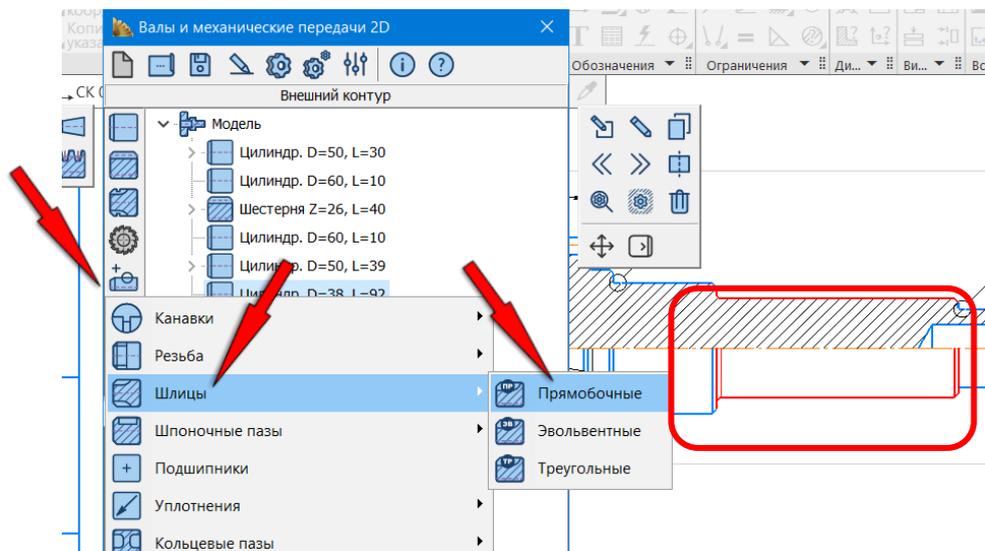


Рисунок 44 – Построение шлицев

В открывшемся окошке выбираем параметры шлицев (Длина шлицев 50 мм, Диаметр фрезы 40 мм.) и нажимаем «**ОК**».

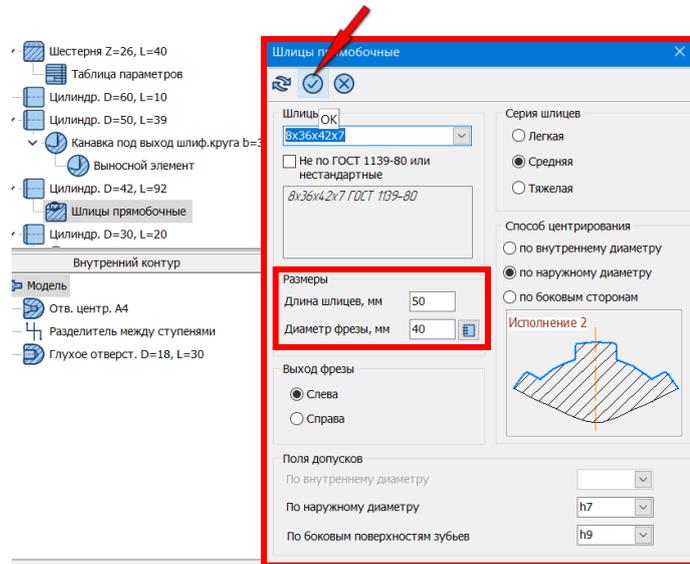


Рисунок 45 – Окошко выбора параметров шлицев

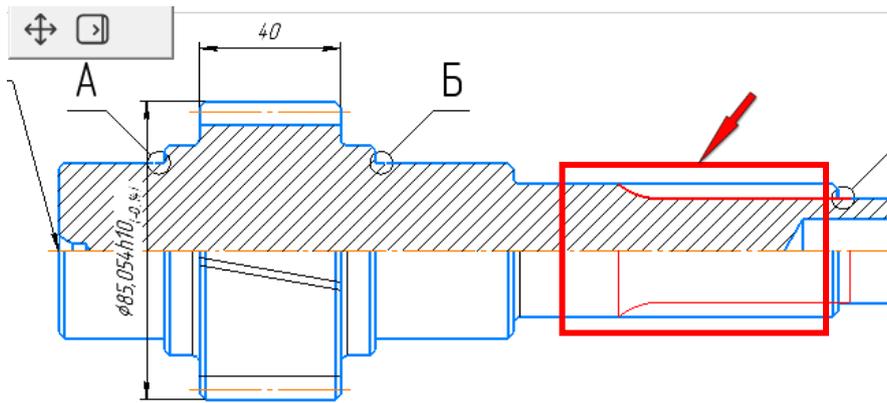


Рисунок 46 – Изображение шлицев на чертеже вала

Оформляем выносной элемент профиля шлицев: выбираем в окошке «**Дополнительные построения**» > «**Профиль шлицев**».

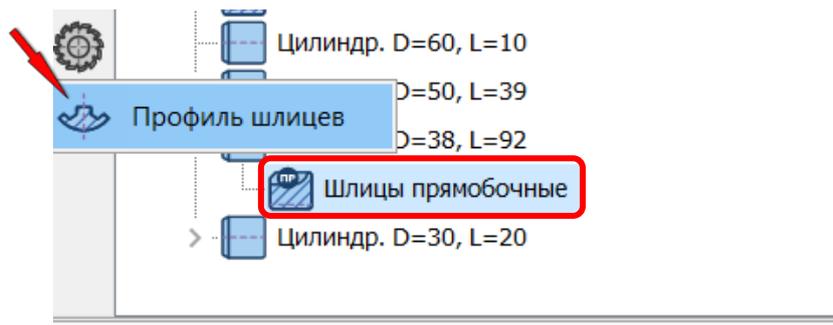


Рисунок 47 – Создание выносного элемента профиля шлицев

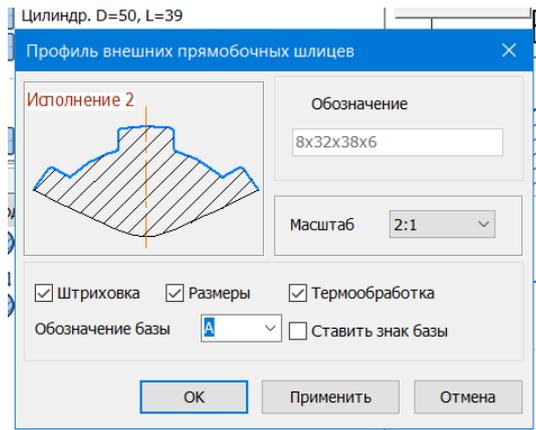


Рисунок 48 – Выбор параметров профиля внешних прямобоочных шлицев

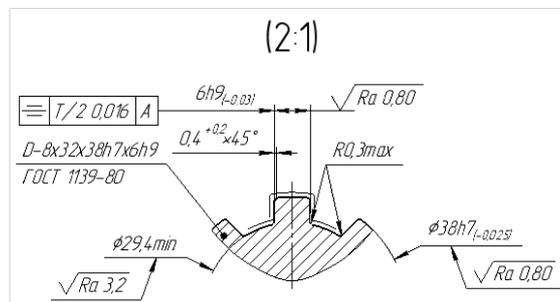


Рисунок 49 – Изображение выносного элемента профиля шлицев

8. На ступени $D=50$, $L=30$ и $D=50$, $L=39$ добавляем канавки под стопорные кольца. Выбираем в окошке «Дополнительные построения» > «Места под установку стопорных элементов» > «Стопорного кольца (Канавка под стопорное кольцо».

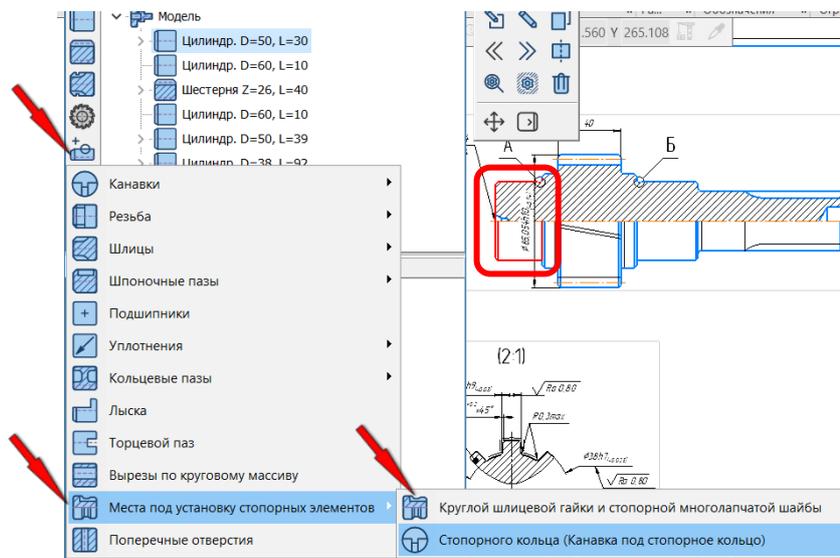


Рисунок 50 – Построение канавки под стопорное кольцо (для ступени $D=50, L=30$)

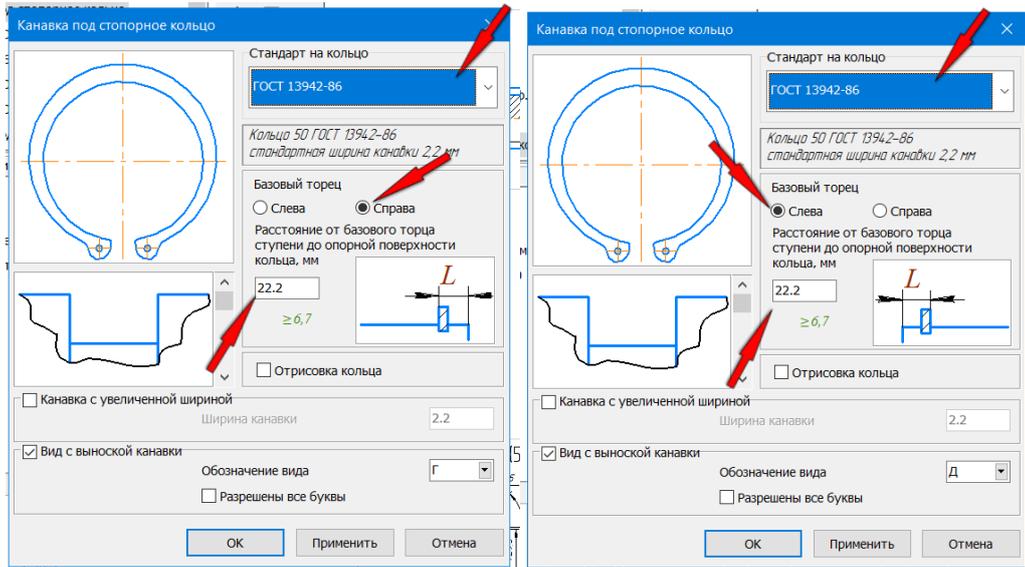


Рисунок 51 – Выбор параметров канавки под стопорное кольцо.
(Справа для ступени $D=50, L=30$ и слева для ступени $D=50, L=39$)

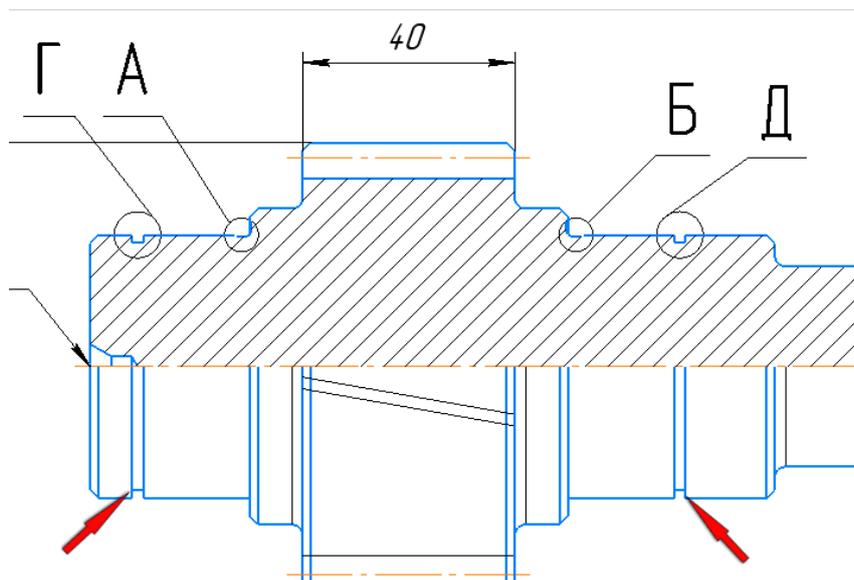


Рисунок 52 – Изображение канавки под стопорное кольцо на чертеже

Оформляем выносной элемент канавки под стопорное кольцо: выбираем в окошке **«Дополнительные построения»** > **«Выносной элемент»**.

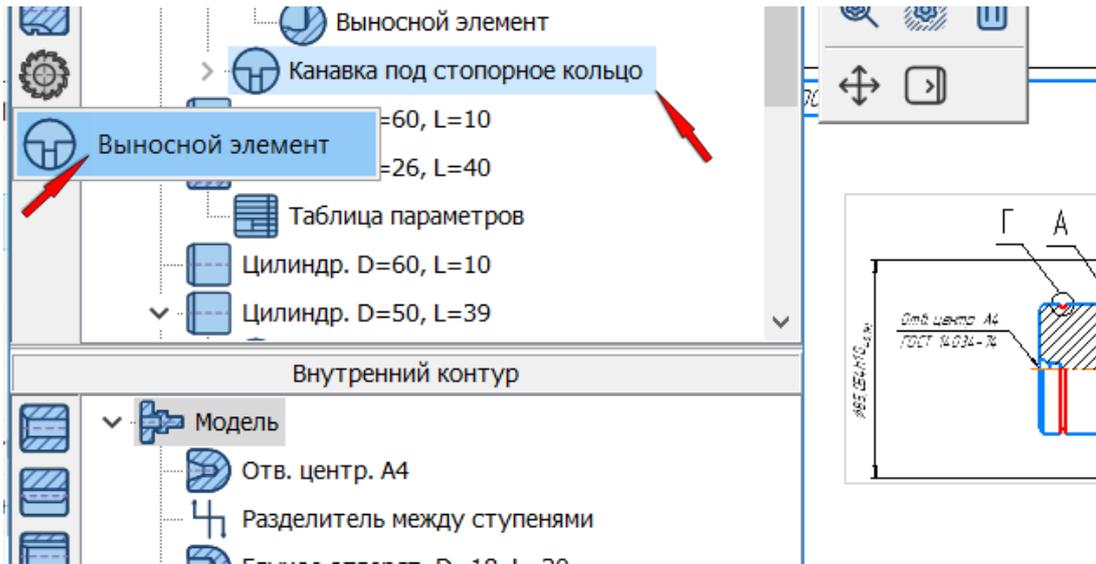


Рисунок 53 – Создание выносного элемента канавки под стопорное кольцо

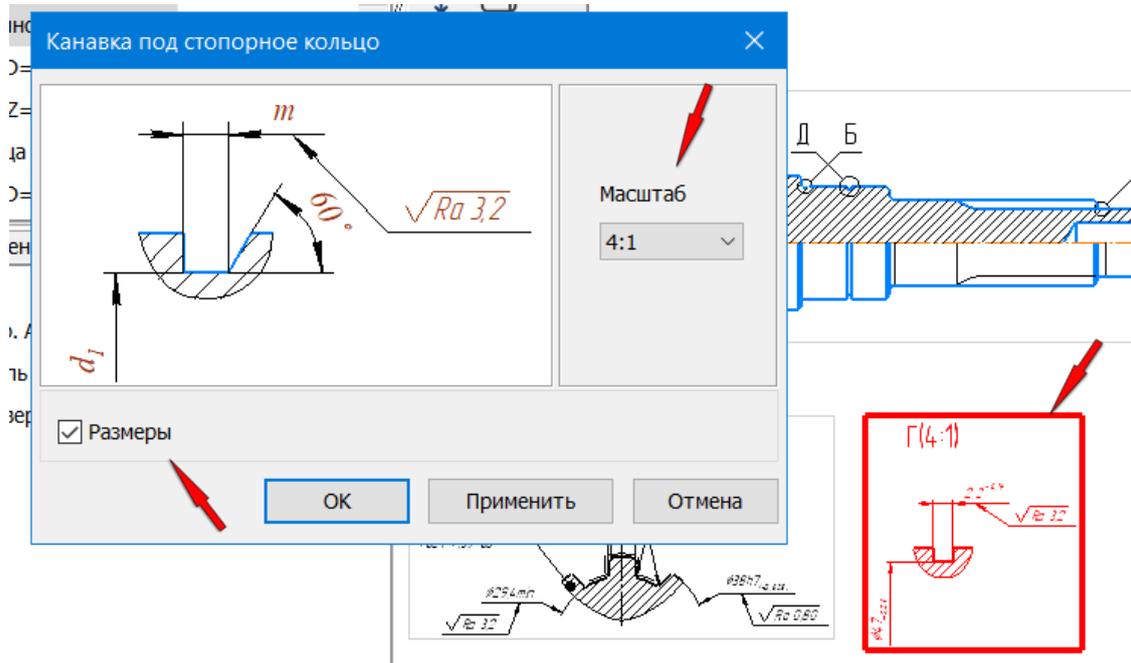


Рисунок 54 – Ввод параметров выносного элемента канавки под стопорное кольцо и его изображение на чертеже

9. Оформляем чертеж. Наносим все необходимые размеры, разрезы и обозначения.

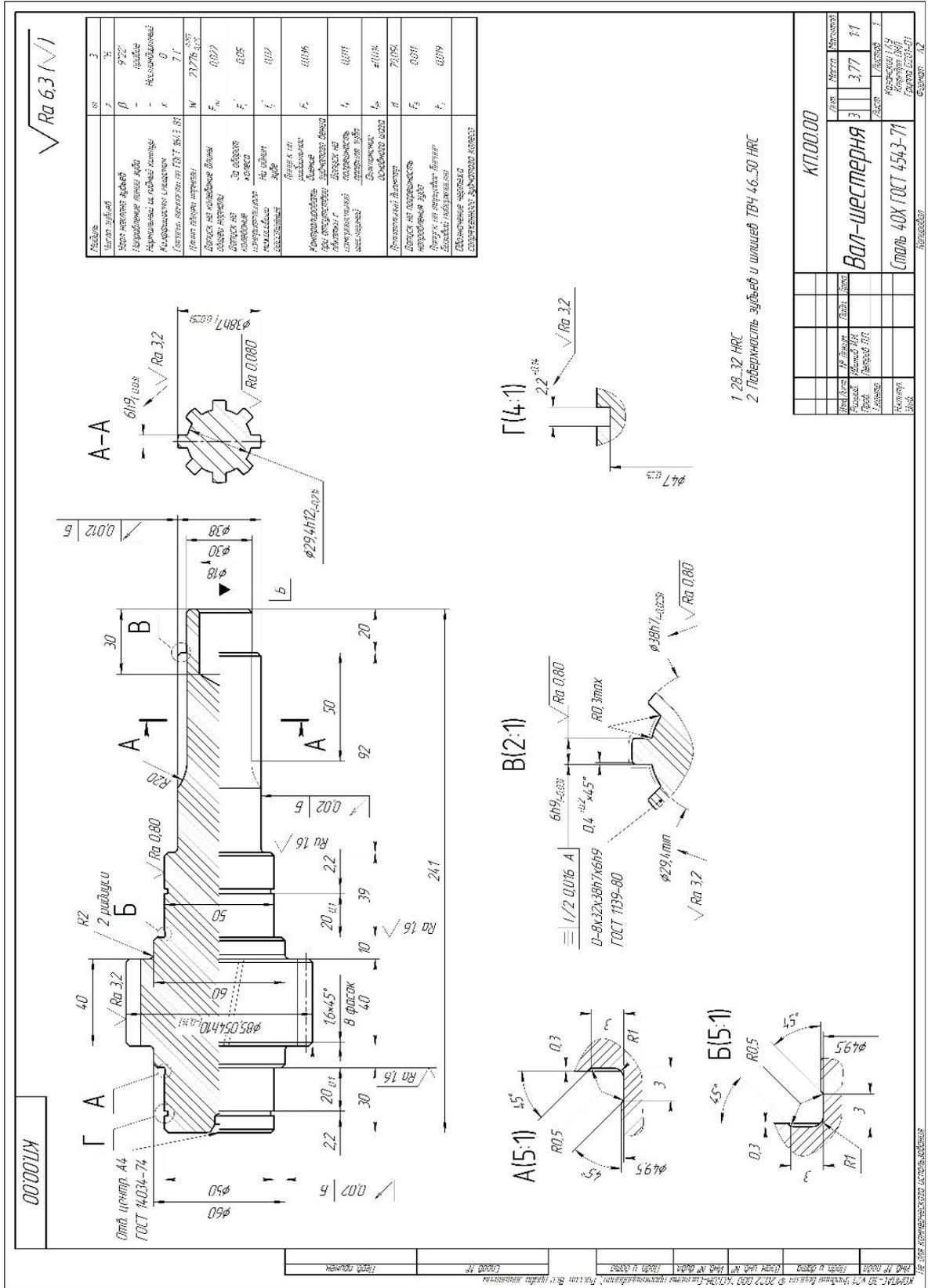


Рисунок 55 – Оформление чертежа

10. Производим генерацию 3D модели. Для этого нажимаем **«Дополнительные построения и действия»** > **«Генерация твердотельной модели»**.

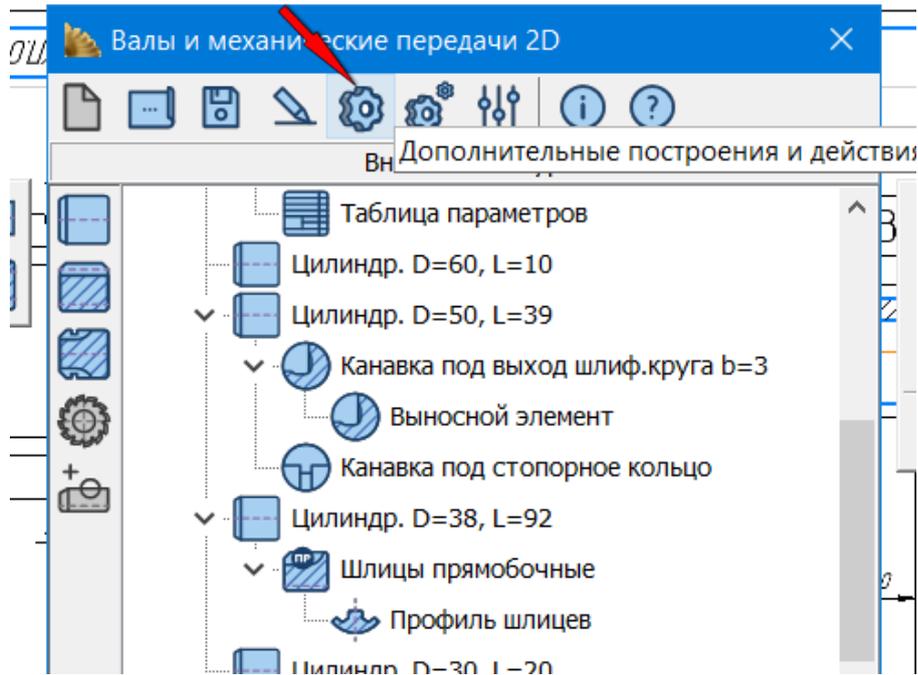


Рисунок 56 – «Дополнительные построения и действия»

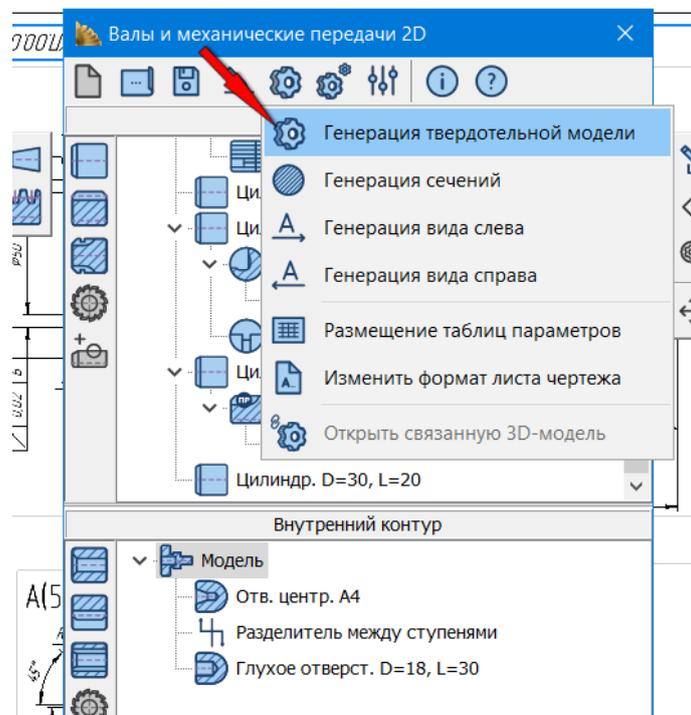


Рисунок 57 – «Генерация твердотельной модели»

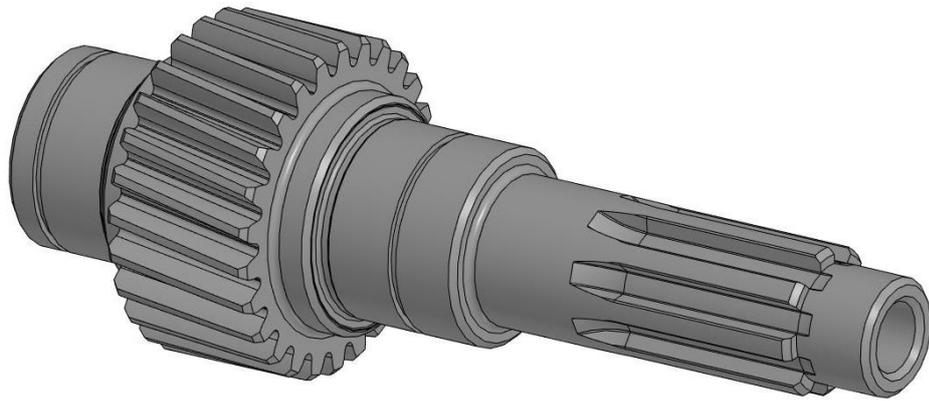


Рисунок 58 – Изображение твердотельной модели

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена система валы и механические передачи 2D?
2. Во скольких режимах можно работать с системой валы и механические передачи 2D?
3. В каком режиме настройки можно задать параметры работы системы?
4. Какие модели можно построить в режиме построения модели в системе валы и механические передачи 2D?
5. В каком режиме создается параметрические модели валов, втулок, элементов механических передач?
6. Как подключить систему валы и механические передачи 2D как обычную библиотеку?
7. Какие кнопки вызова команд построения ступеней и элементов модели расположены на инструментальной панели внешнего контура?
8. Как изменить взаимное расположение ступеней?
9. Какие способы ввода значений можно использовать при определении параметров ступеней и элементов?
10. Что относится к основным ступеням внешнего контура?

Вопросы для самостоятельной работы

1. Взаимодействие системы валы и механические передачи 2D с КОМПАС-3D.
2. Работа с системой валы и механические передачи 2D.
3. Интерфейс модуля построения системы валы и механические передачи 2D.
4. Команды управления изображением модели в документе КОМПАС.
5. Команды построения дополнительных изображений.
6. Команды вызова дополнительных модулей системы.
7. Инструментальная панель внешнего контура.
8. Инструментальная панель внутреннего контура.
9. Построение основной ступени.

10. Общие приемы ввода значений параметров проектируемой ступени.

Список литературы

1. Большаков В.П., Чагина А.В. 3Dмоделирование в Компас-3В версии V17 и выше. Изю Питер, 2021, 256с.

2. ГОСТ 2.109-73 Основные требования к чертежам.

3. ГОСТ Р 2.106. -3019. Текстовые документы.

4. ГОСТ 2.305-2008.Изображения.

5. ГОСТ 2.307-68ю Правила нанесения размеров.

6. Азбука КОМПАС-3D/ Kompas.ru/source/info_materuals/2018\Azbuka-KOMPAS-3D.pdf. 478 с.

7. Салахов, И. М. Геометрические построения: Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по начертательной геометрии и инженерной графике / И. М. Салахов, Г. В. Пикмуллин, Т. Н. Вагизов. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – 28 с.

8. Салахов, И. М. Сечение поверхностей плоскостью: Практикум для выполнения лабораторных и самостоятельных работ по начертательной геометрии и инженерной графике / И. М. Салахов, Г. В. Пикмуллин, Т. Н. Вагизов. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – 20 с.

9. Салахов, И. М. Методические указания к выполнению контрольных и самостоятельных работ по начертательной геометрии и инженерной графике / И. М. Салахов, Г. В. Пикмуллин, Т. Н. Вагизов. Том Часть 1. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021.