

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Дмитриев Николай Николаевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 11.07.2023 06:30:55  
Уникальный программный ключ:  
f7c6227919e4cdbfb4d7b682991f8513b37cafd

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И  
РЫБОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского**

Колледж автомобильного транспорта и агротехнологий

Т.Д. Кривобок

**Практикум**  
**по технической механике**  
**Расчет механических передач в АРМ WinTrans**

Учебно-методическое пособие

**Иркутск– 2021**

УДК

Кривобок Т.Д. Практикум по технической механике  
Расчет механических передач в АРМ WinTrans: Учеб.-метод. пособие  
. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2021 . - 64 с.

Рекомендовано к печати предметно-цикловой комиссией колледжа автомобильного транспорта и агротехнологий Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (протокол № от 2021 г.).

Рецензент: Косарева А.В. к.т.н., доцент кафедры ТС и ОД Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского

Практикум включает в себя практические работы по расчету основных видов механических передач в АРМ WinTrans: цилиндрических, конических, червячных, ременных, цепных, контрольные вопросы для текущей аттестации.

Учебно-методическое пособие подготовлено на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта и программы дисциплины «Техническая механика», предназначено для студентов технических специальностей колледжа очного обучения в качестве пособия к выполнению практических работ и подготовки к текущей аттестации.

© Кривобок Т.Д., 2021  
© Издательство Иркутский ГАУ, 2021

## Введение

Система АРМ WinTrans предназначена для расчета механических передач вращения, т. е. элементарных механизмов, служащих для передачи крутящего момента от одного вала (ведущего) другому (ведомому).

С помощью АРМ WinTrans Вы можете:

- задать конструкцию передачи
- выполнить все необходимые расчеты
- получить рабочие чертежи деталей передачи

С помощью АРМ WinTrans можно выполнить следующие виды расчетов:

- проектировочный расчет передачи
- проверочный расчет передачи

При *проектировочном расчете* Вы задаёте значения таких параметров, как внешняя нагрузка, материалы, тип термообработки, кинематические характеристики, долговечность. Используя эти данные, АРМ WinTrans рассчитывает основные геометрические размеры передачи, основываясь на критериях работоспособности передач

С помощью *проверочного расчета* определяется нагрузочная способность передачи при заданных значениях параметров (геометрических размеров, характеристик материалов передач и т.п.).

Реализовано два вида проверочных расчетов:

- определение максимального момента при заданной долговечности
- определение долговечности при заданной нагрузке

Студенты выполняют следующие расчеты, по варианту выданному преподавателем:

1. расчет цилиндрической прямозубой передачи
2. расчет цилиндрической косозубой передачи
3. расчет конической передачи с прямыми зубьями
4. расчет конической передачи с круговыми зубьями
5. расчет червячной передачи
6. расчет клиноременной передачи
7. расчет цепной передачи

**Примечание:** после выполнения расчетов нужно исходные данные, результаты расчета, чертеж сохранить в личной папке студента. Папку создать под своей фамилией, в папке «АРМ техник».

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

### Расчет цилиндрических зубчатых передач

**Цель работы:** научиться рассчитывать передачу в АРМ Trans, оценивать полученные результаты, выполнять рабочий чертеж зубчатого колеса.

**Задание:** рассчитать цилиндрическую прямозубую и косозубую передачи для двух вариантов термообработки, подготовить рабочий чертеж зубчатого колеса.

Таблица 1.1 Варианты исходных данных

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$T_{2,Н*М}$	250	200	250	150	120	240	270	300	160	100	200	180	90	180
$n_{2,об/м}$ ин	380	518	300	400	240	160	190	260	210	380	300	520	380	350
$и$	2.5	2.8	3.15	3.5 5	4	4.5	5	5.6	4.5	4	3.15	2.8	2.5	4
Располо- жение колеса	Си м- мет р	Неси м- метр.	Конс о- льно	Си м- мет р	Неси м- метр.	Конс о- льно	Си м- мет р	Неси м- метр.	Конс о- льно	Си м- мет р	Неси м- метр.	Конс о- льно	Си м- мет р	Неси м- метр.
Срок служб ы, тыс. час	15	18	20	25	30	25	20	15	20	25	30	35	40	45
Термо об- работк а 1*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Термо об- работк а 2*	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4
Режим работы	Тяж.	Сред	Легк	Пос - тоя н	Тяж.	Сред	Лег к. тоян	Пос- тоян	Тяж.	Тяж	Сред.	Легк.	Пос - тоян	Тяж.

\* - Варианты термообработки зубчатых колес:

1. Оба колеса из улучшенной стали.
2. Шестерня – закалка ТВЧ, колесо улучшенное.
3. Шестерня и колесо – закалка ТВЧ.

4. Шестерня и колесо – цементация
5. Шестерня и колесо – азотирование.

### Теоретическая часть

Общие сведения. Геометрия цилиндрических зубчатых передач. Силовой расчет цилиндрических зубчатых передач. Причины разрушения и критерии расчета зубчатых передач. Особенности расчета на изгиб косозубых и шевронных колес. Внешняя нагрузка и ее характеристика, Режимы работы зубчатой передачи. Материалы, термообработка и допускаемые напряжения для зубчатых колес. [APM Book глава 7.1 Цилиндрические зубчатые передачи]

### Порядок выполнения

#### 1. Расчет цилиндрических передач

Расчет передачи в программе APM Trans следует проводить следующим образом:

1. Выбрать тип передачи рисунок 1.

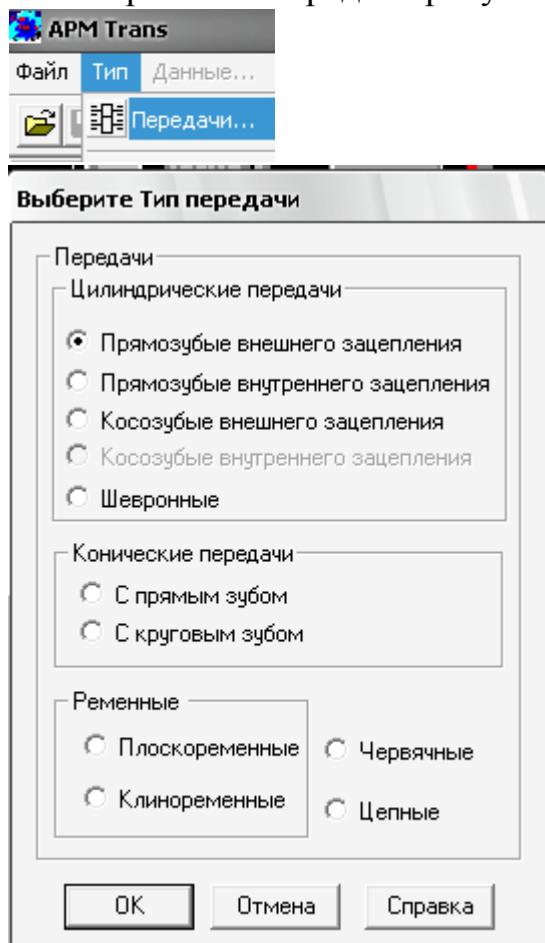


рисунок 1 – Меню выбора типа передачи

2. Указать тип расчета – (проектировочный) рисунок 2.

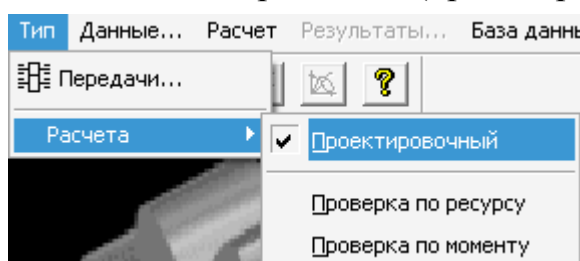


Рисунок 2 – Вкладка для выбора вида расчета

3. Установить стандарт – ГОСТ (меню «База данных» / «Установить стандарт») рисунок 3.
4. Проверить установку параметров исходного контура (по умолчанию в меню «База данных» / «Исходный контур» установлен ГОСТ 13755-81 – исходный контур зубчатых цилиндрических колес эвольвентного зацепления) рисунок 3.

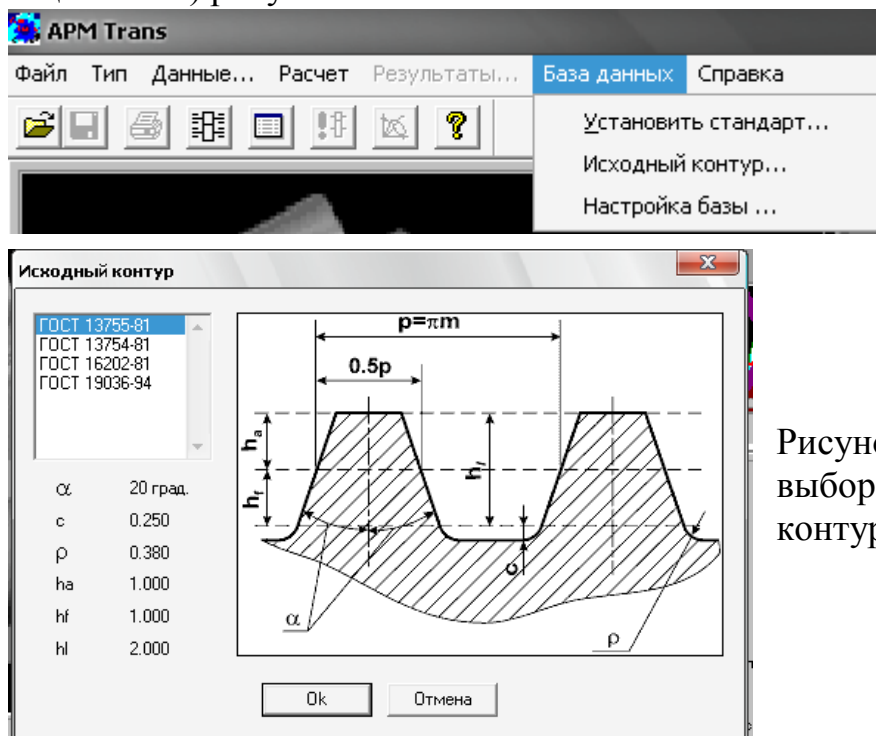


Рисунок 3 – Меню для выбора ГОСТ и исходного контура

5. Задать основные исходные данные (см.таблицу 1.1) в полях ввода диалогового окна «Основные данные» рисунок 4.

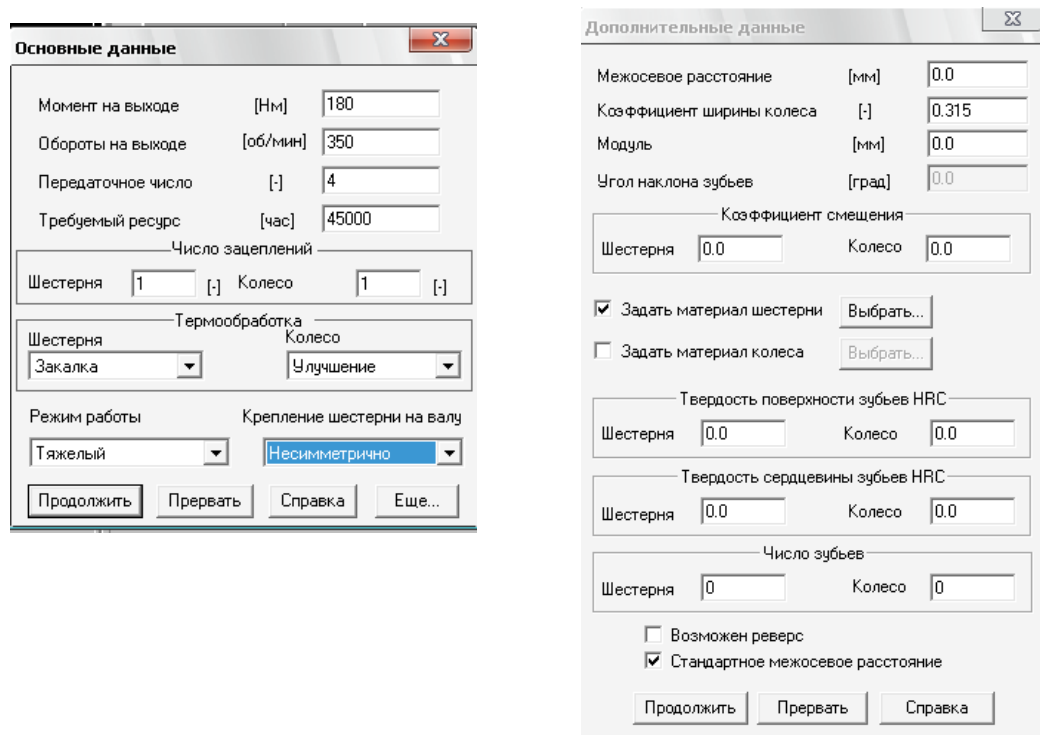


Рисунок 4 – Окна основных и дополнительных исходных данных.

Число зацеплений для обычной передачи принять равным 1.

6. Нажав в нижней части диалогового окна «**Основные данные**» кнопку «**Ещё**», ввести в соответствующие поля ввода открывающегося диалогового окна «**Дополнительные данные**» необходимые значения рисунок 4.

7. В данном случае рекомендуется включить флажок «**Стандартное межосевое расстояние**», для того чтобы значение межосевого расстояния выбиралось из стандартного ряда, задать реверс если есть возможность работы передачи с обратным ходом.

ГОСТ 2185-66 межосевые расстояния для цилиндрических передач

1-й ряд: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250.

2-й ряд: 71; 90; 112; 140; 180; 225; 280; 355; 460; 560; 710; 900; 1200.

Примечание: 1-й ряд следует предпочитать 2-му.

По ряду Ra40

Можно задать материал шестерни и колеса или точное значение твердости поверхности зубьев – иначе для каждого вида термообработки программой будет принято по умолчанию среднее значение (рисунок 5).

Твердость задается в единицах HRC. Поэтому для незакаленных сталей нужно твердость HB перевести в HRC

Задать значение коэффициента ширины  $\psi_{ba}$  из ряда стандартных чисел: 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,315; 0,5; 0,5; 0,63 в зависимости от положения колес относительно опор:

при симметричном расположении 0,315 – 0,5;

при несимметричном 0,25 – 0,4;

при консольном расположении одного или обоих колес 0,2 – 0,25.

Для шевронных передач  $\psi_{ba} = 0,4 – 0,63$ ; для коробок передач  $\psi_{ba} = 0,1 – 0,2$ ;

для передач внутреннего зацепления  $\psi_{ba} = 0,2(u + 1)/(u-1)$

Меньшие значения  $\psi_{ba}$  – для передач с твердостью зубьев  $H \geq 45$  HRC

В дополнительных данных можно задать модуль зуба из ряда:

$m = 1,5; (1,75); 2; (2,25); 2,5; (2,75); 3; (3,5); 4; (4,5); (5,5); 6; (7); 8; (9); 10; (11); 12; (14); 16; (18); 20; (22); 25; 28.$

Значение модулей  $m < 1,5 \dots 2$  – для силовых зубчатых передач использовать нежелательно.

При выборе чисел зубьев следует иметь в виду, что с уменьшением числа зубьев уменьшается толщина зуба у основания и у вершины, что

приводит к понижению прочности на изгиб. Поэтому не рекомендуется выбирать число зубьев меньше, чем  $z_{min}=17$ .

В редукторах рекомендуется число зубьев шестерни для первой ступени  $z_1 = 22 - 36$ , для второй и третьей  $z_1 = 18-26$

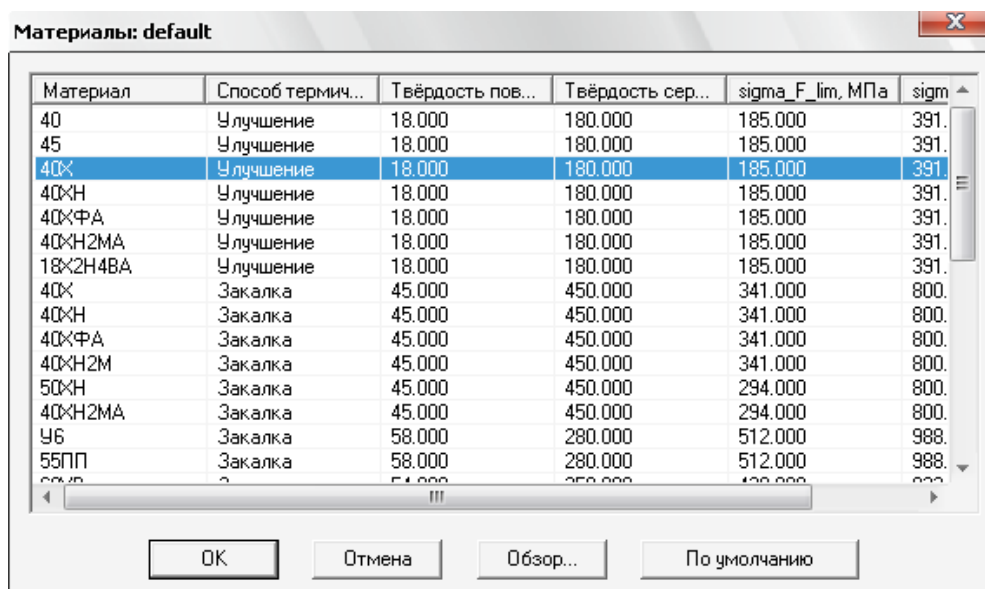


Рисунок 5 – Выбрать материал колес из базы данных (БД)

После нажатия кнопки «Продолжить» программа выдаст запросы о том, действительно ли коэффициент смещения шестерни и колеса должны иметь нулевые значения рисунок 6, возможны оба варианта ответов.

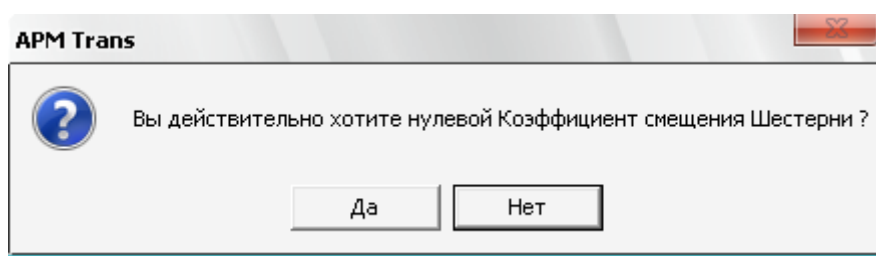
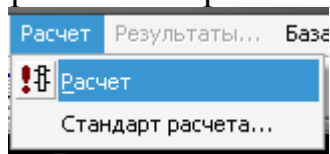


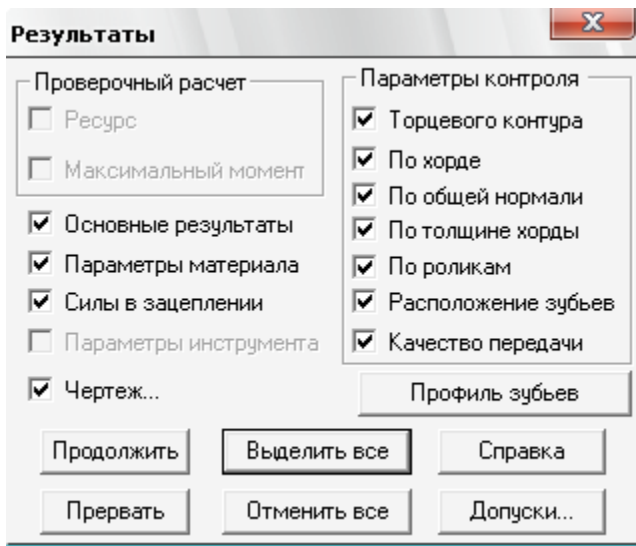
Рисунок 6.

8. Произвести расчет передачи (пункт «Расчет» главного меню). 

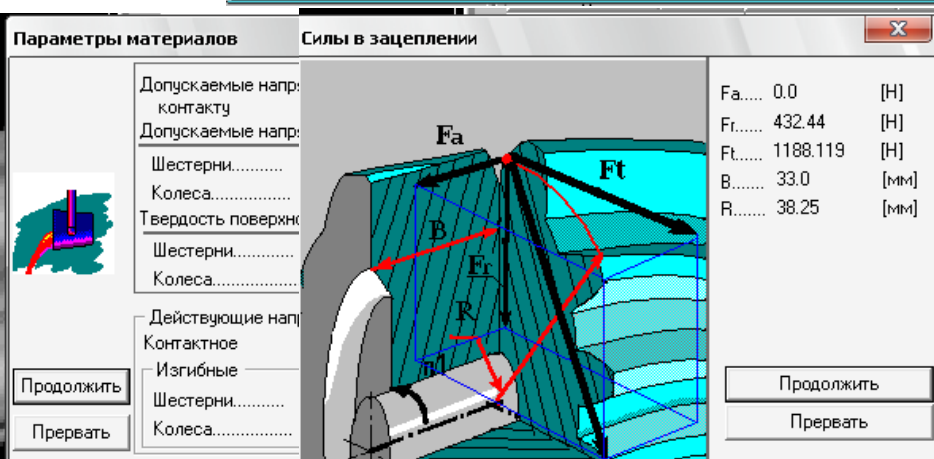


9. Открыть диалоговое окно «Результаты» и отметить флажками интересующие результаты расчета.





Для уменьшения числа зубьев колес необходимо увеличить модуль.



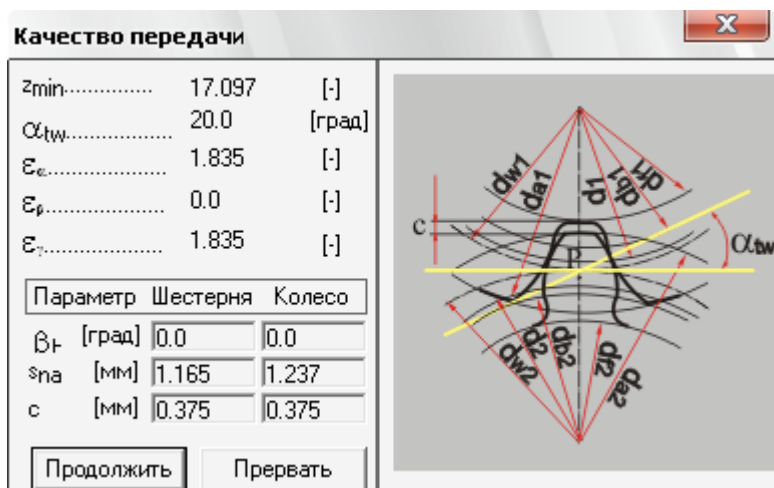


Рисунок 7 – Результаты расчета

При анализе результатов обратите внимание полученное межосевое расстояние, модуль зуба и число зубьев шестерни 1.

Если эти параметры не соответствуют рекомендуемым см.П.7. прервем просмотр результатов и уточним дополнительные и исходные данные, повторив расчет.

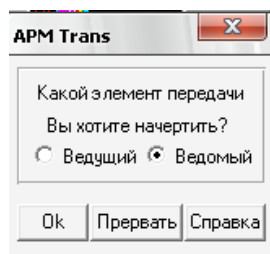
**2. По результатам расчета заполнить таблицы для прямозубой и для косозубой передачи для вариантов термообработки 1 и 2.**

**3. Сравнить результаты расчета цилиндрической прямозубой и косозубой передачи, сделать вывод – как влияет угол наклона зубьев и твердость материала на габариты передачи.**

**4. Подготовить рабочий чертеж зубчатого колеса и сохранить в своей папке.**

В диалоговом окне «Результаты» флажком отмечаем пункт «Чертеж...». После нажатия кнопки «Продолжить» выбираем, какой из элементов передачи (ведущий или ведомый) требуется начертить рисунок 8.

В открывшемся при этом диалоговом окне «Черчение» необходимо сделать некоторые настройки



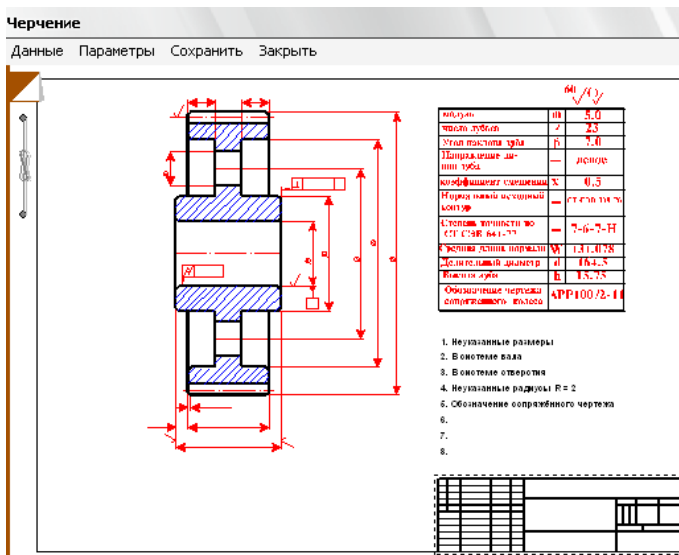


рисунок 8

## 1. Заполнение штампа.

В меню **Данные** выберем **«Штамп»**, либо двойным щелчком левой кнопкой мыши в области штампа чертежа рисунок 9 открываем диалоговое окно **«Заполнение штампа»**, в полях ввода которого можно указать фамилии исполнителей и дату, а также выбрать масштаб чертежа, формат чертежа и т.п. -

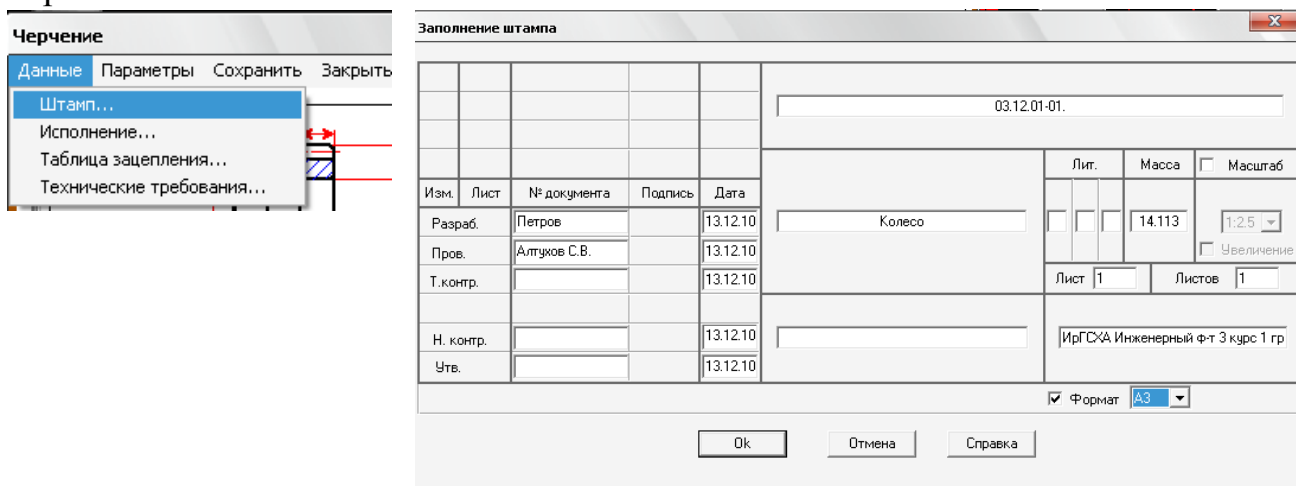
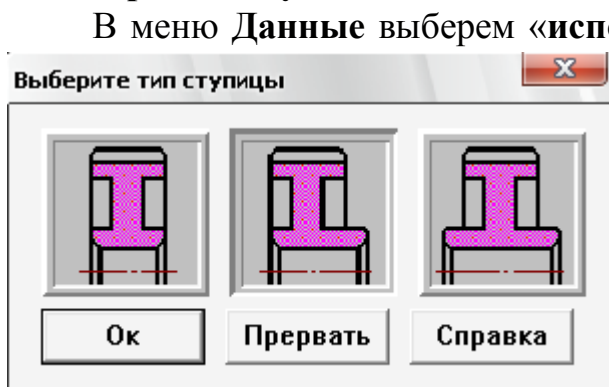


Рис.9 – Заполнение штампа

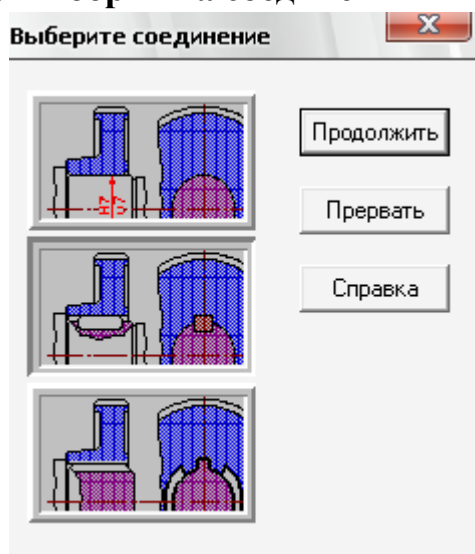
## 2. Выбор типа ступицы.



кнопкой мыши в области изображения колеса рисунок 9, вызывается открытие диалогового окна **«Выберите тип ступицы»** рисунок 10. Тип ступицы зубчатого колеса выбираем щелчком на одной из трех кнопок этого окна **«Тип ступицы»**

Рисунок 10 – тип ступицы

### 3. Выбор типа соединения-

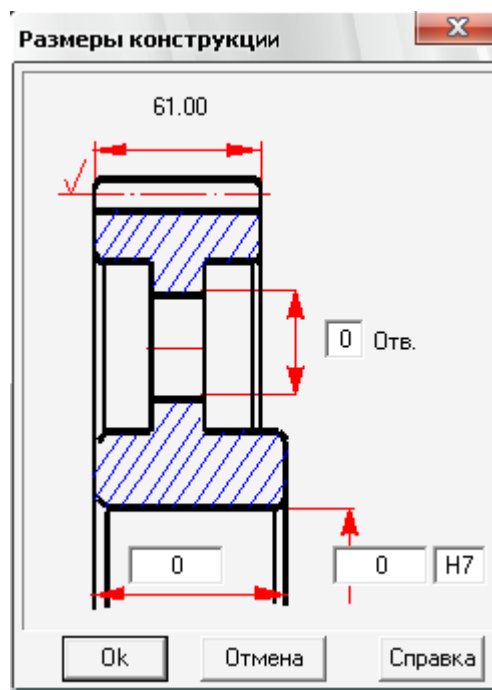


а)

Рисунок 11 – Конструкция колеса

б)

### 4. «Размеры конструкции».



**Рекомендации:** диаметр отверстия в ступице колеса  $d_{\text{вал}} = (6 \dots 7) \sqrt[3]{T_2}$ ; длина ступицы  $l_{\text{ст}} = (1,0 \dots 1,8) d_{\text{вал}}$ , число отверстий на диске 2, 3, 4, 6, выбирается с учетом диаметра колеса рисунок 11(б).

### 5. Задание параметров зацепления.

Двойной щелчок левой кнопкой мыши в области таблицы параметров (меню **Данные/Таблица зацепления...**) вызывает открытие диалогового окна «Таблица зацепления». Пользователь может изменить значения параметров, записанные в полях с белым фоном. Нажатием кнопки «**Контр. Параметры**» можно добавить в таблицу соответствующие контрольные параметры колеса.

### 6. Задание технических требований.

Двойной щелчок левой кнопкой мыши в области списка с техническими требованиями (меню **Данные/Технические требования...**) вызывает открытие диалогового окна «Технические требования». Пользователь может изменить параметры, записанные в полях с белым фоном.

### 7. Сохранение чертежа.

Для завершения генерации чертежа необходимо в окне «**Черчение**» (меню **Сохранить...**) сохранить этот чертеж как файл с расширением **\*.agr**. После этого произойдет запуск плоского графического редактора **АРМ Graph**, в окне которого и будет показан чертеж рассчитанного зубчатого

колеса. Полученный чертеж можно редактировать в APM Graph и распечатать рисунок 12.

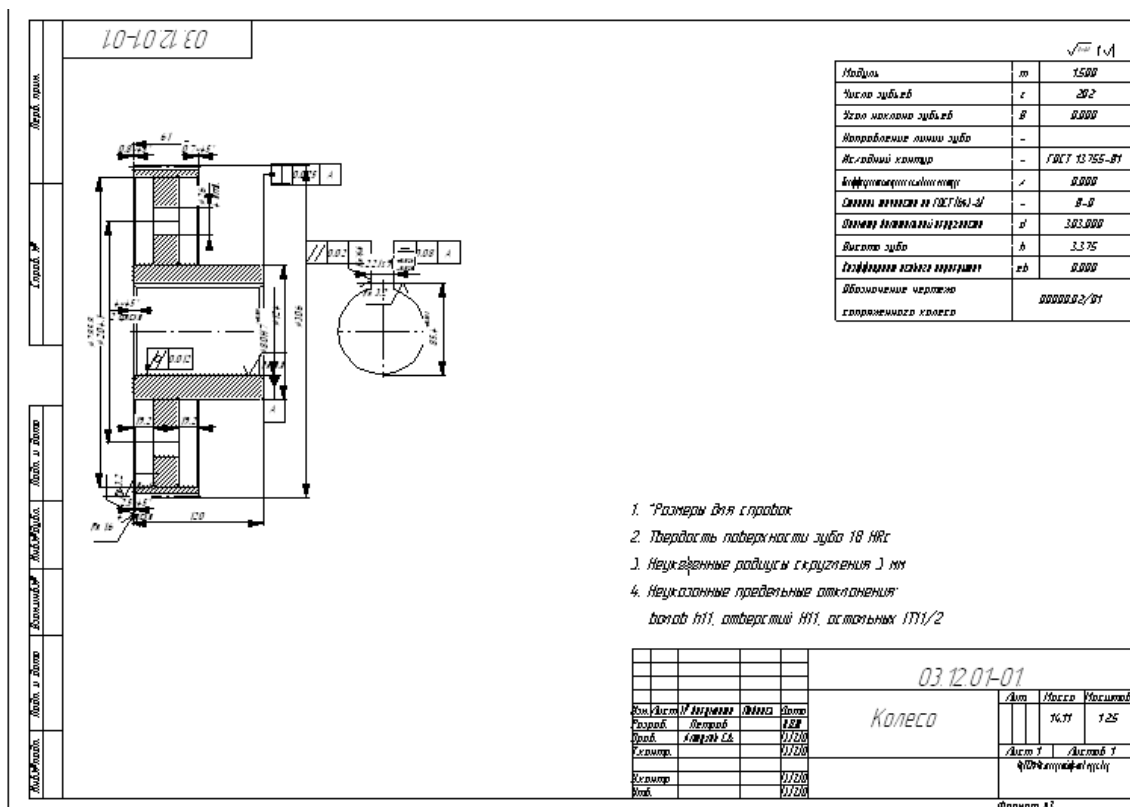


Рисунок 12 – Рабочий чертеж колеса.

## 8. Вывод результатов расчета на печать.

Для вывода результатов расчета на печать нужно нажать в основном окне программы кнопку «Печать» (меню **Файл/Печать**) и в открывшемся диалоговом окне «**Выбор результатов для печати**» отметить флажками те результаты, которые требуется вывести на печать.

### Форма отчета

#### 1. Заданные параметры:

Передача: 1) *прямозубая*, 2) *косозубая*  
 Зацепления: *внешнего*  
 Тип расчета: *проектировочный*

#### Основные данные

		шестерня	колесо
Термообработка	1		

	2		
Число зацеплений		1	1
Расположение шестерни относительно опор			
Режим работы передачи			
Момент на ведомом колесе, $T_2$ Н·м			
Частота вращения ведомого колеса, $n_2$ мин <sup>-1</sup>			
Передаточное число, $u$			
Ресурс, срок службы передачи $L_h$ час			

**Дополнительные данные**(могут быть заданы для уточнения расчета)

Межосевое расстояние $a_w$ , мм			
Коэффициент ширины, $\psi_{ba}$			
Модуль $m$ , мм			
Угол наклона зубьев $\beta$ , град			
Коэффициент смещения $x_1, x_2$			
Твердость рабочих поверхностей HRC <sub>1</sub> , HRC <sub>2</sub>			
Число зубьев, $z_1, z_2$			
Учесть реверс передачи (да, нет)			
Стандартное межосевое расстояние (да, нет)			

## 2. Результаты расчета APM Trans

2.1 Результаты расчета **цилиндрической прямозубой передачи** для вариантов термообработки 1 и 2.

Основная геометрия	ТЕРМОБРАБОТКА 1		ТЕРМОБРАБОТКА 2	
	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Описание, символ, единицы				

Термообработка				
Межосевое расстояние				
Модуль $m$ , мм				
Угол наклона зубьев $\beta$				
Делительный диаметр				
Основной диаметр $d_b$				
Начальный диаметр $d_{w1}$				
Диаметр вершин				
Диаметр впадин $d_f$ , мм				
Коэффициент				
Высота зубьев $h$ , мм				
Ширина зубчатого				
Число зубьев $z$				

Свойства материала	ТЕРМОБРАБОТКА 1		ТЕРМОБРАБОТКА 2	
	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Допускаемые напряжения изгиба,				
Допускаемые контактные				
Твердость рабочих поверхностей,				
Действующие напряжения изгиба,				
Расчетные контактные напряжения,				

Силы	ТЕРМОБРАБОТКА 1		ТЕРМОБРАБОТКА 2	
	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Описание, символ, единицы				
Тангенциальная сила, $F_t$ , Н				
Радиальная сила, $F_r$ , Н				
Осевая сила, $F_a$ , Н				

Параметры качества зацепления		ТЕРМОБРАБ ОТКА 1	ТЕРМОБРАБ ОТКА 2
Угол наклона линии вершин зубьев	$\beta_a$		
Минимальное число зубьев, нарезаемых без подреза при данном смещении	$Z_{\min}$		
Нормальная толщина зуба на поверхности вершин колеса -шестерни	$S_{na}$		
Радиальный зазор в зацеплении	$c$		
Коэффициент торцевого перекрытия	$\epsilon_\alpha$		
Коэффициент осевого перекрытия	$\epsilon_\beta$		
Коэффициент перекрытия	$\epsilon$		
Угол зацепления	$\alpha_{tw}$		

2.2 Результаты расчета **цилиндрической косозубой передачи** для вариантов термообработки 1 и 2.

Основная геометрия	ТЕРМОБРАБОТКА 1		ТЕРМОБРАБОТКА 2	
	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Описание, символ, единицы				
Термообработка				
Межосевое расстояние				
Модуль $m$ , мм				
Угол наклона зубьев $\beta$				
Делительный диаметр				
Основной диаметр $d_b$				
Начальный диаметр $d_w$				
Диаметр вершин				
Диаметр впадин $d_f$ , мм				
Коэффициент				
Высота зубьев $h$ , мм				
Ширина зубчатого				
Число зубьев $z$				

Свойства материалов	ТЕРМОБРАБОТКА 1	ТЕРМОБРАБОТКА 2



параметр	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Допускаемые напряжения изгиба,				
Допускаемые контактные				
Твердость рабочих поверхностей,				
Действующие напряжения изгиба,				
Расчетные контактные				

Силы	ТЕРМОБРАБОТКА 1		ТЕРМОБРАБОТКА 2	
	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Описание, символ, единицы				
Тангенциальная сила, $F_t$ , Н				
Радиальная сила, $F_r$ , Н				
Осевая сила, $F_a$ , Н				

### Параметры качества зацепления

Параметры качества зацепления		ТЕРМОБРАБОТКА 1	ТЕРМОБРАБОТКА 2
Угол наклона линии вершин зубьев	$\beta_a$		
Минимальное число зубьев, нарезаемых без подреза при данном смещении	$z_{\min}$		
Нормальная толщина зуба на поверхности вершин колеса -шестерни	$s_{na}$		
Радиальный зазор в зацеплении	c		
Коэффициент торцевого перекрытия	$\epsilon_\alpha$		
Коэффициент осевого перекрытия	$\epsilon_\beta$		
Коэффициент перекрытия	$\epsilon$		
Угол зацепления	$\alpha_{tw}$		

3. Сравнить результаты расчета, сделать вывод.
4. Подготовить рабочий чертеж зубчатого колеса, сохранить в своей папке.
5. Ответить на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы.

1. Виды зубчатых передач.
2. Особенности и достоинства косозубых передач.
3. Как влияет твердость материалов зубчатых колес на габариты передачи.
4. Понятие модуль зуба. Модуль нормальный, окружной.
5. Понятие начальный и делительный диаметр зубчатых колес.
6. Виды разрушений зубьев и связь их с методами расчетов зубчатых передач.
7. Силы в зацеплении их величина и направление.
8. Понятие коррекция зубьев, коэффициент смещения.
9. Коэффициент перекрытия
10. Как можно уменьшить величину контактных напряжений при заданной нагрузке?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2 Расчет конических зубчатых передач

**Цель работы:** научиться рассчитывать конические передачи в АРМ Trans, оценивать полученные результаты, выполнять рабочий чертеж конического колеса.

**Задание:** Задание: рассчитать коническую передачу с прямыми и круговыми зубьями для двух вариантов термообработки, подготовить рабочий чертеж конического зубчатого колеса.

**Таблица 2.1 Варианты исходных данных**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$T_{2, H \cdot M}$	250	400	300	150	290	380	320	550	220	380	280	440	590	280
$n_2, \text{об/мин}$	380	518	300	400	240	160	190	260	210	380	300	520	380	350
$u$	2.5	2.8	3.15	2.24	4	4.5	2.5	2.8	4.5	4	3.15	2.8	2.5	4
Ресурс, тыс. час	15	18	20	25	30	25	20	15	20	25	30	35	40	45
Термообработка 1*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Термооб-	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4

работка 2*															
Режим работы	Тяж.	Сред.	Легк.	Пос- тоян	Тяж.	Сред.	Легк.	Пос- тоян	Тяж.	Тяж.	Сред.	Легк.	Пос- тоян	Тяж.	

**\* - Варианты термообработки зубчатых колес:**

1. Оба колеса из улучшенной стали.
2. Шестерня – закалка ТВЧ, колесо улучшенное.
3. Шестерня и колесо – закалка ТВЧ.
4. Шестерня и колесо – цементация
5. Шестерня и колесо – азотирование.

**Примечание:** при вводе исходных данных самостоятельно выбрать вид подшипников и возможность реверса, для передачи с круговыми зубьями выбрать осевую форму зубьев. Из базы данных установить исходный контур; для прямозубых по ГОСТ 13755-81, для передач с круговыми зубьями по ГОСТ 16202-81.

**Теоретическая часть**

Общие сведения. Геометрия конических зубчатых передач. Силовой расчет конических зубчатых передач. Причины разрушения и критерии расчета зубчатых передач. Внешняя нагрузка и ее характеристика, Режимы работы зубчатой передачи. Материалы, термообработка и допускаемые напряжения для зубчатых колес. [АРМ Book глава 7.1 Цилиндрические зубчатые передачи; глава 7.2 Передачи коническими зубчатыми колесами]

**Порядок выполнения**

**1. Расчет конических передач**

**1.1 Расчет конической передачи с прямыми зубьями**

Расчет передачи в программе АРМ Trans следует проводить следующим образом:

1. Выбрать тип передачи – коническая с прямым зубом.

Выберите Тип передачи

Передачи

Цилиндрические передачи

- Прямозубые внешнего зацепления
- Прямозубые внутреннего зацепления
- Косозубые внешнего зацепления
- Косозубые внутреннего зацепления
- Шевронные

Конические передачи

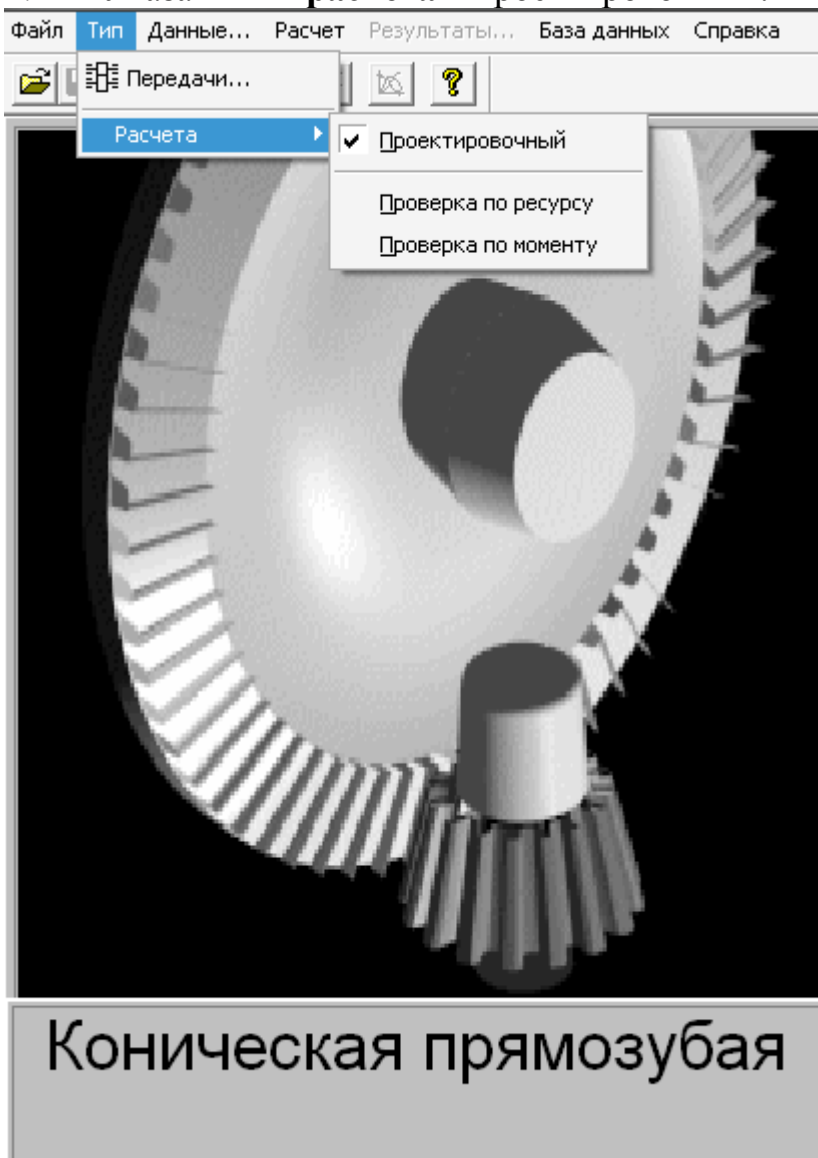
- С прямым зубом
- С круговым зубом

Ременные

- Плоскоременные
- Червячные
- Клиноременные
- Цепные

OK Отмена Справка

2. Указать тип расчета – проектировочный.



3. Установить стандарт – ГОСТ (меню «База данных» / «Установить стандарт»).

4. Задать основные исходные данные в полях ввода диалогового окна «Основные данные», (см. таблицу 2.1)

Основные параметры

Момент на ведомом валу [Нм]	280
Обороты ведомого вала [об/мин]	350
Передаточное число [-]	4
Ресурс передачи [час]	45000

Термообработка колес

Шестерни	Колеса
Закалка	Улучшение

Режим работы передачи

Тяжелый

Продолжить Прервать Справка Еще...

5. Нажав в нижней части диалогового окна «**Основные данные**» кнопку «**Ещё**», ввести в соответствующие поля ввода открывающегося диалогового окна «**Дополнительные данные**».

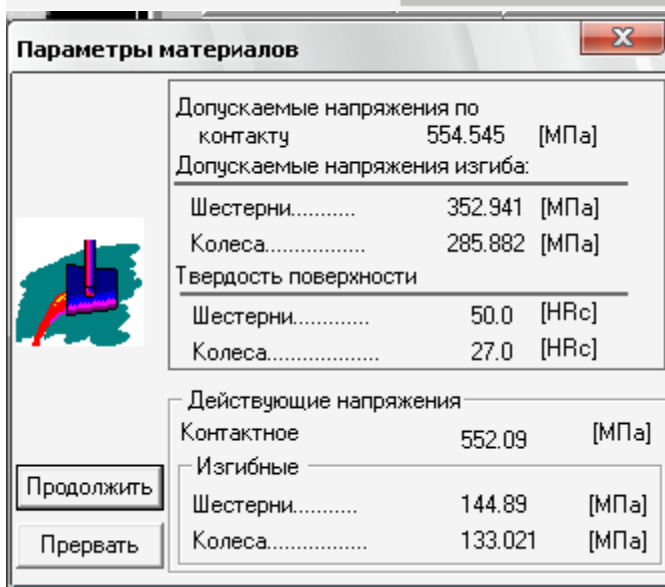
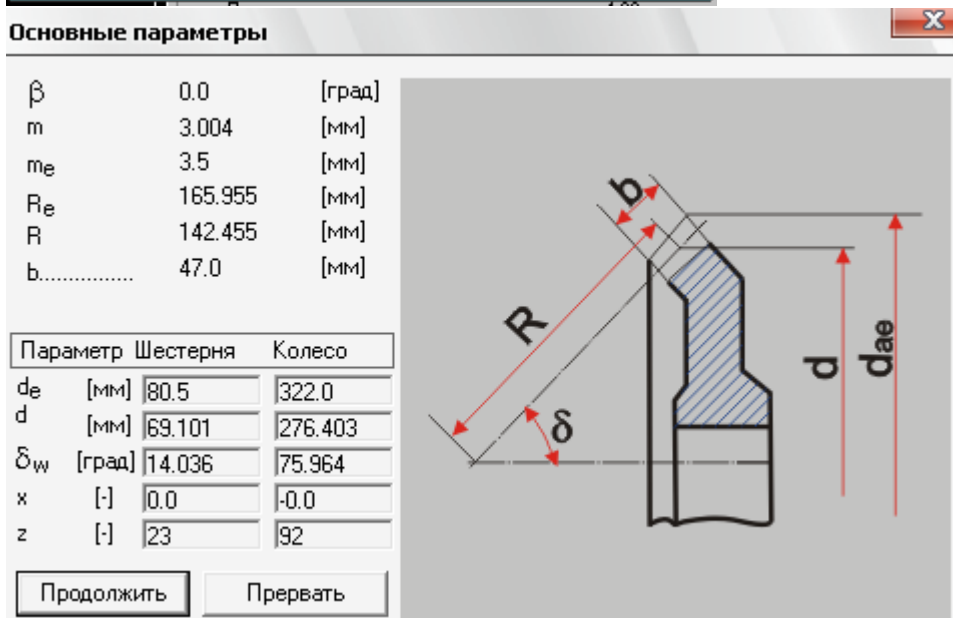
Для корректного проведения расчета необходимо указать точное значение твердости поверхности зубьев.

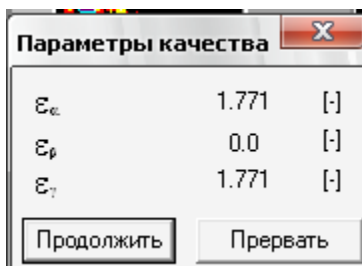
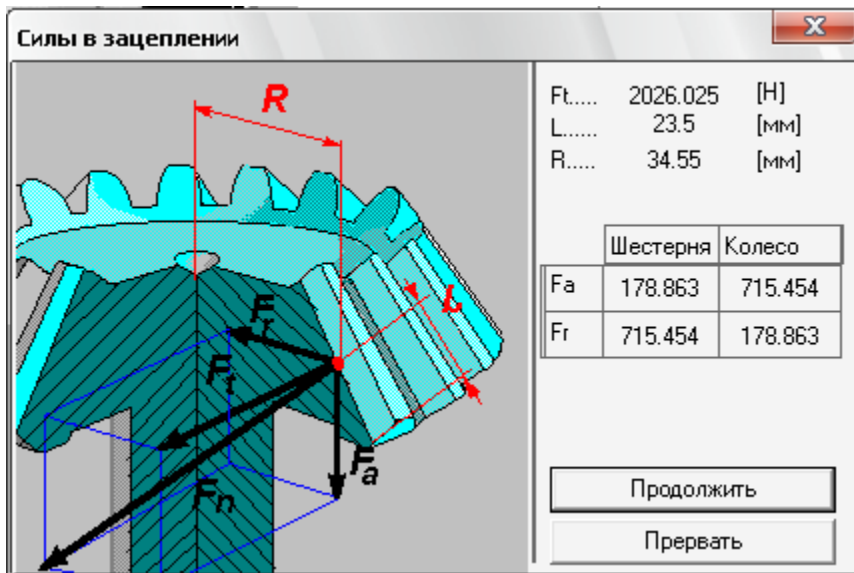
После нажатия кнопки «**Продолжить**» программа выдаст запросы о том, действительно ли коэффициент смещения шестерни  $x_1$  и коэффициент изменения толщины зуба  $x_t$  должны иметь нулевые значения. Следует ответить «**Да**», так как коэффициент изменения толщины зуба при проведении расчета не

учитывался, т.е. было принято  $x_t = 0$ .

6. Проверить установку параметров исходного контура (по умолчанию в меню «**База данных**» / «**Исходный контур**» установлен ГОСТ 13754-81 – исходный контур зубчатых конических колес с прямыми зубьями).

7. Произвести расчет передачи (пункт «Расчет» главного меню).
8. Открыть диалоговое окно «Результаты» и отметить флажками интересные результаты расчета.





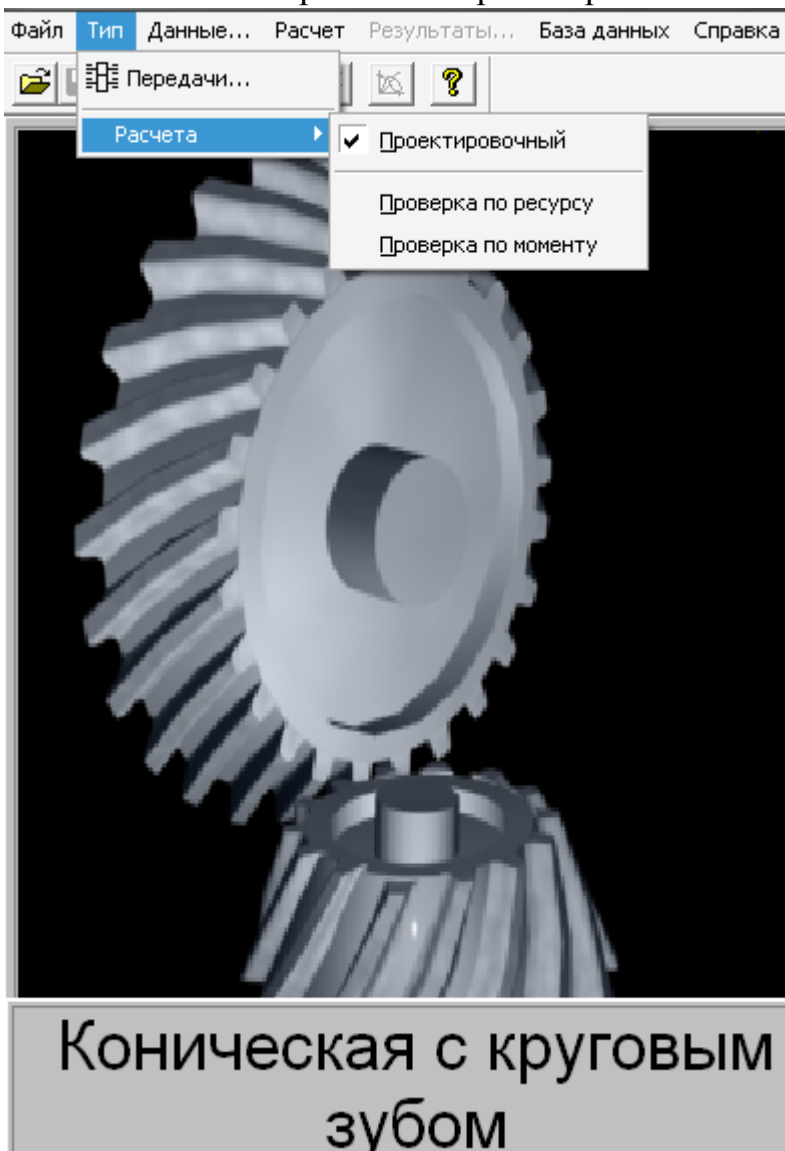
## 1.2 Расчет конической передачи с круговыми зубьями

Расчет передачи в программе APM Trans следует проводить следующим образом:

1. Выбрать тип передачи – коническая с круговыми зубьями.



2. Указать тип расчета – проектировочный.



3. Установить стандарт – ГОСТ (меню «База данных» / «Установить стандарт»).

4. Задать основные исходные данные в полях ввода диалогового окна «Основные данные». (см. таблицу 2.1)

Основные параметры

Момент на ведомом валу [Нм] 280

Обороты ведомого вала [об/мин] 350

Передаточное число [-] 4

Ресурс передачи [час] 45000

Термообработка колес

Шестерни Шестерни  
Колеса Колеса

Закалка Улучшение

Режим работы передачи

Тяжелый

Продолжить Прервать Справка Еще...

5. Нажав в нижней части диалогового окна «**Основные данные**» кнопку «**Ещё**», ввести в соответствующие поля ввода открывающегося диалогового окна «**Дополнительные данные**».

Дополнительные параметры

Угол наклона зуба [град] 0.0

Ширина шестерни [мм] 0.0

Внешний модуль [мм] 0.0

Задать материал шестерни Выбрать... Не выбран

Задать материал колеса Выбрать... Не выбран

Твердость поверхности зуба HRC

Шестерня 0.0 Колесо 0.0

Твердость сердцевины зуба HRC

Шестерня 0.0 Колесо 0.0

Тип опоры вала шестерни

Роликподшипник

Возможен реверс

Коэффициент смещения шестерни 0.0

Коэффициент изменения толщины зубьев шестерни 0.0

Параметры инструмента

Диаметр зуборезной головки, мм 0.0

Развод резцов зуборезной головки 0.0

**Дополнительные параметры** [X]

Угол наклона зуба [град] 0.0

Ширина шестерни [мм] 0.0

Внешний модуль [мм] 0.0

Задать материал шестерни  40X


Задать материал колеса  40X

Твердость поверхности зуба HRC

Шестерня 0.0 Колесо 0.0

Твердость сердцевины зуба HRC

Шестерня 0.0 Колесо 0.0

 Тип опоры вала шестерни  
Роликоподшипник

Возможен реверс

Коэффициент смещения шестерни 0.0

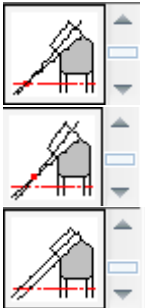
Коэффициент изменения толщины зубьев шестерни 0.0

Параметры инструмента

Диаметр зуборезной головки, мм 0.0

Развод резцов зуборезной головки 0.0

1. Выбрать осевую форму зуба.



2. Тип опоры вала шестерни.

Тип опоры вала шестерни

Шарикоподшипник

Не выбран

Шарикоподшипник

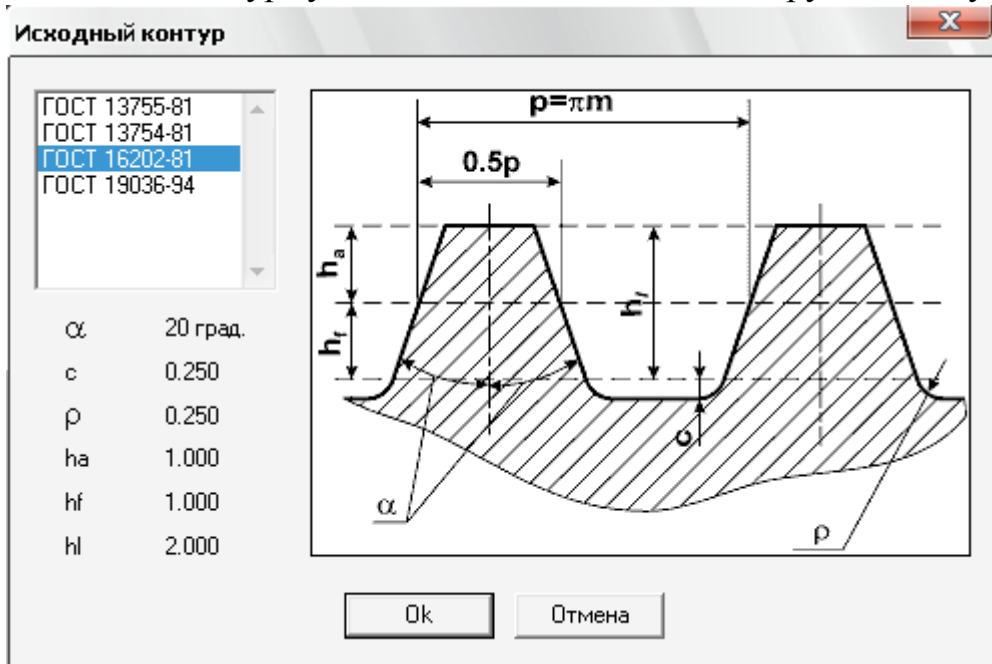
Роликоподшипник

3. Возможность реверса (да, нет).

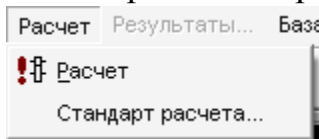
4. Для корректного проведения расчета необходимо указать точное значение твердости поверхности зубьев, использованное при расчете.

После нажатия кнопки «**Продолжить**» программа выдаст запросы о том, действительно ли коэффициент смещения шестерни  $x_1$  и коэффициент изменения толщины зуба  $x_t$  должны иметь нулевые значения. Следует ответить «**Да**», так как коэффициент изменения толщины зуба при проведении расчета не учитывался, т.е. было принято  $x_t = 0$ .

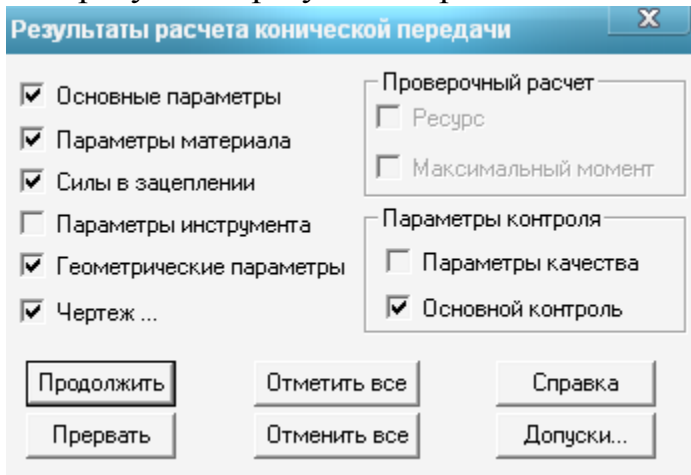
6. Проверить установку параметров исходного контура (по умолчанию в меню «База данных» / «Исходный контур» установлен ГОСТ 16202-81 – исходный контур зубчатых конических колес с круговыми зубьями).



7. Произвести расчет передачи (пункт «Расчет» главного меню).



8. Открыть диалоговое окно «Результаты» и отметить флажками интересные результаты расчета.



### Допуски

Минимальный возможный зазор [min, [мкм] 
 Максимально возможный зазор [max, [мкм]

Среднее конусное расстояние R, [мм]

Отклонение межосевого угла передачи E\_Sum\_g, [мкм] ± 
 Вид сопряжения

Класс отклонений межосевого расстояния 
 Класс точности

---

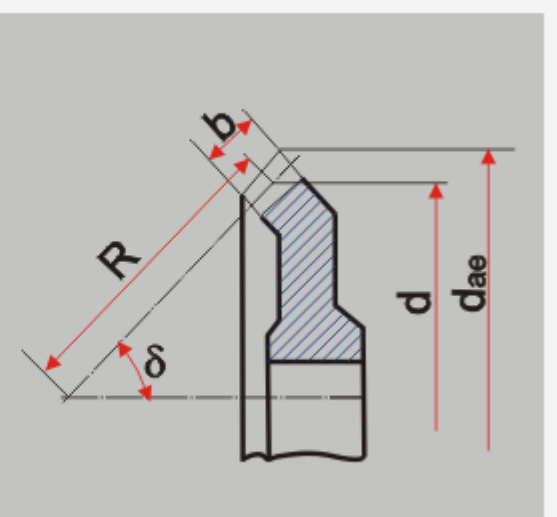
#### Допуски колеса и шестерни

	Обознач...	Размерн...	Шестерня	Колесо
Средний делительный диаметр	d	мм	57.799	231.194
Допуск на радиальное биение зубчатого венца	F <sub>r</sub>	мм	0.045	0.063
Наименьшее отклонение средней постоянной хорды зуба	E <sub>sc</sub>	мм	-0.044	-0.066
Допуск на среднюю постоянную хорду зуба	T <sub>sc</sub>	мм	0.065	0.090
Нижнее отклонение средней постоянной хорды зуба	EL <sub>Sc</sub>	мм	-0.109	-0.156
Верхнее отклонение средней постоянной хорды зуба	ES <sub>Sc</sub>	мм	-0.044	-0.066

### Основные параметры

$\beta$	35.0	[град]
$m_n$	2.813	[мм]
$m_e$	4.0	[мм]
$R_e$	123.693	[мм]
R	106.193	[мм]
b.....	35.0	[мм]

Параметр	Шестерня	Колесо
$d_e$ [мм]	<input type="text" value="60.0"/>	<input type="text" value="240.0"/>
d [мм]	<input type="text" value="51.511"/>	<input type="text" value="206.045"/>
$\delta_w$ [град]	<input type="text" value="14.036"/>	<input type="text" value="75.964"/>
$x_n$ [-]	<input type="text" value="0.0"/>	<input type="text" value="-0.0"/>
z [-]	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="60"/>



### Параметры материалов

Допускаемые напряжения по контакту 643.295 [МПа]

Допускаемые напряжения изгиба:

Шестерни.....	352.941 [МПа]
Колеса.....	285.882 [МПа]

Твердость поверхности

Шестерни.....	50.0 [HRc]
Колеса.....	27.0 [HRc]

Действующие напряжения

Контактное 576.798 [МПа]

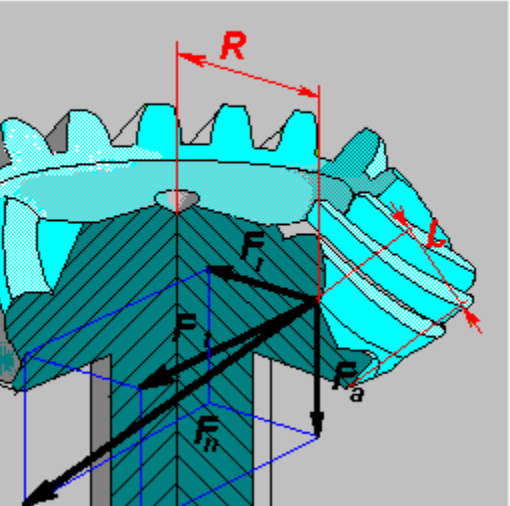
Изгибные

Шестерни.....	146.592 [МПа]
Колеса.....	138.492 [МПа]

Продолжить

Прервать

### Силы в зацеплении



Ft..... 2717.853 [Н]

L..... 17.5 [мм]

R..... 25.756 [мм]

Направление линии зуба

	Правое	Левое
Fa	2138.367	-1553.019
Fr	709.274	1632.12

Продолжить

Прервать

### Основные геометрические параметры

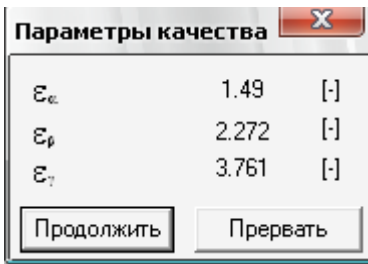
Параметры	Шестерня	Колесо
$d_{ae}$ [мм]	66.582	241.646
$h_{ae}$ [мм]	3.393	3.393
$h_{fe}$ [мм]	4.096	4.096
$h_e$ [мм]	7.488	7.488
$s_n$ [мм]	4.36	4.478
$\Theta_a$ [град]	1.896	1.896
$\Theta_f$ [град]	1.896	1.896
$\delta_a$ [град]	15.933	77.86
$\delta_f$ [град]	12.14	74.067
$B$ [мм]	119.177	26.709

Продолжить

Прервать



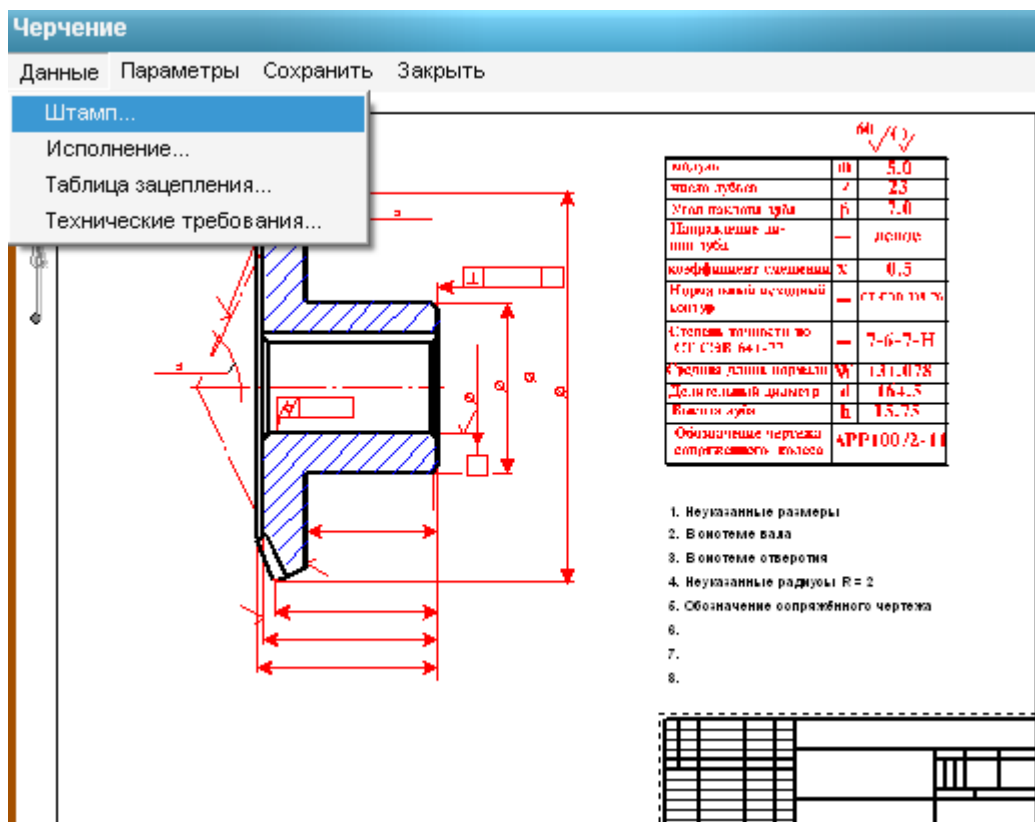
$h_e = h_{ae} + h_{fe}$



2. По результатам расчета заполнить таблицы для конической прямозубой передачи и для конической передачи с круговыми зубьями (для вариантов термообработки 1 и 2).

3. Сравнить результаты расчета, сделать выводы.

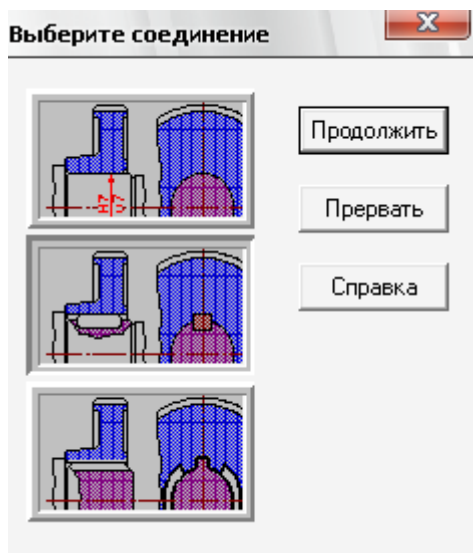
4. Подготовить и сохранить чертеж конического колеса, выбирая вкладки: «Чертеж» - «Данные»- «Штамп» - «Исполнение»- «Тип ступицы» - «Соединение»- «Размеры конструкции».



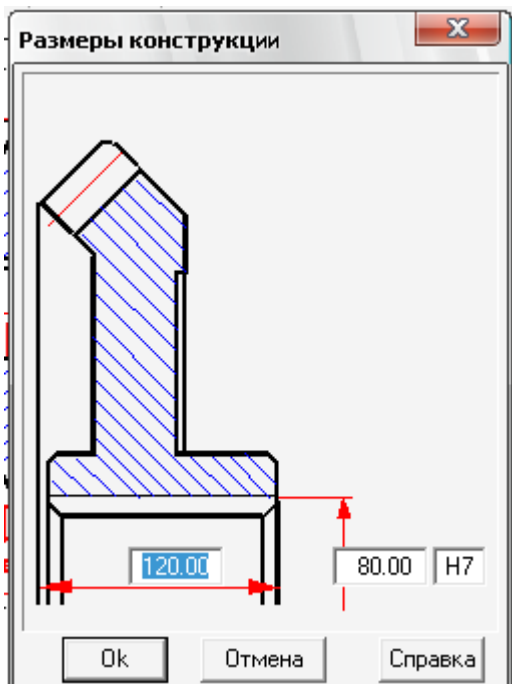
### 1. Заполнение штампа.

Двойным щелчком левой кнопкой мыши в области штампа чертежа (меню Данные/Штамп...) открываем диалоговое окно «Заполнение штампа», в полях ввода которого можно указать фамилии исполнителей и дату, а также выбрать масштаб чертежа, формат чертежа и т.п.-

2. При этом конструируя колесо самостоятельно выбрать исполнение, тип ступицы, вид соединения и размеры отдельных элементов.







**Рекомендации:** диаметр отверстия в ступице колеса  $d_{\text{вал}} = (6 \dots 7) \sqrt[3]{T_2}$ ; длина ступицы  $l_{\text{ст}} = (0,8 \dots 1,5) d_{\text{вал}}$

### 3. Задание параметров зацепления.

Двойной щелчок левой кнопкой мыши в области таблицы параметров (меню **Данные/Таблица зацепления...**) вызывает открытие диалогового окна «Таблица зацепления». Пользователь может изменить значения параметров, записанные в полях с белым фоном. Нажатием кнопки «**Контр. Параметры**» можно добавить в таблицу соответствующие контрольные параметры колеса.

модуль	m	5.0
число зубьев	z	23
Угол наклона зуба	$\beta$	35.0
Направление линии зуба	-	Левое
коэффициент смещения	$x$	0.5
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 16202-8
Степень точности по СТ СЭВ 186-75	-	7-6-7-Н
Условная длина паразита	$\Delta$	1.11078
Диаметр латунной проволоки	$d$	164.5
Высота зуба	$h$	15.75
Обозначение чертёжа сопряжённого колеса		APP100/2-11

1. Неуказанные размеры
2. В системе вала
3. В системе отверстия
4. Неуказанные радиусы R = 2
6. Обозначение сопряжённого чертёжа
- 7.
- 8.

зубоом

### Коническая передача

Внешний окружной модуль	$m_e$	4.500
Число зубьев	$z$	60
Тип зуба	-	Круговой
Средний угол наклона	$\beta_n$	35.000
Направление линии зуба	-	Левое
Исходный контур	-	ГОСТ 16202-8
Кoeffициент смещения	$x_n$	-0.000
Кoeffициент изменения толщины зуба	$x_t$	-0.000
Угол делительного конуса	$\delta$	75.964
Степень точности по СТ СЭВ 186-75	-	8-D
Средняя постоянная хорда зуба	$s_c$	4.454
Высота до постоянной хорды зуба	$h_c$	2.346
Обозначение сопр. чертёжа		00000.02/01

OK Отмена Контр. параметры...

Черчение  
Данные Параметры Сохранить Закрыть

Коническая с круговым зумом

модуль	m	5.0
число зубьев	z	23
Угол наклона зуба	$\beta$	35.0
Направление линии зуба	-	Левое
коэффициент смещения	$x$	0.5
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 16202-8
Степень точности по СТ СЭВ 186-75	-	7-6-7-Н
Условная длина паразита	$\Delta$	1.11078
Диаметр латунной проволоки	$d$	164.5
Высота зуба	$h$	15.75
Обозначение чертёжа сопряжённого колеса		APP100/2-11

1. Неуказанные размеры
2. В системе вала
3. В системе отверстия
4. Неуказанные радиусы R = 2
6. Обозначение сопряжённого чертёжа
- 7.
- 8.

### Коническая передача

Внешний окружной модуль	$m_e$	4.500
Число зубьев	$z$	60
Тип зуба	-	Круговой
Средний угол наклона	$\beta_n$	35.000
Направление линии зуба	-	Левое
Исходный контур	-	ГОСТ 16202-8
Кoeffициент смещения	$x_n$	-0.000
Кoeffициент изменения толщины зуба	$x_t$	-0.000
Угол делительного конуса	$\delta$	75.964
Степень точности по СТ СЭВ 186-75	-	8-D
Средняя постоянная хорда зуба	$s_c$	4.454
Высота до постоянной хорды зуба	$h_c$	2.346
Обозначение сопр. чертёжа		00000.02/01

OK Отмена Контр. параметры...

### Коническая передача - Дополнительно

<input type="checkbox"/>	Средний делит. диаметр	$d$	231.194
<input type="checkbox"/>	Межосевой угол передачи	$\Sigma$	90
<input type="checkbox"/>	Средний нормальный модуль	$m_n$	3.156
<input type="checkbox"/>	Внешнее конусное расстояние	$R_e$	139.155
<input type="checkbox"/>	Среднее конусное расстояние	$R$	119.155
<input type="checkbox"/>	Угол конуса впадин	$\delta_f$	74.067
<input type="checkbox"/>	Внешняя высота зуба	$h_e$	8.426
<input type="checkbox"/>	Кoeffициент осевого перекрытия	$\epsilon_d$	2.314

OK Отмена

Коническая передача - Дополнительно		
<input type="checkbox"/>	Средний делит. диаметр	d 231.194
<input type="checkbox"/>	Межосевой угол передачи	$\Sigma$ 90
<input type="checkbox"/>	Средний нормальный модуль	$m_n$ 3.156
<input type="checkbox"/>	Внешнее конусное расстояние	$R_e$ 139.155
<input type="checkbox"/>	Среднее конусное расстояние	R 119.155
<input type="checkbox"/>	Угол конуса впадин	$\delta_f$ 74.067
<input type="checkbox"/>	Внешняя высота зуба	$h_e$ 8.426
<input type="checkbox"/>	Коэффициент осевого перекрытия	$\epsilon_{\beta}$ 2.314

OK Отмена

#### 4. Задание технических требований.

Двойной щелчок левой кнопкой мыши в области списка с техническими требованиями (меню **Данные/Технические требования...**) вызывает открытие диалогового окна **«Технические требования»**. Пользователь может изменить параметры, записанные в полях с белым фоном.

Технические требования	
1. *Размеры для справок	
2. Твердость поверхности зуба	18.00 HRc
3. Радиусы скругления R =	3.00 мм.
4. Неуказанные предельные отклонения:	
Валов	h11
Отверстий:	H11
Остальных:	IT11/2

OK Отмена

#### 5. Сохранение чертежа.

Для завершения генерации чертежа необходимо в окне **«Черчение»** (меню **Сохранить...**) сохранить этот чертеж как файл с расширением **\*.agr**. После этого произойдет запуск плоского графического редактора **APM Graph**, в окне которого и будет показан чертеж рассчитанного зубчатого колеса.



Момент вращения на ведомом валу $T_2$ , Нм	
Частота вращения ведомого вала $n_2$ , мин <sup>-1</sup>	
Передаточное число $u$	
Ресурс $L_h$ , час	

## 2. Результаты расчета конической прямозубой передачи в АРМ Trans

Описание	Символ единицы	1 вариант т.о		2 вариант т.о	
		Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Число зубьев	$z$				
Внешний делительный диаметр	$d_e$ , мм				
Угол делительного конуса	$\delta$				
Внешний окружной модуль	$m_e$ , мм				
Внешнее конусное расстояние	$R_e$ , мм				
Ширина зубчатого венца	$b$ , мм				
Допускаемые напряжения изгиба	$[\sigma_F]$ , МПа				
Допускаемые контактные напряжения	$[\sigma_H]$ , МПа				
Твердость рабочих поверхностей	- , HRC				
Действующие напряжения изгиба	$\sigma_F$ , МПа				
Действующие контактные напряжения	$\sigma_H$ , МПа				
Тангенциальная сила	$F_t$ , Н				
Радиальная сила	$F_r$ , Н				
Осевая сила	$F_a$ , Н				

### 3. Заданные параметры расчета конической передачи с круговыми зубьями в APM Trans

Передача:

*Коническая с круговыми зубьями*

Тип расчета:

*проектировочный*

#### Основные данные

Стандарт	ГОСТ	
Исходный контур	ГОСТ 16202-81	
Рабочий режим передачи		
Термообработка колес	1	2
Шестерня		
Колесо		
Тип опоры вала шестерни		
Возможен реверс (да/нет)		
Момент вращения на ведомом валу $T_2$ , Нм		
Частота вращения ведомого вала $n_2$ , мин <sup>-1</sup>		
Передаточное число $u$		
Ресурс $L_h$ , час		

### 4. Результаты расчета конической передачи с круговыми зубьями в APM Trans

Описание	Символ единицы	1 вариант т.о		2 вариант т.о	
		Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Число зубьев	$z$				
Внешний делительный диаметр	$d_e$ , мм				
Угол делительного конуса	$\delta$				
Внешний окружной модуль	$m_e$ , мм				
Внешнее конусное расстояние	$R_e$ , мм				
Ширина зубчатого венца	$b$ , мм				
Допускаемые напряжения изгиба	$[\sigma_F]$ , МПа				
Допускаемые контактные напряжения	$[\sigma_H]$ , МПа				

Твердость рабочих поверхностей	- , HRC				
Действующие напряжения изгиба	$\sigma_F$ , МПа				
Действующие контактные напряжения	$\sigma_H$ , МПа				
Тангенциальная сила	$F_t$ , Н				
Радиальная сила	$F_r$ , Н				
Осевая сила	$F_a$ , Н				

**5. Сравнить результаты расчета, сделать выводы.**

**6. Подготовить и сохранить чертеж конического колеса**

**5. Ответить на контрольные вопросы.**

#### **Контрольные вопросы:**

1. Как влияет вид зубьев на размеры передачи и на коэффициент перекрытия?
2. Как влияет твердость материала зубчатых колес на размеры передачи?
3. Как изменяются параметры передачи при учете возможности реверса?
4. Влияет ли на параметры передачи вид используемых подшипников?
5. В каких случаях применяют конические зубчатые передачи?
6. Какими достоинствами обладают конические колеса с круговыми зубьями по сравнению с прямозубыми?
7. Является ли модуль зацепления постоянной величиной для конических зубчатых колес?
8. По какому сечению зуба производят расчет на изгиб конических колес? Какой модуль характеризует размеры этого сечения?
9. Как направлены осевые силы, действующие в зацеплении конических передач?
10. Что понимают под эквивалентным цилиндрическим колесом?
11. Что такое осевая форма зубьев конических колес?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

### Расчет червячных передач

**Цель работы:** научиться рассчитывать червячную передачу в APM Trans, оценивать полученные результаты, выполнять рабочий чертеж червячного колеса и червяка.

**Задание:** Задание: рассчитать червячную передачу, подготовить рабочий чертеж червячного колеса и червяка.

**Варианты исходных данных**

Таблица 3.1

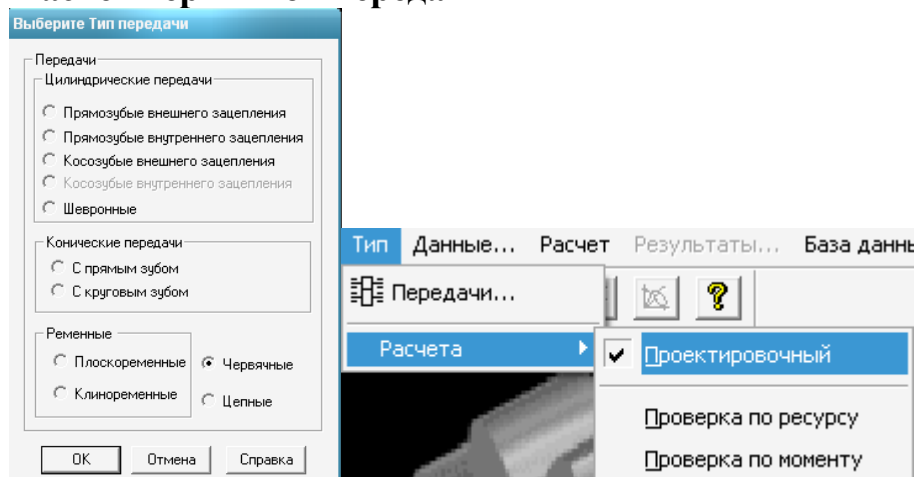
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$T_2, \text{Н}\cdot\text{М}$	250	200	280	380	490	580	420	500	620	800	680	540	390	780
$n_2, \text{об/мин}$	180	50	100	80	80	50	70	40	20	40	27	50	42	30
$u$	16	20	25	28	31,5	35,5	40	45	50	40	31,5	28	25	40
Срок службы, тыс. час	15	18	20	15	20	12	20	15	20	15	16	14	12	15
Режим работы	тяж	пост	Сред. вер	Сред. норм	легк	тяж	пост	Сред. вер	Сред. норм	легк	тяж	тяж	пост	Сред. вер

### Теоретическая часть

Общие сведения. Основные геометрические параметры червячной передачи с цилиндрическим червяком. Кинематика червячных передач. Силы в червячном зацеплении. Коэффициент полезного действия червячной передачи. Критерии работоспособности и расчеты червячных передач. [APM Book глава 7.3 Червячные передачи]

### Порядок выполнения

#### Расчет червячной передачи



Расчет червячной передачи в модуле APM Trans начинается:



1. С задания основных параметров (см. табл. 3.1), которые вводятся с помощью диалогового окна «**Основные данные**».

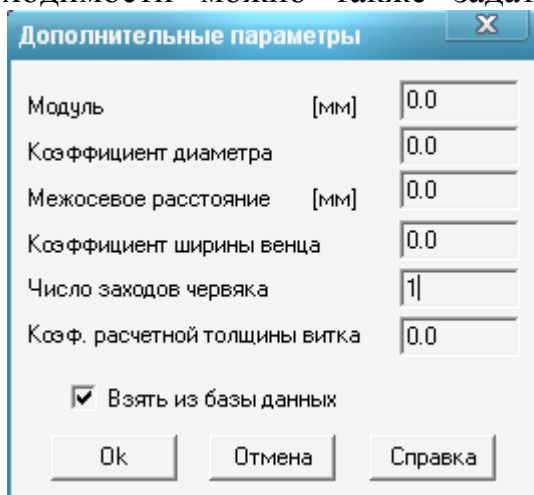
2. Материал червячного колеса рекомендуется выбрать по ожидаемой скорости скольжения

$$V_s = 0.45 \cdot 10^{-3} \cdot n_2 \cdot u \cdot \sqrt[3]{T_2}$$

При скорости до 2 м/с рекомендуется использовать серый чугун, от 2 до 5 м/с - алюминиево-железистая бронза или латунь, при скорости более 4...5 м/с - оловянно-фосфорная или оловянно-цинковая бронза.

Обозначение	Плотность	Модуль Юнга	Коэффициент Пуассона
БрОЗЦ12С5	8690.000	84000.000	0.350
БрОЗЦ12С5	8690.000	8400.000	0.350
БрОЗЦ7С5Н1	8700.000	90000.000	0.350
БрОЗЦ7С5Н1	8700.000	90000.000	0.350
БрО4Ц7С5	8900.000	84000.000	0.350
БрО4Ц7С5	8900.000	100940.000	0.350
БрО4Ц14С17	9100.000	100940.000	0.350

При необходимости можно также задать дополнительные данные

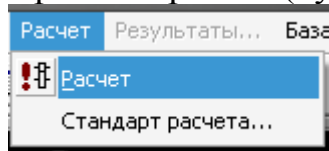


(кнопка «Ещё»), среди которых:

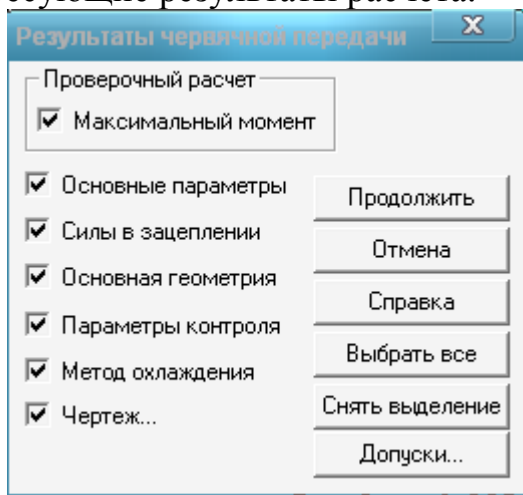
- модуль  $m$ ;
- коэффициент диаметра  $q$ ;
- межосевое расстояние  $a$ ;
- коэффициент ширины венца;
- число заходов червяка  $z$ .

Для расчета заданной передачи достаточно указать лишь основные параметры. В списке дополнительных параметров можно включить флажок «Взять из базы данных», определив тем самым выбор геометрических параметров передачи из базы рекомендованных значений.

### 3. Провести расчет (пункт «Расчет» главного меню).



Открыть диалоговое окно «Результаты» и отметить флажками интересующие результаты расчета.



### Допуски

Класс точности  Вид сопряжения

Минимальный возможный зазор  $l_{min}$ , [мкм]

Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде  $E_{cs}$ , [мм]

Допуск на толщину витка  $T_{cs}$ , [мм]

Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде  $ES_{cs}$ , [мм]

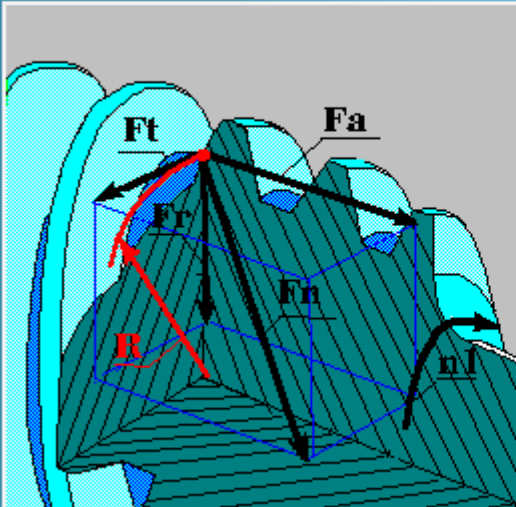
Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде  $EI_{cs}$ , [мм]

Допуск на радиальное биение  $F_r$ , [мм]

### Результаты

Геометрические параметры			Параметры работы		
$a_w$ .....	180.0	[мм]	$P$ .....	3.371	[кВт]
$m$ .....	4.0	[мм]	$\eta$ .....	0.727	[-]
$q$ .....	16.0	[-]			
$x$ .....	0.5	[-]			
Число зубьев колеса			73		[-]
Число заходов червяка			1		[-]

### Результаты



	Червяк	Колесо	
$F_a$	5342.466	459.399	[Н]
$F_r$	1951.153	1951.153	[Н]
$F_t$	459.399	5342.466	[Н]
$R$	34.0	146.0	[мм]

**Результаты**

$\gamma$ .....	3.576	[град]
$\gamma_w$ .....	3.366	[град]
$d_w1$ .....	68.0	[мм]
$d_{am2}$ .....	312.0	[мм]
$h_1$ .....	8.8	[мм]
$h_{a1}$ .....	4.0	[мм]
$\rho_{f1}$ .....	1.2	[мм]
$r$ .....	28.0	[мм]

Параметр	Червяк	Колесо
$d$ [мм]	64.0	292.0
$d_a$ [мм]	72.0	304.0
$d_f$ [мм]	54.4	286.4
$b$ [мм]	120.105	60.0

Продолжить    Прервать

**Результаты (Параметры контроля)**

Положение профилей		
$r_{...}$	12.566	[мм]
$r_{z...}$	12.566	[мм]
По хорде		
$s_a$ .....	6.271	[мм]
$h_a$ .....	4.001	[мм]
По роликам		
$D_r$ .....	6.587	[мм]
$M$ .....	72.617	[мм]
$\varepsilon_s$ .....	1.808	[-]

Продолжить    Прервать

**Охлаждение червячной передачи**

Требуется вентилятор

Ok

2. Заполнить таблицы результатов расчета передачи.

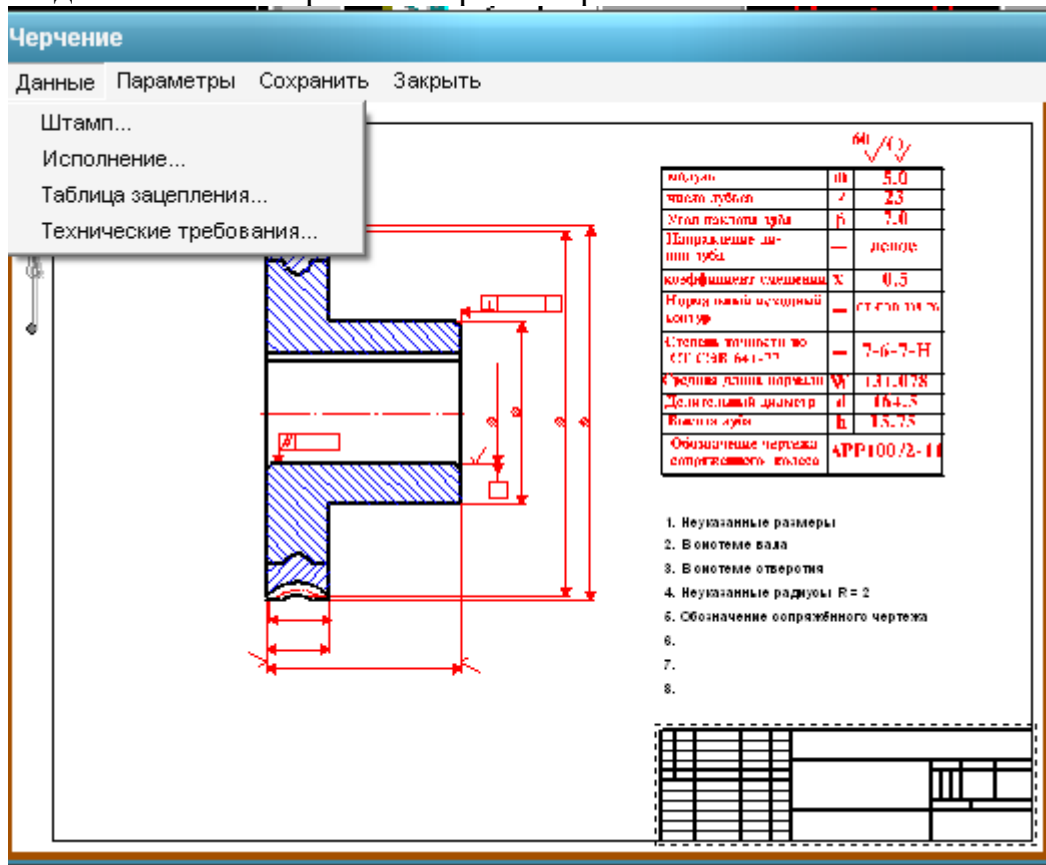
3. Определить расчетную скорость скольжения и проверить правильность использования материала червячного колеса, выяснить необходимость охлаждения.

$$v_s = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000 \cdot \cos \gamma_w}$$

При необходимости сменить материал колеса и повторить расчет.

**4. Подготовить рабочий чертеж червячного колеса и червяка, сохранить в своей папке.**

Подготовить и сохранить чертеж червячного колеса



выбирая вкладки: «Чертеж» - «Данные»- «Штамп» - «Исполнение»- «Тип ступицы» «Выберите конструкцию зубчатого венца»- «Соединение»- «Размеры конструкции».

При этом конструируя колесо самостоятельно выбрать исполнение, тип ступицы, вид соединения и размеры отдельных элементов.

**Рекомендации:** диаметр отверстия в ступице колеса  $d_{вал} = (6...7) \sqrt[3]{T_2}$  ; длина ступицы  $l_{ст} = (1,0...1,8) d_{вал}$ , число отверстий на диске 2, 3,4,6.

параметры Сохранить Закрыть

### Выберите тип ступицы

Ок Прервать Справка

Обозначение чертежа сопряженного вала	APP100/2-11
Коэффициент диаметра шпindel	1.31.078
Номинальный диаметр	d 164.25
Диаметр отверстия	D 15.75

1. Неуказанные размеры
2. В системе вала
3. В системе отверстия
4. Неуказанные радиусы R = 2
5. Обозначение сопряженного чертежа
- 6.
- 7.
- 8.

Межосевое расстояние  
Коефф. диаметра че

### Выберите конструкцию

Продолжить  
Отмена  
Справка

### Выберите соединение

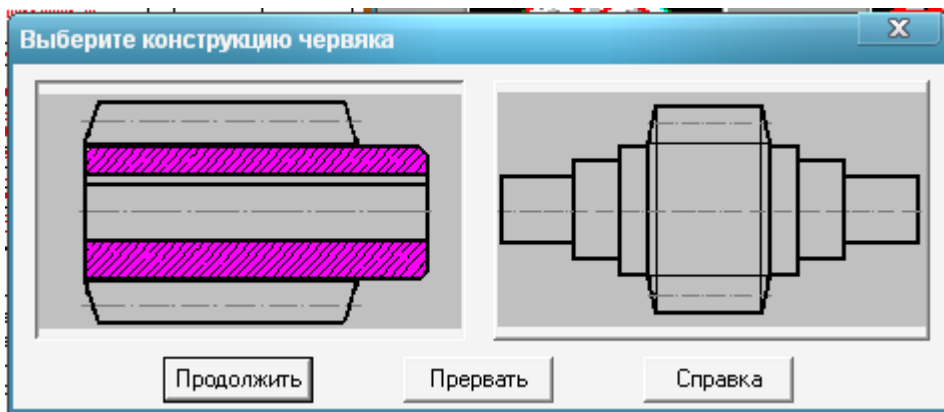
Продолжить  
Прервать  
Справка

### Размеры конструкции

60.00  
80.00  
60.00 H7  
4 Отв.

Ок Отмена Справка





Модуль	m	4.00
Число зубьев	z	73
Направление зубьев	-	Винтовой
Нормальный исх. контур	-	ГОСТ 19036-8
Коэффициент смещения	x	0.50
Степень точности	-	8-D
Межосевое расстояние	-	180.000
Делительный диаметр	d	292.0000
Тип сопряженного червяка		ZN1
Число заходов червяка	$z^{**}$	1
Обозначение сопр. чертежа		00000.02/01

1. *Размеры для справок			
2. Твердость поверхности зуба	18.00 HRc		
3. Радиусы скругления R =	3.00 мм.		
4. Неуказанные предельные отклонения:			
Валов	h11	Отверстий:	H11
Остальных:	IT11/2		

## 5. Ответить на контрольные вопросы

### Форма отчета

#### 1. Заданные параметры:

Передача: *Червячная*

Тип расчета: *проектировочный*

#### Основные данные

Момент вращения на ведомом валу $T_2$ , Нм	
Частота вращения ведомого вала $n_2$ , мин <sup>-1</sup>	
Передаточное число $i$	
Возможен реверс (да/нет)	
Ресурс $L_h$ , час	
Рабочий режим передачи	
Скорость скольжения $v_s$ , м/с	
Материал венца колеса	



## 2. Результаты APM Trans

### Общие параметры

Описание	Символ, единицы	Червяк	Колесо
Число зубьев (заходов)	$z$		
Межосевое расстояние	$a_w$ , мм		
Модуль	$m$ , мм		
Коэффициент диаметра	$q$		-
Коэффициент смещения	$x$		
Мощность на червяке	$P$ , кВт		
КПД передачи	$\eta$		

### Силы

Описание	Символ, единицы	Червяк	Колесо
Тангенциальная сила	$F_t$ , Н		
Радиальная сила	$F_r$ , Н		
Осевая сила	$F_a$ , Н		

### Геометрические параметры

Описание	Символ, единицы	Червяка	Колесо
Делительный угол подъема витков	$\gamma$ , град		
Начальный угол подъема витков	$\gamma_w$ , град		
Делительный диаметр	$d$ , мм		
Начальный диаметр	$d_{w1}$ , мм		
Высота витка червяка	$h_1$ , мм		
Высота головки витка червяка	$h_{a1}$ , мм		
Диаметр вершин	$d_a$ , мм		
Наибольший диаметр червячного колеса	$d_{wM2}$ , мм		
Радиус кривизны переходной кривой червяка	$\rho_{f1}$ , мм		
Длина нарезанной части червяка	$b_1$ , мм		
Ширина венца червячного колеса	$b_2$ , мм		
Радиус выемки поверхности вершин зубьев червячного колеса	$r$ , мм		
Диаметр впадин	$d_f$ , мм		

### 3. Расчетная скорость скольжения:

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60000 \cdot \cos \gamma_w}$$

### 4. Заключение о нагреве передачи, необходимости и способе охлаждения.

### 5. Подготовить рабочий чертеж червячного колеса и червяка, сохранить в своей папке.

Подготовить и сохранить чертеж червячного колеса, выбирая вкладки: «Чертеж» - «Данные»- «Штамп» - «Исполнение»- «Тип ступицы» «Выберите конструкцию зубчатого венца»- «Соединение»- «Размеры конструкции».

- диаметр отверстия в ступице колеса  $d_{\text{вал}} = (6 \dots 7) \sqrt[3]{T_2} =$

- длина ступицы  $l_{\text{ст}} = (1,0 \dots 1,8) d_{\text{вал}} =$   
число отверстий на диске 2, 3, 4, 6.

### 6. Ответить на контрольные вопросы

#### Контрольные вопросы

1. Почему червячные передачи не рекомендуют применять при больших мощностях?
2. Из каких соображений выбирают число заходов червяка?
3. Из каких материалов изготавливают червяки и зубчатые венцы червячных колес? Какие факторы определяют выбор материала?
4. Как вычисляют КПД червячной передачи?
5. В чем сущность теплового расчета червячной передачи?
6. Назовите способы охлаждения червячных передач?

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

### Расчет ременных передач

**Цель работы:** Научиться рассчитывать передачу в APM Trans, оценивать полученные результаты, выполнять рабочий чертеж шкива.

**Задание:** рассчитать клиноременную передачу, выбрать несколько вариантов, для одного из вариантов, обосновав свой выбор, подготовить рабочий чертеж шкива.

**Варианты исходных данных**

Таблица 4.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$P_{1, кВт}$	1.	2.5	3.5	4.5	5.5	6.	7.	8.5	10	12	14	17	20	24
	5					5	5							
$n_1, об/ми$	950	145	285	145	960	72	94	145	285	145	950	145	287	144
$n$		0	0	0		0	0	0	0	0		0	0	0
$u$	2,5	2,8	3,15	3,55	2,2	2,5	2,8	3,15	3,55	4	3,1	2,8	2,5	2
					4						5			
$K_d$	1.2	1.4	1.1	1.3	1.5	1.6	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	1	1.5	1.3

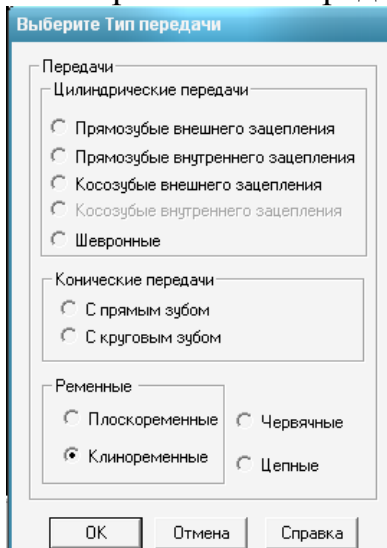
### Теоретическая часть

Общие сведения. Кинематика передачи и скольжение ремня. Напряженное состояние ремня передачи. Геометрические соотношения в ременных передачах. Силы, действующие на валы ременных передач. Расчет клиноременной передачи. [APM Book глава 8.1 Ременные передачи]

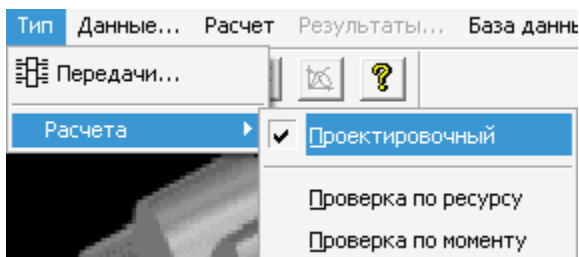
### Порядок выполнения

**1. Расчет ременной передачи** в модуле APM Trans начинается:

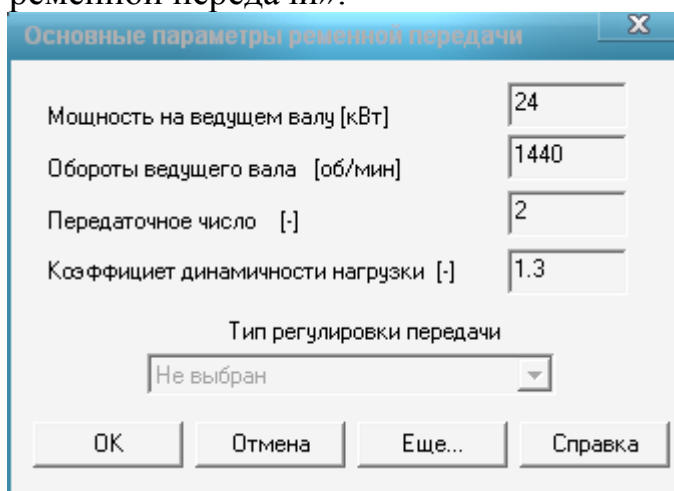
1. Выбрать «Тип передачи» - (клиноременная)



#### 4. «Тип расчета» -(проектировочный)



5. Задать основные параметры передачи по заданному варианту (табл.4.1). Диалоговое окно «Данные» - «Основные параметры ременной передачи»:



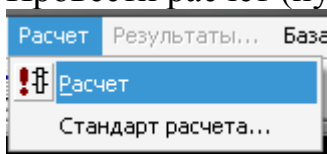
- мощность на ведущем валу;
- число оборотов ведущего вала;
- передаточное число;
- коэффициент динамичности нагрузки.

Характер нагрузки	Рекомендуемые значения коэффициента динамичности нагрузки
Спокойная. Пусковая до 120 % нормальной	1
Умеренные колебания.	1,1...1,2
Пусковая до 150% нормальной	1,25...1,4
Значительные колебания. Пусковая до 200% нормальной	1,1...1,2
Ударная. Пусковая до 300% нормальной	1,5...1,6

Нажав в нижней части диалогового окна «**Основные данные**» кнопку «Ещё», ввести в соответствующие поля ввода открывающегося диалогового окна «**Дополнительные данные**»

необходимые значения (число ремней, угол наклона передачи, межосевое расстояние). По умолчанию максимально допустимое число ремней – 12, расположение передачи – горизонтальное.

6. Провести расчет (пункт «**Расчет**» главного меню).



В качестве результатов программа выводит таблицу с различными вариантами размеров поперечных сечений ремней и диаметров ведущего шкива. Количество расчетных вариантов можно сократить, вводя ограничения на число ремней.

**2. Результаты расчета клиноременной передачи.**

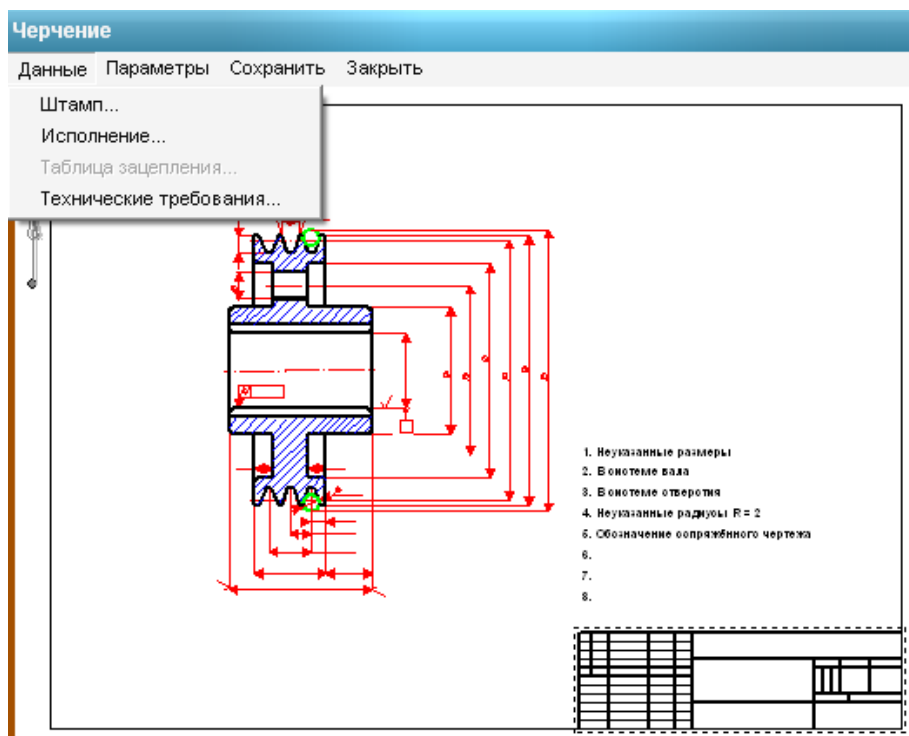
Заполнить таблицу результатов расчета :

Номер, сечение, число ремней, диаметр ведущего шкива, диаметр ведомого шкива, длина ремня, передаточное отношение, межосевое расстояние, сила предварительного натяжения ремня, сила действующая на вал, ширина сечения, высота сечения (выпишите 3, 4 варианта с разными сечениями ремня: учитывая число ремней, диаметры шкивов, передаточное отношение, силы действующие на вал)

Номер	Сечение	Число ремней	Диаметр веду...	Диаметр ведо...
0	A	6	400.000	800.000
1	A	6	425.000	850.000
2	A	6	450.000	900.000
3	A	6	475.000	950.000
4	B	6	224.000	450.000
5	B	5	250.000	500.000
6	B	5	280.000	560.000
7	B	4	320.000	630.000
8	B	4	360.000	710.000
9	B	4	400.000	800.000
10	B	4	425.000	850.000
11	B	4	450.000	900.000

3. Выбрать один из вариантов, сохранить результаты расчета.

4. Подготовить и сохранить чертеж ведомого шкива,



выбирая вкладки:

«Чертеж» - «Данные»- «Штамп» - «Исполнение»- «Тип ступицы» - «Соединение»- «Размеры конструкции».

При этом конструируя шкив самостоятельно выбрать исполнение, тип ступицы, вид соединения и размеры отдельных элементов.

Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата
Разраб.		Петров И.		14.12.10
Пров.		Алтухов С.В.		14.12.10
Т.контр.				14.12.10
Н. контр.				14.12.10
Утв.				14.12.10

03.12.02-10

ведомый шкив

Лиг.    Масса     Масштаб

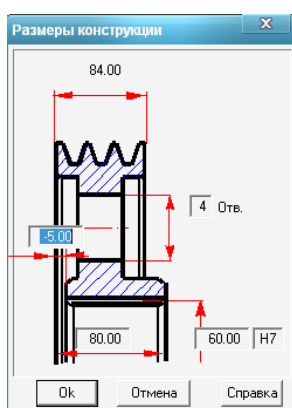
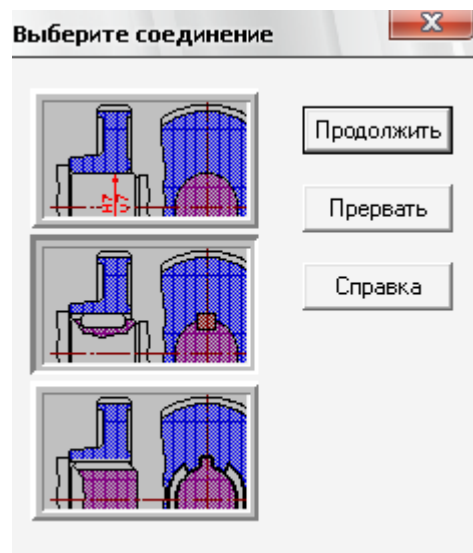
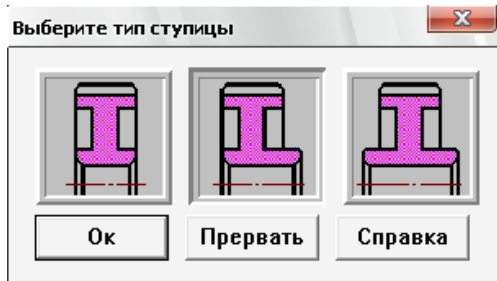
Увеличение

Лист 1    Листов 1

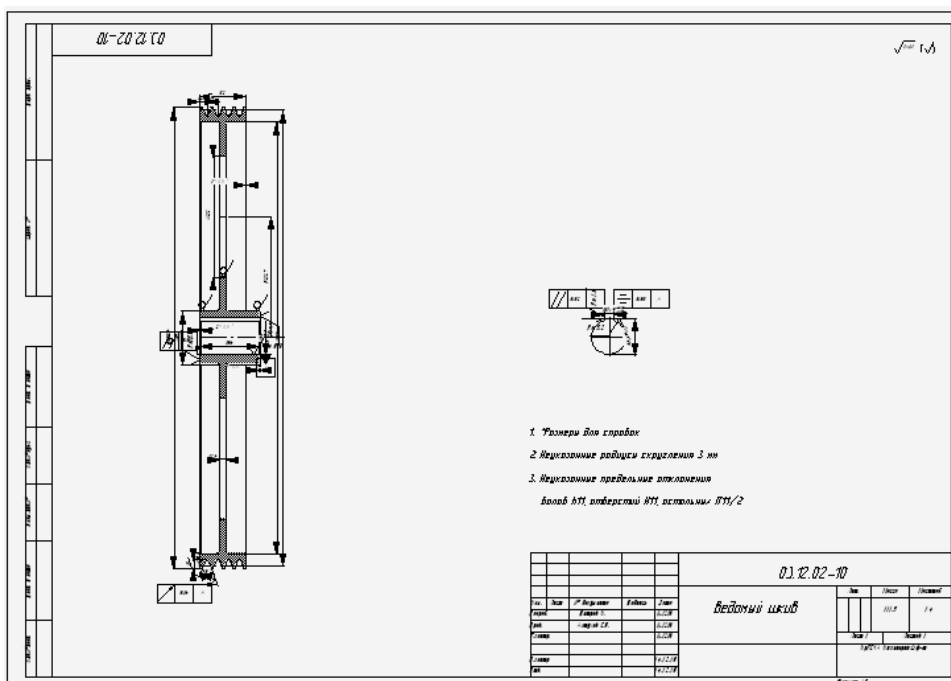
ИрГСХА Инженерный Ф-т

Формат A0

Ok    Отмена    Справка



**Рекомендации:** диаметр отверстия в ступице  $d_{\text{вал}} = (7 \dots 8) \sqrt[3]{T_2}$ ; длина ступицы  $l_{\text{ст}} = (0,8 \dots 1,5) d_{\text{вал}}$ , число отверстий на диске 2, 3, 4, 6.



## 5. Ответить на контрольные вопросы

## Форма отчета

### 1. Заданные параметры

Передача: *клиноременная*

Тип расчета: *проектировочный*

#### Основные данные:

Тип натяжного устройства	
Мощность передачи $P_1$ , кВт	
Частота вращения ведущего вала $n_1$ , мин <sup>-1</sup>	
Передаточное число $u$	
Коэффициент динамичности нагрузки $K_d$	
Максимально допустимое количество ремней $z$	

#### Дополнительные данные

Межосевое расстояние $a$ , мм	
-------------------------------	--

### 7. Результаты расчета АРМ Trans

№	сечение	$Z$	$d_1$ , (мм)	$d_2$ , (мм) <sub>2</sub>	$L$ , (мм)	$u$	$a$ , (мм)	$F_0$ , (Н)	$F_p$ , (Н)	$b_0$ , (мм)	$h$ , (мм)	$V$ , (м/с)

$d_1, d_2$  - диаметры ведущего, ведомого шкивов;  $L$  - длина ремня;  $F_0$  - сила предварительного натяжения;  $F_p$  - сила, действующая на вал;  $b_0$  - ширина ремня;  $h$  - высота ремня

$$V = \frac{\pi d_1 n_1}{6 \cdot 10^4}, \text{ м/с} - \text{ скорость ремня.}$$

**3. Выбрать один из вариантов, сохранить результаты расчета**

**4. Подготовить и сохранить чертеж ведомого (ведущего) шкива**

**5. Ответить на контрольные вопросы**

#### Контрольные вопросы

1. Какова конструкция клинового ремня?
2. Какие бывают клиновые ремни по сечению?
3. Какие различают типоразмеры клиновых ремней?
4. Назовите основные геометрические размеры, описывающие ременную передачу?
5. Из каких материалов изготавливают шкивы клиноременных передач? От чего зависит выбор материала?
6. Какие применяются способы натяжения ремней?
7. Почему ограничивают число ремней в комплекте?
8. Почему передаточное отношение ременной передачи непостоянно?
9. Что такое тяговая способность ременной передачи?
10. В чем сущность усталостного разрушения ремней?
11. От чего зависит срок службы ремней?



## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 5

### Расчет цепных передач

**Цель работы:** научиться рассчитывать передачу в АРМ Trans, оценивать полученные результаты, выполнять рабочий чертеж звездочки.

**Задание:** рассчитать цепную передачу роликовой цепью, подготовить рабочий чертеж звездочки, недостающие данные принять самостоятельно.

**Варианты исходных данных**

Таблица 5.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$T_1$	30	70	100	12	15	17	28	35	405	51	62	73	850	95
$H^*_{\text{м}}$				0	0	5	5	0		5	5	5		0
$n_1, \text{об/м}$	150	20	250	300	450	500	395	245	200	140	105	160	280	340
$и$		0												
$u$	2,5	2,8	3,0	3,5	2,4	2,5	2,8	3,2	3,8	4	3,4	2,8	4,5	4
Срок службы, тыс. час	5	6	7	8	9	10	8	5	3	6	8	10	9	7
Режим работы	Пла в.	С п.	Сред. уда р.	Лег. уда р.	Пла в.	Тяж. уда р.	Сред. уда р.	Лег. уда р.	Пла в.	Тяж. уда р.	Сред. уда р.	Лег. уда р.	Пла в.	Тяж. уда р.

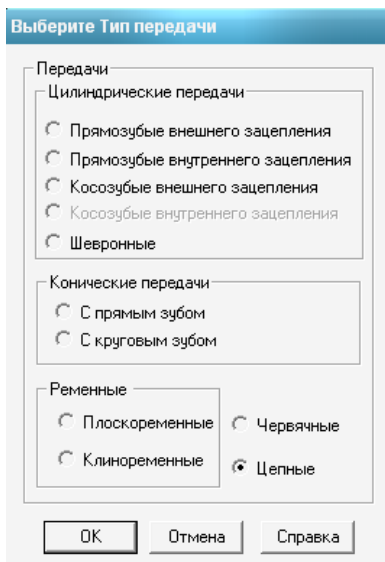
### Теоретическая часть

Общие сведения. Кинематика цепной передачи. Геометрические параметры цепных передач. Основные энергетические и силовые характеристики цепных передач. Причины потери работоспособности цепных передач и методы их проектировочного расчета. [АРМ Book глава 8.2 Цепные передачи]

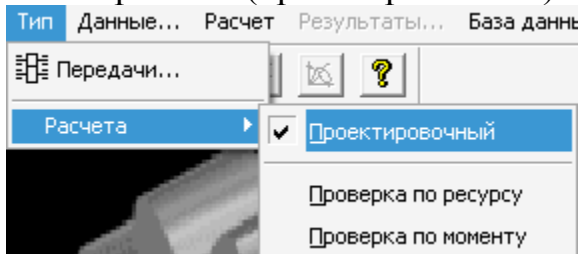
### Порядок выполнения

**1. Расчет цепной передачи** в модуле АРМ Trans начинается:

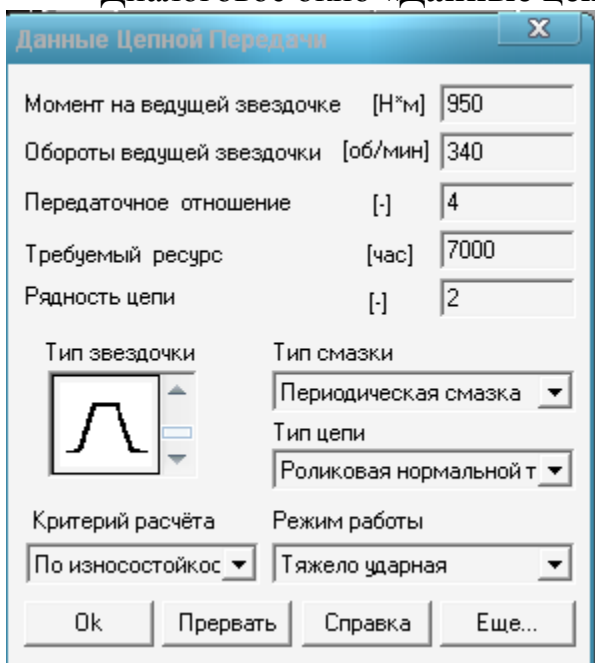
1. Выбрать тип передачи (цепная)



## 2. Тип расчета (проектировочный)



## 3. Задать основные параметры передачи по заданному варианту (табл.5.1). Диалоговое окно «Данные цепной Передачи»



### Примечание:

Частота вращения ведомого вала  $n_2 = n_1/u$ ;

**Тип смазки, тип цепи, тип звездочки** (профиль зуба – вогнуто-выпуклый ГОСТ 591-69 – рекомендуется при больших скоростях; или прямолинейный ГОСТ 592-81) **выбрать самостоятельно.**

Рядность цепи принять поочередно N=1,2,3,4.

**Дополнительные данные**

Число зубьев звездочек

Малая  Большая

Межосевое расстояние [мм]

4. Провести расчет (пункт «**Расчет**» главного меню).

Расчет Результаты... База

Открыть диалоговое окно «**Результаты**» и отметить флажками интересующие результаты расчета.

**Результаты Цепной передачи**

Проверочный расчет

Ресурс  Параметры цепи

Максимальный момент  Параметры Звездочек  Нагрузка на вал  Чертеж ...

**Результаты расчета цепной передачи**

Параметры передачи

Межосевое расстояние [мм] 2032.98

Параметры цепи

t [мм]	50.8	b [мм]	130.0
D <sub>1</sub> [мм]	28.58	h [мм]	48.3
B [мм]	31.75	A [мм]	58.55
d [мм]	14.27	N <sub>r</sub> [-]	2
b <sub>1</sub> [мм]	38.0		

**Параметры звездочек**

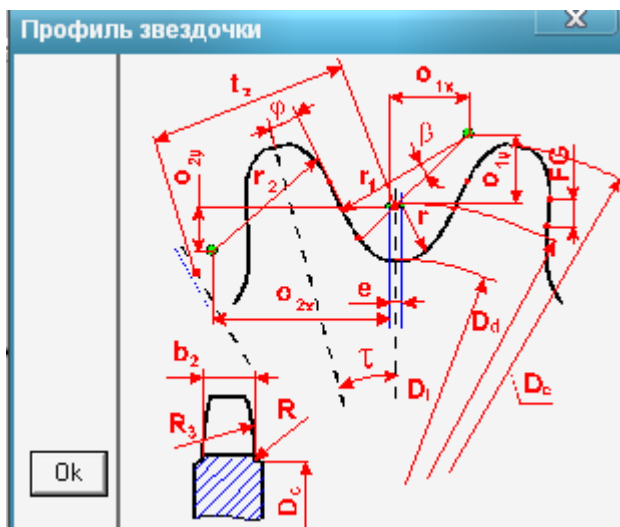
Параметры контура		Звездочка			
		Малая	Большая		
Z	[ ]	9	36	e	[мм] 1.524
t <sub>z</sub>	[мм]	50.8	50.8	r	[мм] 14.411
τ	[град]	20.0	5.0	r <sub>1</sub>	[мм] 37.275
d <sub>c</sub>	[мм]	139.572	580.647	o <sub>1</sub> o <sub>2</sub>	[мм] 35.439
D <sub>d</sub>	[мм]	148.529	582.865	h <sub>t</sub>	[мм] 12.7
D <sub>e</sub>	[мм]	164.972	606.047		
D <sub>i</sub>	[мм]	119.706	554.042		
L <sub>x</sub>	[мм]	117.193	553.424		
r <sub>2</sub>	[мм]	20.055	18.862		
α	[град]	48.333	53.333		
β	[град]	11.333	16.333		
Ψ	[град]	9.889	15.222		
FG	[мм]	1.593	2.875		
o <sub>1x</sub>	[мм]	17.08	18.34		
o <sub>1y</sub>	[мм]	15.2	13.653		
o <sub>2x</sub>	[мм]	33.302	35.304		
o <sub>2y</sub>	[мм]	12.121	3.089		

Параметры поперечных сечений		Звездочка	
		Малая	Большая
D <sub>c</sub>	[ ]	76.782	517.857
b <sub>2</sub>	[мм]	28.425	
B	[мм]	86.975	
R	[мм]	2.5	
R <sub>3</sub>	[мм]	48.586	

Показать профиль

Продолжить    Прервать



**Сила, действующая на вал**

F [Н]	12792.092
α <sub>f</sub> [град.]	6.12

Продолжить    Прервать

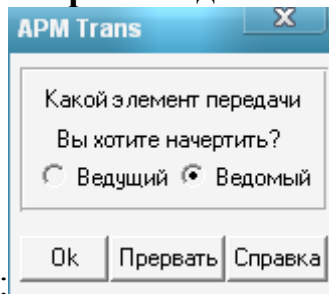
**2. Результаты расчета в APM Trans.**  
 Заполнить таблицу результатов расчета.

3. Сравнить полученные результаты по диаметрам звездочек, шагу цепи, межосевому расстоянию и силе давления на вал.

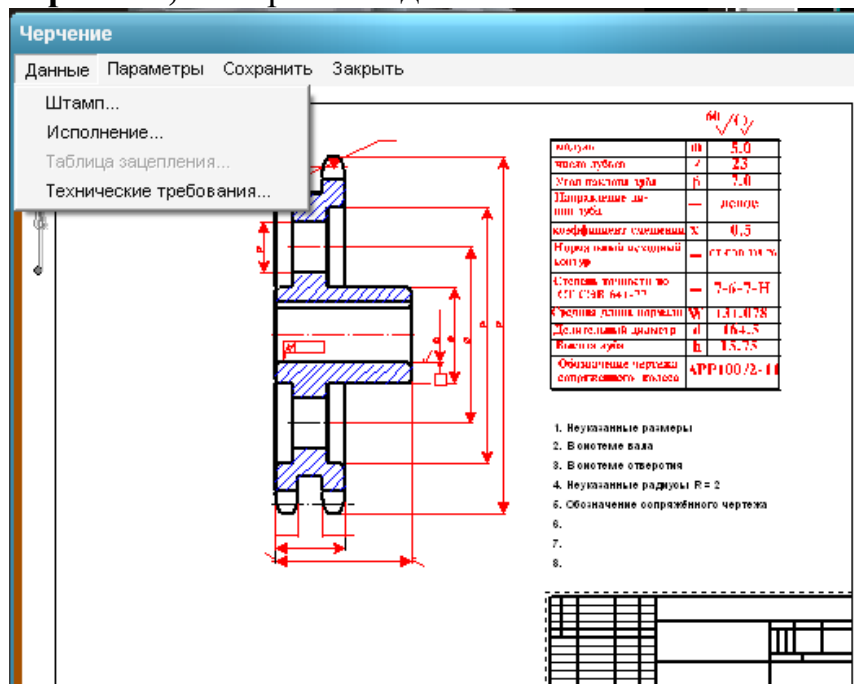
4. Для выбранного варианта заполнить таблицы:

- параметры цепи;
- параметры звездочек;
- сила, действующая на вал;

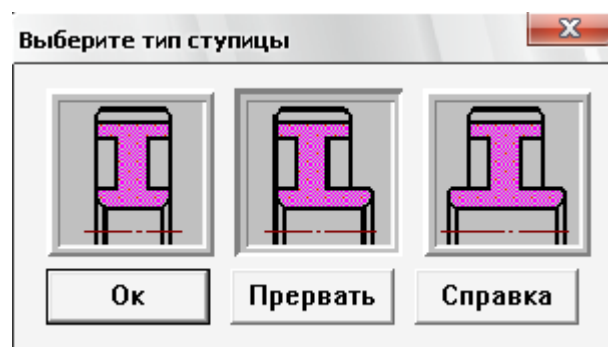
5. Подготовить и сохранить чертеж ведомой звездочки для выбранного

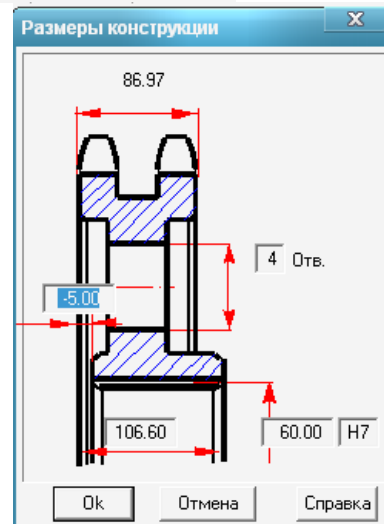
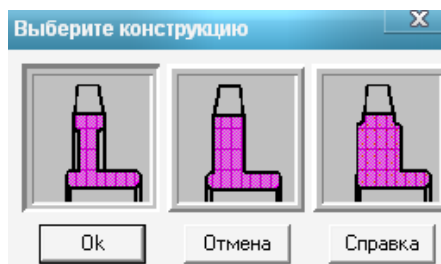
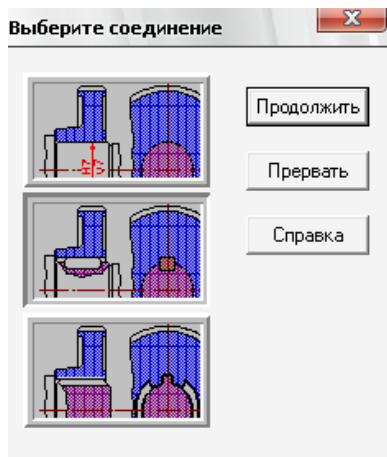


варианта, выбирая вкладки:



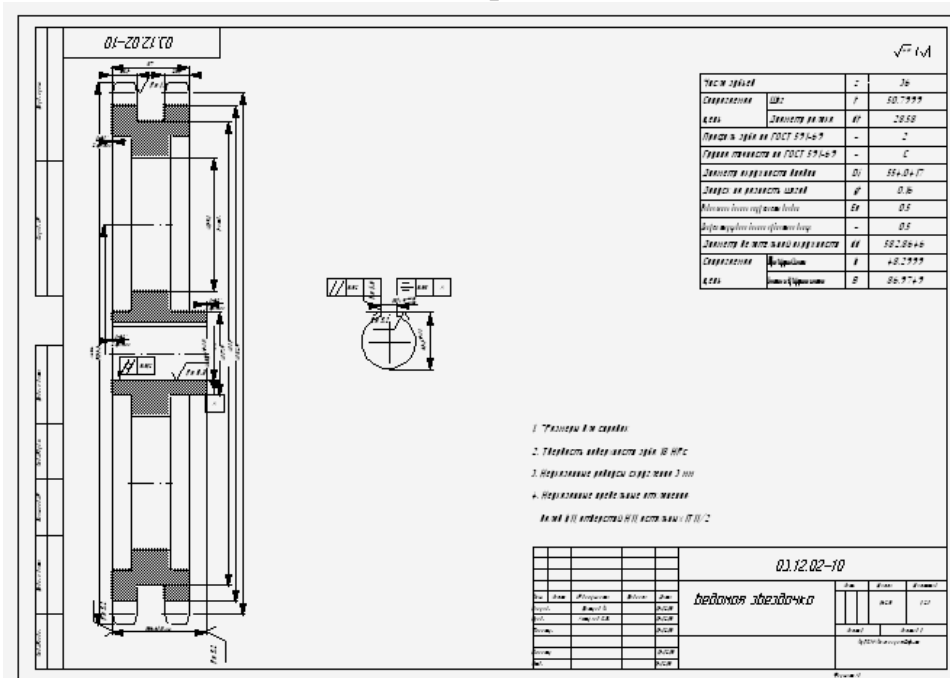
«Чертеж» - «Данные»- «Штамп» - «Исполнение»- «Тип ступицы» - «Соединение»- «Размеры конструкции».





При этом конструируя звездочку самостоятельно выбрать исполнение, тип ступицы, вид соединения и размеры отдельных элементов.

**Рекомендации:** диаметр отверстия в ступице  $d_{\text{вал}} = (5 \dots 6) \sqrt[3]{T_2}$ ; длина ступицы  $l_{\text{ст}} = (0,8 \dots 1,5) d_{\text{вал}}$ , число отверстий на диске 2, 3, 4, 6.



## 6. Ответить на контрольные вопросы

## Форма отчета

### 1. Заданные параметры

Передача: Цепная

Тип расчета: Проектировочный

#### Основные данные;

Тип цепи	
Вид рабочей нагрузки /режим работы/	
Тип смазки	
Момент вращения на ведомом валу $T_2$ , Н.м	
Частота вращения ведомого вала $n_2$ , об/мин	
Передаточное число $u$	
Ресурс /срок службы/ $L_h$ , час	

### 2. Результаты расчета в APM Trans.

Цепь								
Рядность цепи $n$	1		2		3		4	
Шаг $t$ , мм								
Межосевое расстояние передачи $a$ , мм								
Сила давления на вал $F$ , Н								
Параметры звездочек	1	2	1	2	1	2	1	2
Число зубьев, $Z$								
Делительный диаметр $d$ , мм								
Диаметр вершин $d_a$ , мм								
Диаметр впадин $d_f$ , мм								

### 3. Вывод: выбор одного из вариантов.

4. Для выбранного варианта заполнить следующие таблицы (2.2-2.4):

Таблица 2.2. *Параметры цепи*

Описание	Символ	Звездочка ведущая	Звездочка ведомая	Единицы
Межосевое расстояние	$a$			мм
Шаг цепи	$t$			мм
Диаметр ролика цепи	$d_r$			мм
Расстояние между пластинами	$B$			мм
Диаметр оси цепи	$d$			мм
Максимальная ширина цепи	$b$			мм
Высота пластины цепи	$h$			мм
Расстояние между осями рядов многорядных цепей	$A$			мм
Расстояние от края цепи до оси	$b_1$			мм
Рядность цепи	$n$			—

Таблица 2.3. *Параметры звёздочек*

Описание	Символ	ведущая	ведомая	Единицы
Число зубьев	$z$			—
Шаг звёздочки	$tz.$			мм
Половина углового шаг	$\tau$			град
Диаметр окружности, вписанной в шаговый многоугольник	$d_c$			мм
Высота зубьев, измеренная от шаговой линии	$h_t$			мм
Диаметр делительной	$d$			мм
Диаметр окружности вершин	$d_a$			мм
Диаметр окружности впадин	$d_f$			мм
Наибольшая хорда	$L_x$			мм
Смещение центров дуг впадин	$e$			мм
Радиус впадины	$r$			мм
Радиус профиля головки зубьев	$r_2$			мм
Половина угла впадины	$\rho_2$			град
Половина угла зуба	$\gamma$			град
Половина угла зуба	$g_m$			град



<b>(для многорядных цепей)</b>				
Длина прямого участка профиля	$h_r$			мм
Толщина зуба	$b_2$			мм
Толщина вершин зубьев	$b_3$			мм
Опорная длина впадины зуба	$c$			мм
Радиус закругления	$R_2$			мм
Ширина многорядной звёздочки	$B$			мм
Диаметр окружности <b>заплевика</b>	$D_c$			мм
Радиус <b>скругления</b> вершины	$R_3$			мм

Таблица 2.4. Сила, действующая на вал

Описание	Символ	ведущая	ведомая	Единицы
Модуль силы				<b>Н</b>
Угол между вектором силы и линией центров				град

**5. Подготовить и сохранить чертеж ведомой звездочки для выбранного варианта.**

**6. Ответить на контрольные вопросы**

### Контрольные вопросы

1. Какова конструкция роликовой и втулочной цепи?
2. В каких случаях применяют многорядные роликовые цепи?
3. Почему при высоких скоростях рекомендуют применять цепи с малым шагом?
4. Чем вызвана неравномерность движения приводных цепей и почему она возрастает с увеличением шага?
5. Чем обусловлены ограничения минимального числа зубьев малой звездочки и максимального числа зубьев большой звездочки?
6. Что является основным критерием работоспособности цепных передач?
7. Что такое коэффициент эксплуатации, от чего он зависит?
8. Какие способы смазывания применяют в цепных передачах?

## Используемая литература

1. Детали машин: Краткий курс, практ. занятия и тестовые задания: Учебное пособие /Олофинская В.П. ИНФРА-М, ФОРУМ, 2013. – 208 с.
2. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин : Учеб. пособие для втузов/ П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов. -6-е изд., **испр..** - М.: Высш. **шк.**, 2000. -447 с.: ил.
3. Курмаз Л.В., Скойбеда А.Т. Детали машин. Конструирование: Учеб.пособие. – Мн.: УП «Технопринт», 2001.
4. Основы технической механики [Текст]: учеб.для студентов учреждений сред. проф. образования / И. С. Опарин. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2014. - 142 с.
5. Шелофаст В.В, Чугунова Т.В. Основы проектирования машин.. Примеры решения задач. – М.: Изд-во АПМ.2008 – 240 с.

## Содержание

Введение	3
- Практическая работа № 1. Расчет цилиндрических зубчатых передач	4
- Практическая работа № 2. Расчет конических зубчатых передач	17
- Практическая работа № 3. Расчет червячных передач	38
- Практическая работа №4. Расчет ременных передач	49
- Практическая работа №5. Расчет цепных передач	55
Используемая литература	64

## Содержание