

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ
В APM WIN MACHINE**

**лабораторный практикум
По дисциплине Детали машин и основы конструирования**

Иркутск – 2018 г.

УДК 621. 83. 06

Рецензенты: Беломестных В.А.- к.т.н.,доц. кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины»;Горбунов С.Ф.- к.т.н. доц. кафедры ЕНД Московского государственного университета гражданской авиации (Иркутский филиал)

С.В.Алтухов. Проектирование механических передач в АРМ Win Machine.:Практикум. Иркутский ГАУ: Издательство Иркутского государственного аграрного университета имени А.А.Ежевского, 2018.- 68 с.

Данный практикум представляет собой пособие для выполнения лабораторных работ по проектированию механических передач в среде АРМ Win Machine. Практикум входит в комплекс учебно-методической литературы, обеспечивающей проведение лабораторно-практических занятий по деталям машин, механике. И предназначен для студентов инженерного и энергетического факультетов. Практикум включает в себя лабораторные работы по проектированию основных видов механических передач в АРМ WinTrans: ремённых, цепных, цилиндрических, конических, червячных. Предназначен для студентов инженерного и энергетического факультетов ИрГАУ.

Рекомендован к изданию методическим советом Иркутского государственного аграрного университета имени А.А.Ежевского

Проектирование механических передач в АРМ WinTrans

Общие указания.

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 лабораторные работы, по заданию преподавателя:

- 1.** Проектирование клиноременной передачи
- 2.** Проектирование плоскоремённой передачи
- 3.** Проектирование цепной передачи
- 4.** Проектирование цилиндрической прямозубой передачи
- 5.** Проектирование цилиндрической косозубой передачи
- 6.** Проектирование шевронной передачи
- 7.** Проектирование цилиндрической передачи с внутренним зацеплением
- 8.** Проектирование конической передачи с прямыми зубьями
- 9.** Проектирование конической передачи с круговыми зубьями
- 10.** Проектирование червячной передачи

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

1. Проектирование ремённых передач

Лабораторная работа № 1

Цель работы: Научиться проектировать ременную передачу в APMTrans, оценивать полученные результаты, выполнять чертежи шкивов.

Задание: рассчитать клиноременную (плоскоременную) передачу, выбрать несколько вариантов, для одного из вариантов, подготовить рабочие чертежи шкивов.

Исходные данные

Таблица 1.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
P _{1,кВт}	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	10	12	14	17	20	24
n _{1,об/мин}	950	1450	2850	1450	960	720	940	1450	2850	1450	950	1450	2870	1440
u	2.5	2.8	3.15	3.55	2.24	2.5	2.8	3.15	3.55	3	3.15	2.8	2.5	2
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

1.1 Теоретическая часть

Общие сведения. Кинематика передачи и скольжение ремня. Напряжённое состояние ремня передачи. Геометрические соотношения в ремёных передачах. Силы, действующие на валы ремёных передач. Расчёт клиноременной передачи.[APMBook глава 8.1 Ремёные передачи]

Порядок выполнения

1. 2 Расчёт ремённой передачи в модуле APMTrans:

1.2.1 Выбрать «Тип передачи» - (клиноременная, плоскоремённая)

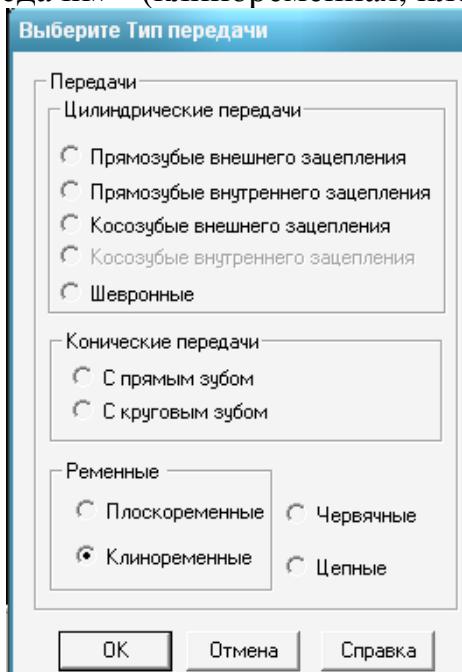


Рис. 1.1 Выбор типа передачи.

1.2.2. Выбрать «Типрасчёта» -(проектировочный)

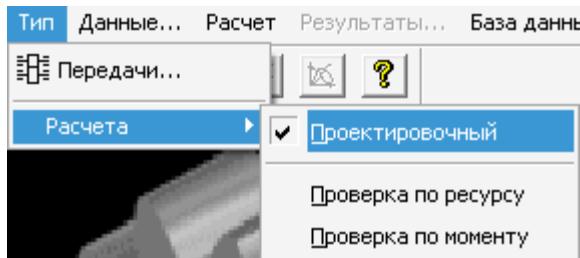


Рис.1.2 Выбор типа расчёта.

1.2.3. Задать основные параметры передачи по (табл.1.1). Диалоговое окно «Данные» - «Основные параметры ремённой передачи»:

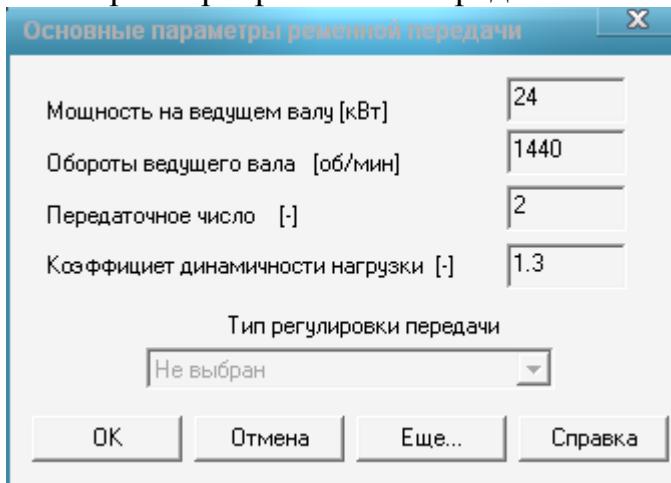


Рис. 1.3 Ввод исходных данных.

Таблица 1.2

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

1.2.4. Нажав в нижней части диалогового окна «Основные данные» кнопку «Ещё», можно ввести в соответствующие поля «Дополнительные данные»

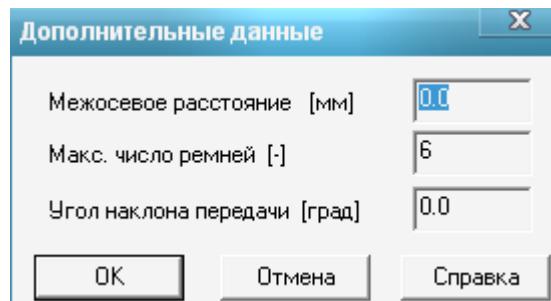


Рис. 1.4 Ввод дополнительных данных.

По умолчанию максимальное число ремней – 6, расположение передачи – горизонтальное.

1.2.5 Провести расчёт (пункт «Расчёт» главного меню).

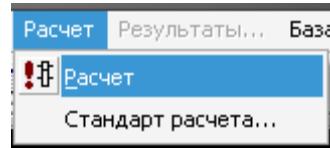


Рис. 1.5 Запуск расчёта.

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

1.2.6 Просмотр и оценка результатов расчёта клиноременной передачи.

В результатах указаны: сечение, число ремней, диаметр ведущего и ведомого шкива, длина ремня, передаточное отношение с учётом проскальзывания ремня, межосевое расстояние, сила предварительного натяжения ремня, сила действующая на вал, ширина и высота сечения ремня. Заполнить таблицу результатов расчёта в отчёте (запишите несколько вариантов с разными сечениями ремня, лучшими по вашему мнению).

Результаты расчета ременной передачи					
Номер	Сечение	Число ремней	Диаметр ведущего шкива	Диаметр ведомого шкива	
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	

Рис.1.6 Просмотр результатов расчёта

1.2.7 Сохранить результаты расчёта.

Сохранение может быть выполнено в формате с расширением *.wtr тогда сохранённый файл будет доступен для последующей загрузки и пересчёта, либо в формате *.rtf доступном для текстовых редакторов.

1.3 Выбрать один из вариантов, Подготовить и сохранить чертежи шкивов, выбирая вкладки:

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

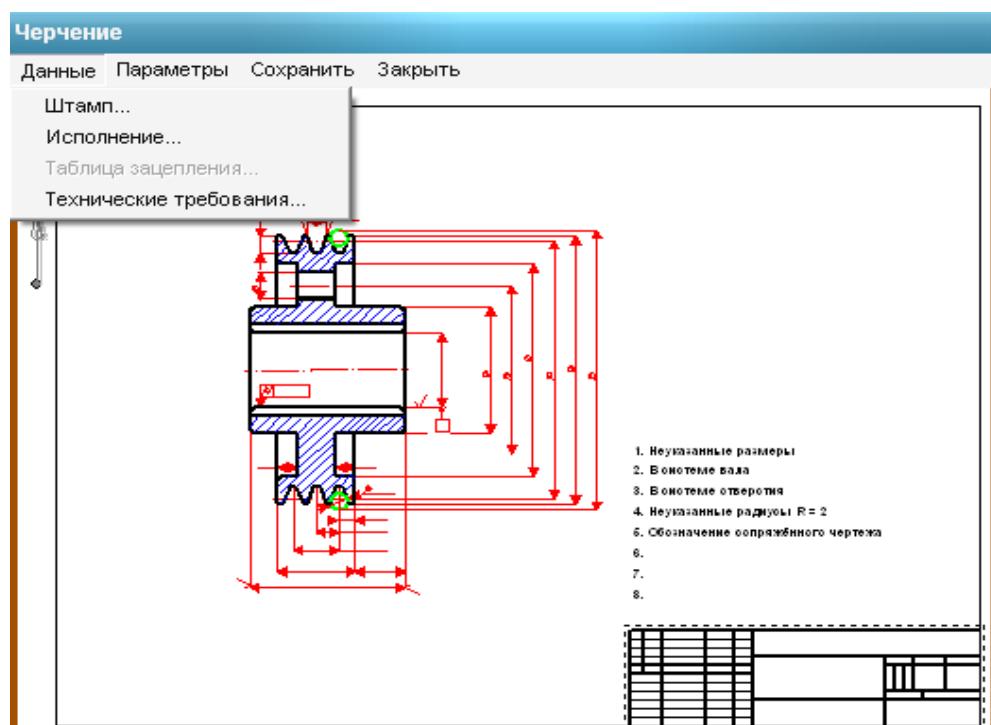


Рис.1.7 Вкладка для оформления чертежа шкива.

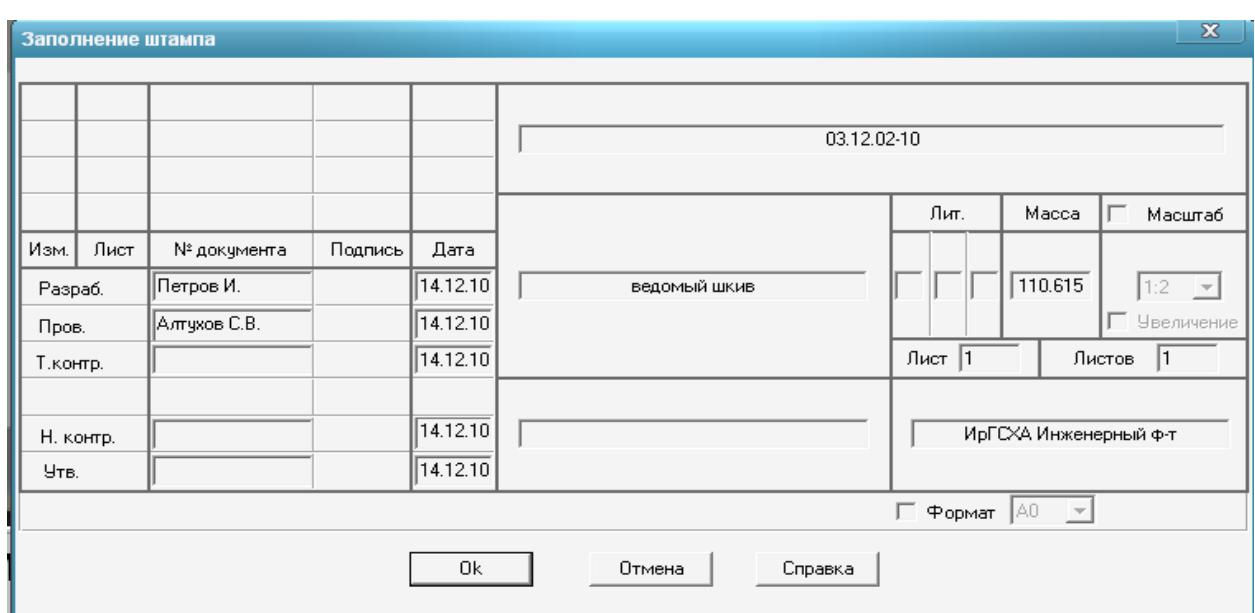


Рис 1.8 Заполнение основной надписи чертежа.

Конструируя шкив, самостоятельно выбрать исполнение, тип ступицы, вид соединения и размеры отдельных элементов.

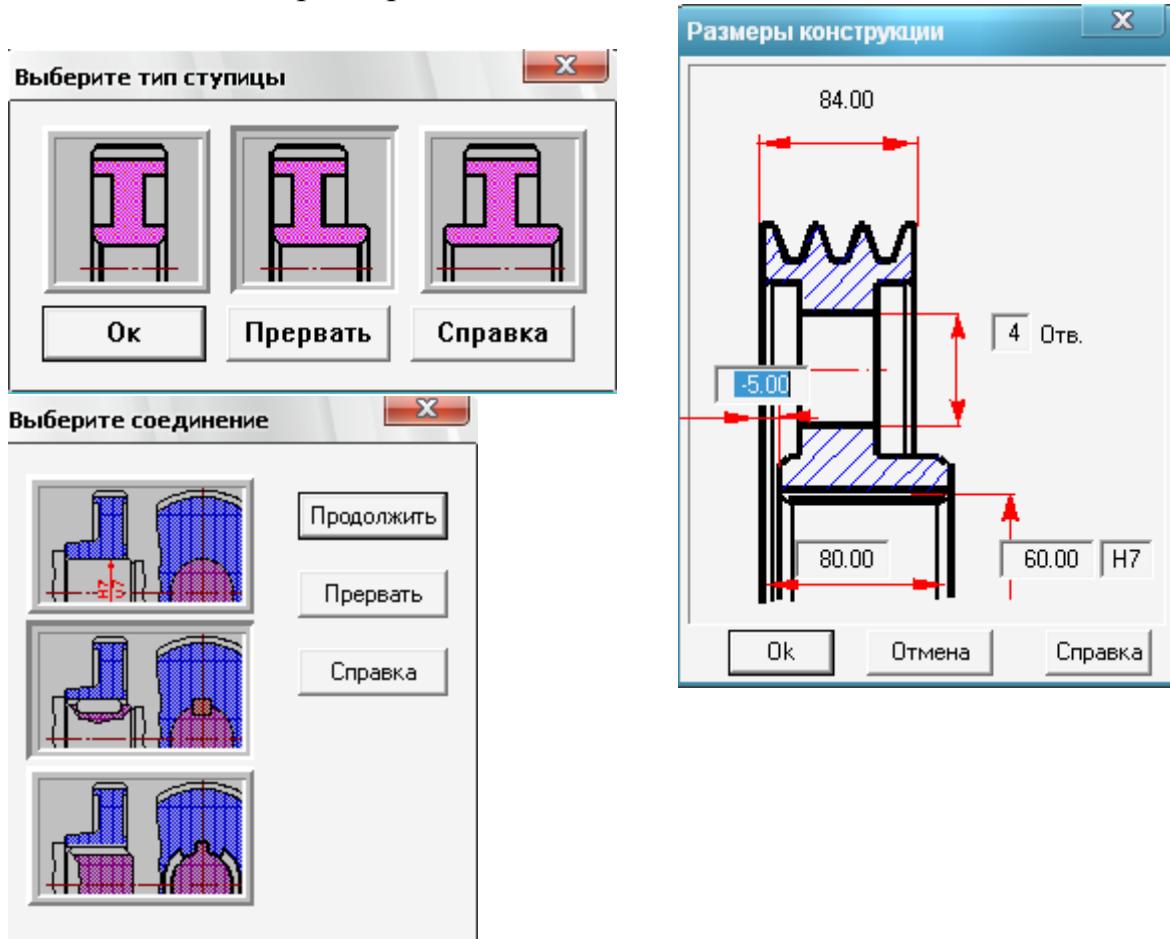


Рис 1.9 Подготовка чертежа шкива

Рекомендации: диаметр отверстия в ступице $d_o = (7 \dots 8) \sqrt[3]{T}$, T – крутящий момент на соответствующем шкиве ($\text{Н}\cdot\text{м}$);- длина ступицы $l_{ct} = (0,8 \dots 1,5) d_o$, число отверстий на диске выбирается из ряда 2, 3, 4, 6, 8.

$$T_1 = \frac{30 \cdot P_1}{\pi \cdot n_1}, \quad T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta$$

Для просмотра чертёж нужно сохранить в свою папку в формате с расширением *.agr.

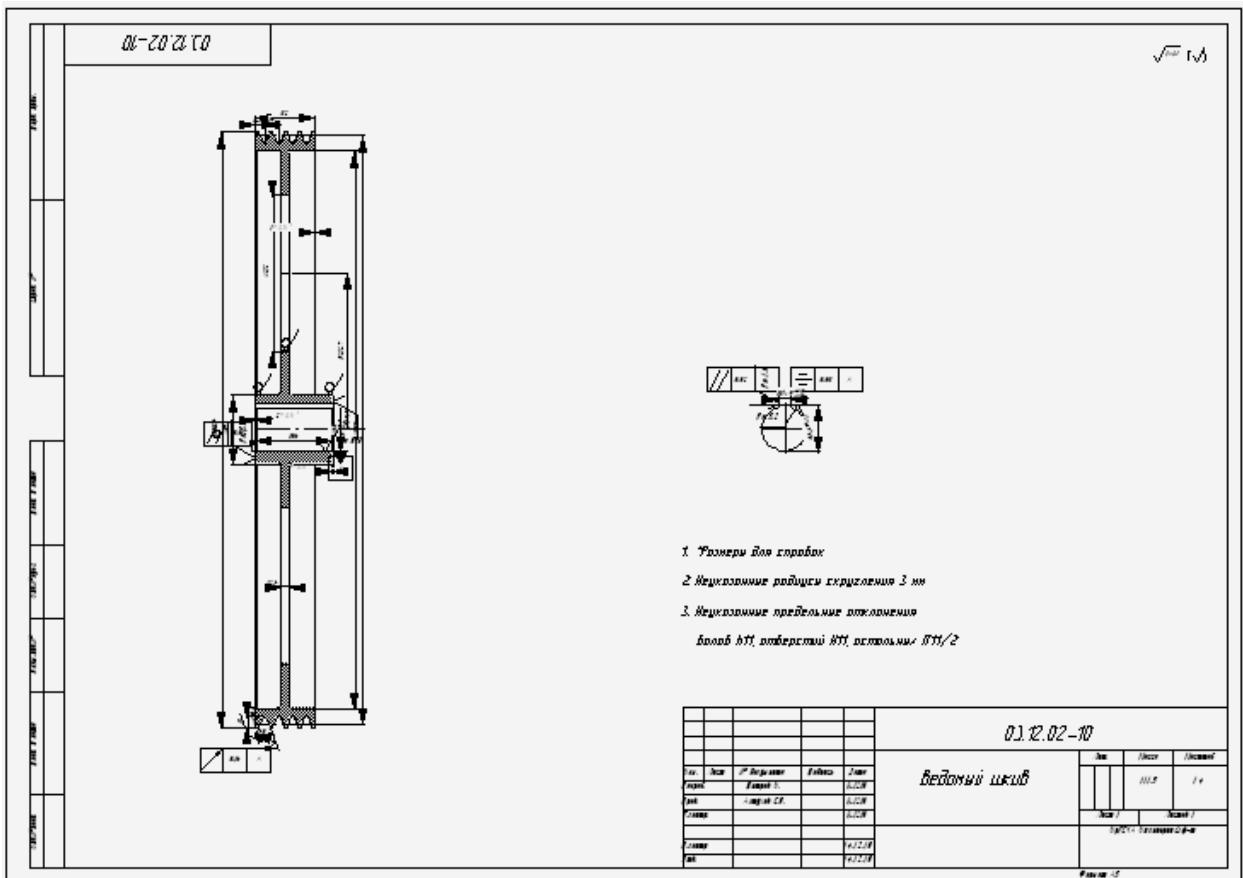


Рис. 1.10 Чертёж шкива.

1.4 Ответить на 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 ремённой передачи?
 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 ремённой передачи непостоянно?
 9. Что такое тяговая способность ремённой передачи?
 10. В чем сущность усталостного разрушения ремней?
 11. От чего зависит срок службы ремней?

Форма отчета

Заданные параметры

Тип передачи: клиноременная

Тип расчёта: **проектировочный, проверочный**

Основные данные:

<i>Тип натяжного устройства</i>	
<i>Мощность на ведущем шкиве передачи P_1, кВт</i>	
<i>Частота вращения ведущего вала n_1, мин⁻¹</i>	
<i>Передаточное число i</i>	
<i>Коэффициент динамичности нагрузки K_d</i>	

Дополнительные данные

<i>Межосевое расстояниеa, мм</i>	
<i>Максимально допустимое количество ремней z</i>	

Результаты расчёта APMTrans

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

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

2. Проектирование цепных передач

Лабораторная работа №2

Цель работы: научиться рассчитывать цепную передачу в APMTrans, оценивать полученные результаты, выполнять рабочий чертёж звёздочки.

Задание: рассчитать цепную передачу роликовой цепью, подготовить рабочий чертёж звёздочки, недостающие данные принять самостоятельно.

Варианты исходных данных

Таблица 2.1

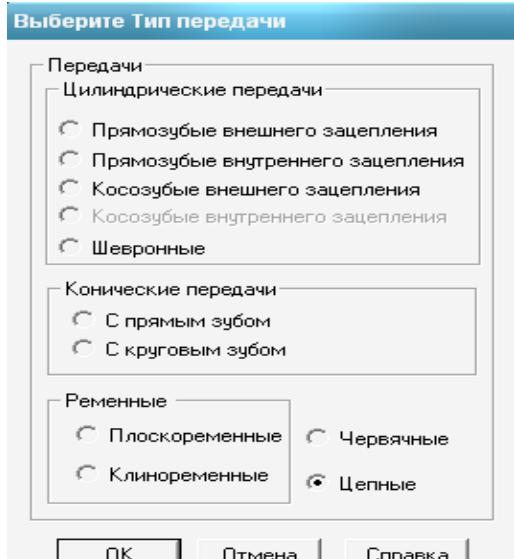
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T ₁ , Н*м	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
n ₁ , об/мин	150	200	150	300	210	180	100	140	60	100	90	60	80	40
u	2.5	2.8	3.0	3.5	2.4	2.5	2.8	3.2	3.0	2.4	3.0	2.8	2.5	2.4
Срок службы, тыс. час	5	6	7	8	9	10	8	5	3	6	8	10	9	7
Режим работы	Плав.	Сп.	Сред. удар.	Легк. удар.	Плав	Тяж. удар.	Сред. удар.	Легк. удар.	Плав.	Тяж. удар.	Сред. удар.	Легк. удар.	Плав.	Тяж. удар.

2.1 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 расчёта. [АРМBook глава 8.2 Цепные передачи]

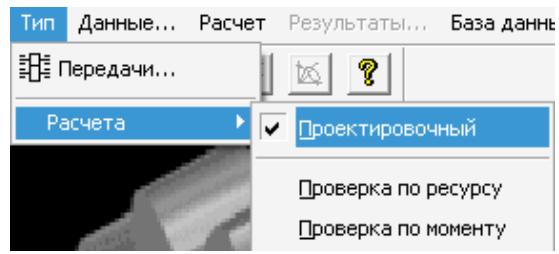
Порядок выполнения

2.2. Расчёт цепной передачи в модуле APM Trans



2.2.1. Выбрать тип передачи (цепная)

Рис 2.1 Выбор типа передачи



2.2.2 Выбрать тип расчёта

Рис. 2.2 Выбор типа расчёта

2.2.3 Задать основные параметры передачи (табл.2.1).

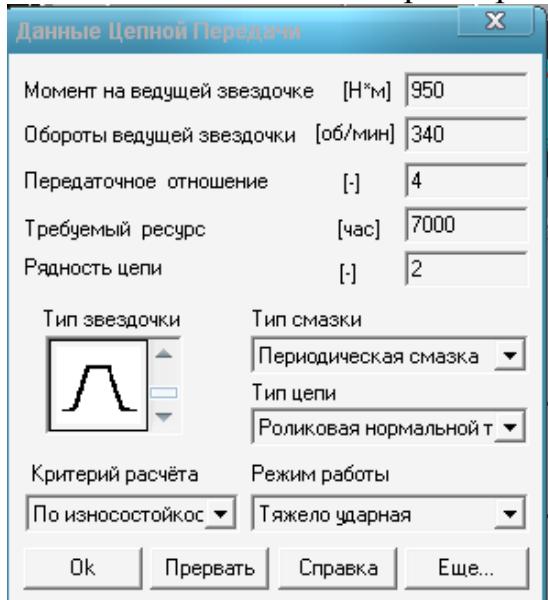


Рис. 2.3 Диалоговое окно «Данные цепной Передачи»

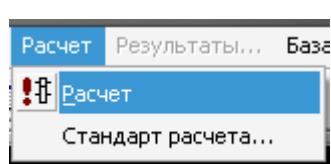
Примечание:

Частота вращения ведомой звёздочки $n_2 = n_1/u$;

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

Рядность цепи принять поочерёдно $N=1,2,3,4$.

2.2.4 Провести расчёт (пункт «Расчёт» главного меню).



Примечание: Если система выдаёт сообщение «Цепь не найдена», уточните исходные данные, изменив тип цепи или выбрав более совершенный тип смазки.

Рис. 2.3 Запуск расчёта

2.2.5 Оценить результаты расчёта в АРМ Trans.

Открыть диалоговое окно «Результаты» и отметить флагками интересующие результаты расчёта.

Результаты Цепной передачи

Проверочный расчет

Ресурс Параметры цепи Параметры Звездочек Нагрузка на вал Чертеж ... Максимальный момент Выделить все

Результаты расчета цепной передачи

Параметры передачи

Межосевое расстояние [мм] 2032.98

Параметры цепи

t [мм]	50.8	b [мм]	130.0
D1 [мм]	28.58	h [мм]	48.3
B [мм]	31.75	A [мм]	58.55
d [мм]	14.27	N _r [-]	2
b1 [мм]	38.0		

Параметры передачи

Параметры звездочек

Параметры контура

Звездочка		
Малая	Большая	
Z [-]	9	36
t _z [мм]	50.8	50.8
τ [град]	20.0	5.0
d _c [мм]	139.572	580.647
D _d [мм]	148.529	582.865
D _e [мм]	164.972	606.047
D _i [мм]	119.706	554.042
L _x [мм]	117.193	553.424
r ₂ [мм]	20.055	18.862
α [град]	48.333	53.333
β [град]	11.333	16.333
Ψ [град]	9.889	15.222
F _G [мм]	1.593	2.875
O _{1x} [мм]	17.08	18.34
O _{1y} [мм]	15.2	13.653
O _{2x} [мм]	33.302	35.304
O _{2y} [мм]	12.121	3.089

Параметры поперечных сечений

Звездочка		
Малая	Большая	
D _c [-]	76.782	517.857
b ₂ [мм]	28.425	
B [мм]	86.975	
R [мм]	2.5	
R ₃ [мм]	48.586	

Сила, действующая на вал

F [Н] 12792.092
α_f [град.] 6.12

Рис. 2.4 Просмотр результатов

Заполнить таблицу 2.3 результатов расчёта.

3. Сравнить полученные результаты по диаметрам звёздочек, шагу цепи, межосевому расстоянию и силе давления на вал. Выбрать один из вариантов рядности цепи и пересчитать при необходимости.

4. Для выбранного варианта заполнить таблицы: 2.4 – 2.6

(- параметры цепи; - параметры звёздочек; - сила, действующая на вал;)

5. Подготовить и сохранить чертёж ведомой и (или) ведущей звёздочки для выбранного варианта, выбирая вкладки: «Чертёж» - «Данные» - «Штамп» - «Исполнение» - «Тип ступицы» - «Соединение». - «Размеры конструкции» - «Сохранить».

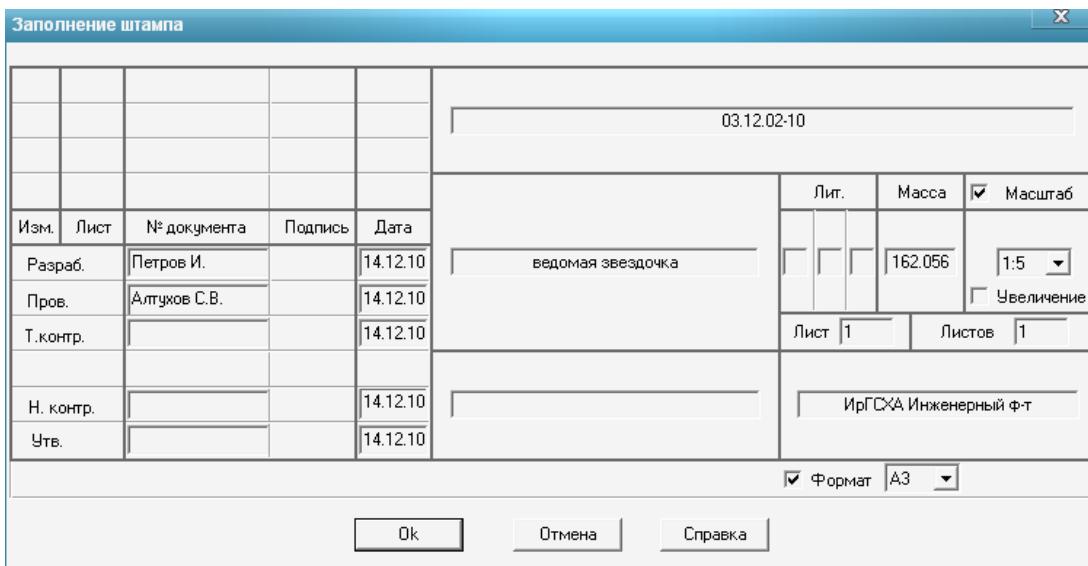
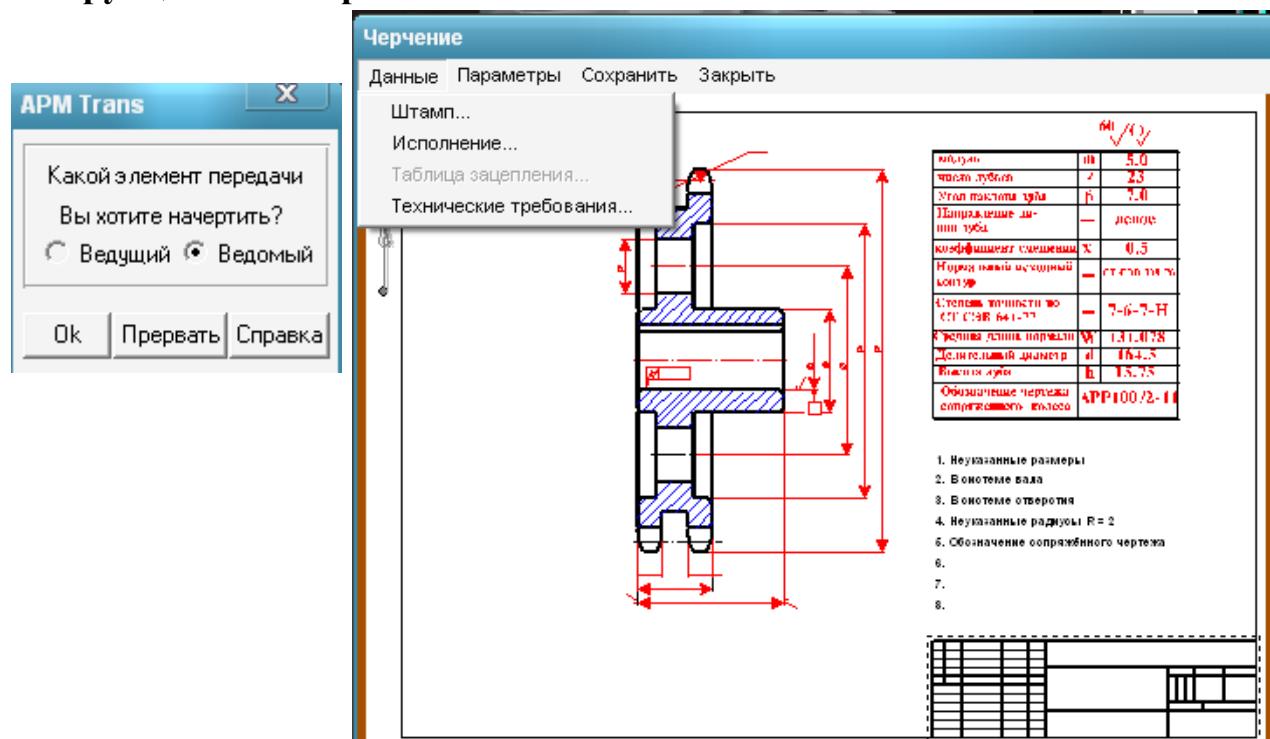


Рис 2.5 Подготовка чертежа.

«Чертёж» - «Данные»- «Штамп»

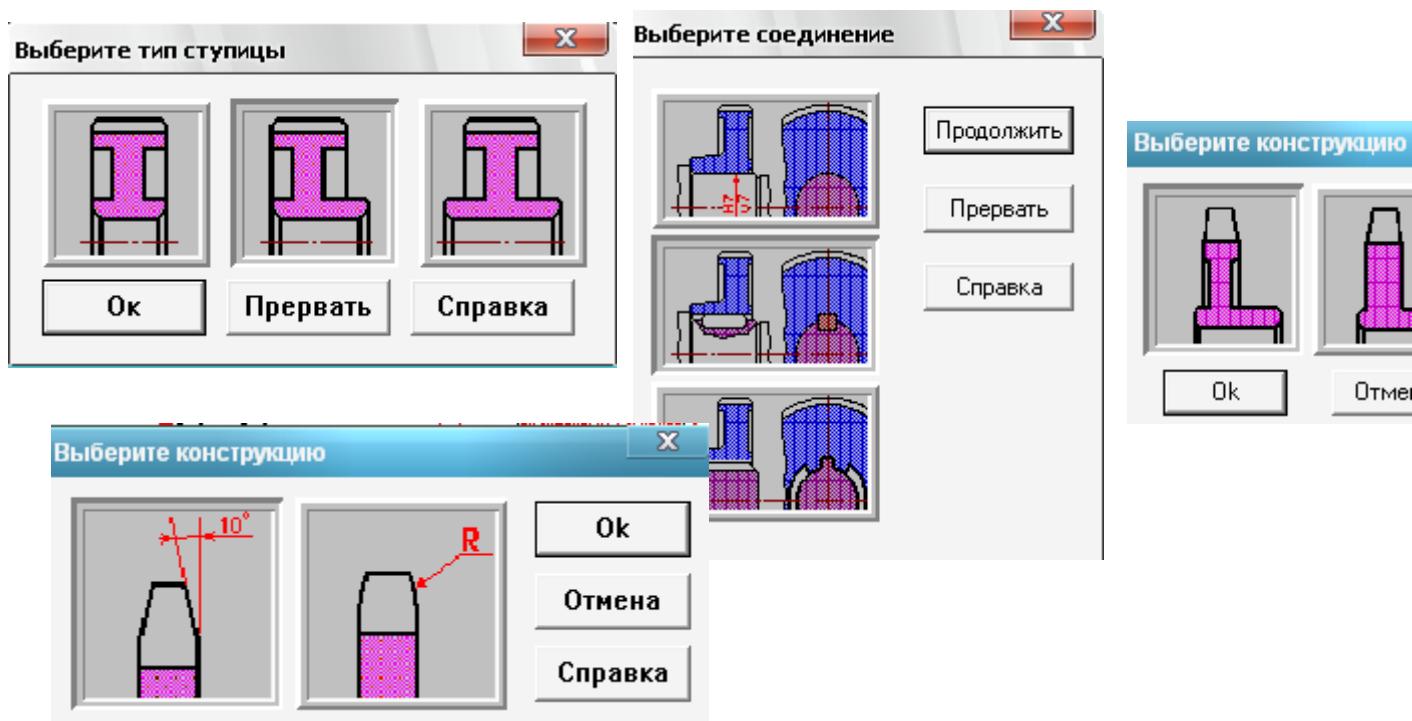


Рис. 2.6 Выбор конструкции звёздочки - «Исполнение»- «Тип ступицы» - «Соединение».

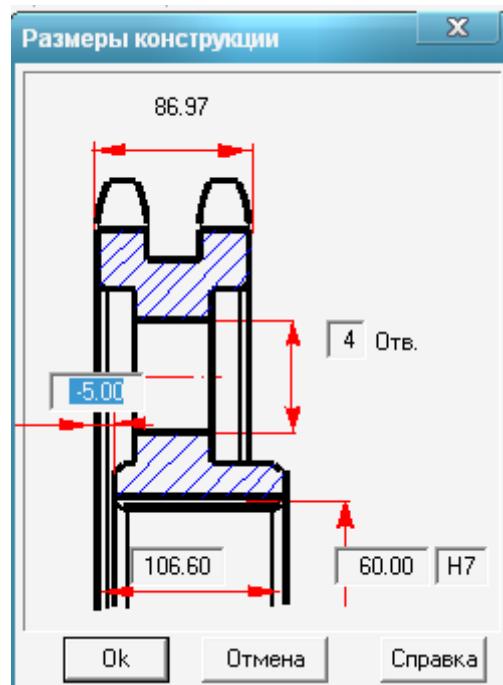
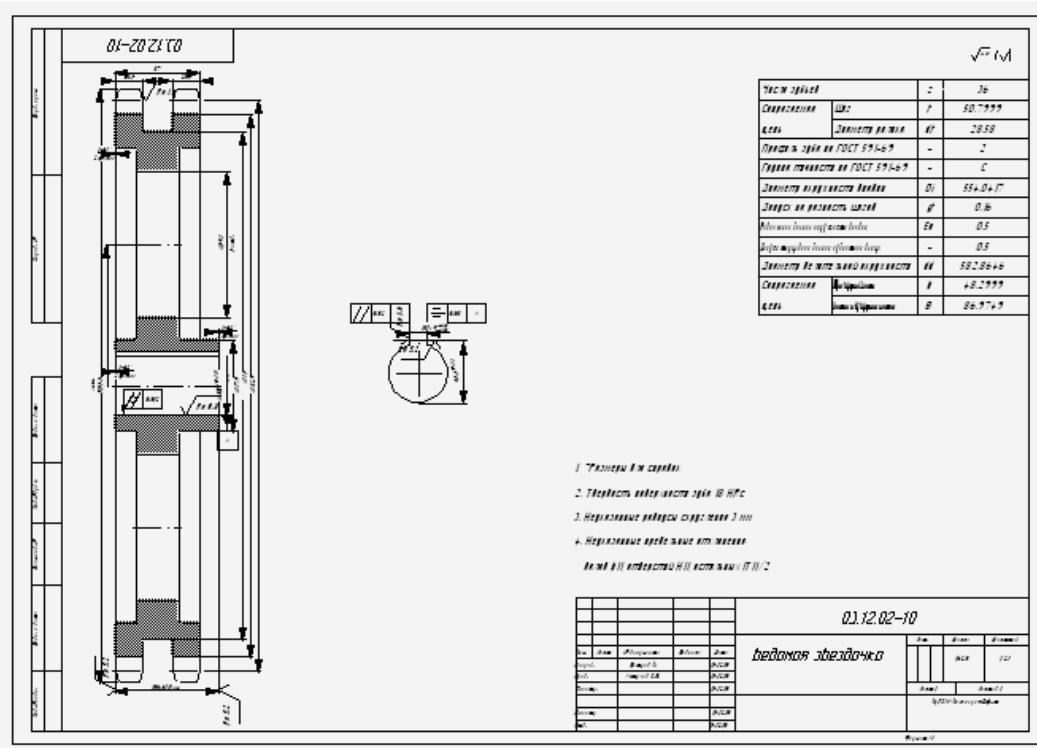


Рис. 2.7 Определение размеров ступицы и количества отверстий в диске звёздочки, - «Размеры конструкции».

При конструировании звёздочки самостоятельно выбрать исполнение, тип ступицы, вид соединения и размеры отдельных элементов.

Рекомендации: диаметр отверстия в ступице $d_o = (5 \dots 6) \sqrt[3]{T}$; длина ступицы $l_{ct} = (0,8 \dots 1,5) d_o$, число отверстий на диске 2, 3, 4, 6. $T_1 = \frac{30 \cdot P_1}{\pi \cdot n_1}$, $T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta$



Результаты расчёта в APM Trans.

Таблица 2.3

Рядность цепи *n*	1	2	3	4

<tbl_r cells="5

Таблица 2.4. Параметры цепи для выбранного варианта

<i>Описание</i>	<i>Символ</i>	<i>Параметры передачи</i>	<i>Единицы</i>
<i>Межосевое расстояние</i>	a		мм
<i>Шаг цепи</i>	t		мм
<i>Диаметр ролика цепи</i>	d_t		мм
<i>Диаметр оси цепи</i>	d		мм
<i>Максимальная ширина цепи</i>	b		мм
<i>Высота пластины цепи</i>	h		мм
<i>Рядность цепи</i>	n		—

Таблица 2.5. Параметры звёздочек

<i>Описание</i>	<i>Символ</i>	<i>ведущая</i>	<i>ведомая</i>	<i>Единицы</i>
<i>Число зубьев</i>	Z			—
<i>Шаг звёздочки</i>	t_z			мм
<i>Половина углового шага</i>	τ			град
<i>Диаметр окружности, вписанной в шаговый многоугольник</i>	d_c			мм
<i>Высота зубьев, измеренная от шаговой линии</i>	h_t			мм
<i>Диаметр делительной окружности</i>	D_d			мм
<i>Диаметр окружности вершин</i>	D_e			мм
<i>Диаметр окружности впадин</i>	D_i			мм
<i>Радиус впадины</i>	r			мм
<i>Радиус профиля головки зубьев (для многорядных цепей)</i>	r_2			мм
<i>Толщина зуба</i>	b_2			мм
<i>Радиус закругления вершины</i>	r_2			мм
<i>Ширина многорядной звёздочки</i>	B			мм
<i>Диаметр окружности заплечика</i>	D_c			мм
<i>Радиус скругления боковой поверхности зуба</i>	R_3			мм

Таблица 2.6. Сила, действующая на вал

<i>Описание</i>	<i>Символ</i>	<i>Величина</i>	<i>Единицы</i>
<i>Модуль силы</i>	F		H

<i>Угол между вектором силы и линией соединяющей центры</i>	γ		<i>град</i>
---	----------	--	-------------

Контрольные вопросы

1. Назовите особенности конструкции и свойства 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 звёздочки и максимального числа зубьев большой звёздочки?
6. От чего зависит сила действующая на валы в цепной передаче?
7. Как влияет рядность цепи на габариты передачи?
8. Что является основным критерием работоспособности цепных передач?
9. Что такое коэффициент эксплуатации, от чего он зависит?
- 10.Какие способы смазывания применяют в цепных передачах?

3. Проектирование цилиндрических зубчатых передач

Лабораторная работа № 3

Цель работы: научиться рассчитывать передачу в APMTrans, оценивать полученные результаты, выполнять рабочий чертёж зубчатого колеса.

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

Варианты исходных данных

Таблица 3.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$T_{2,\text{Н*м}}$	2500	2000	1250	1500	1200	940	770	600	460	1100	800	2180	1690	1380
$n_2, \text{об/мин}$	380	518	300	400	240	160	190	260	210	380	300	520	380	350
i	2.5	2.8	3.15	3.55	4	4.5	5	5.6	4.5	4	3.15	4.8	5.5	4.5
Расположение колеса	Сим-метр	Несим-метр.	Консольно	Сим-метр	Несим-метр.									
Срок службы, 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
Термообработка 2*	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4
Режим работы	Тяж.	Сред	Легк	Постоян	Тяж.	Сред.	Легк.	Постоян	Тяж.	Тяж.	Сред.	Легк.	Постоян	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.

3.1 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. [APMBookглава 7.1 Цилиндрические зубчатые передачи]

Порядок выполнения

3.2 Расчет цилиндрических передач

Расчет передачи в программе APM Trans проводим в следующем порядке:

3.2.1 Выбрать тип передачи рис.3.1

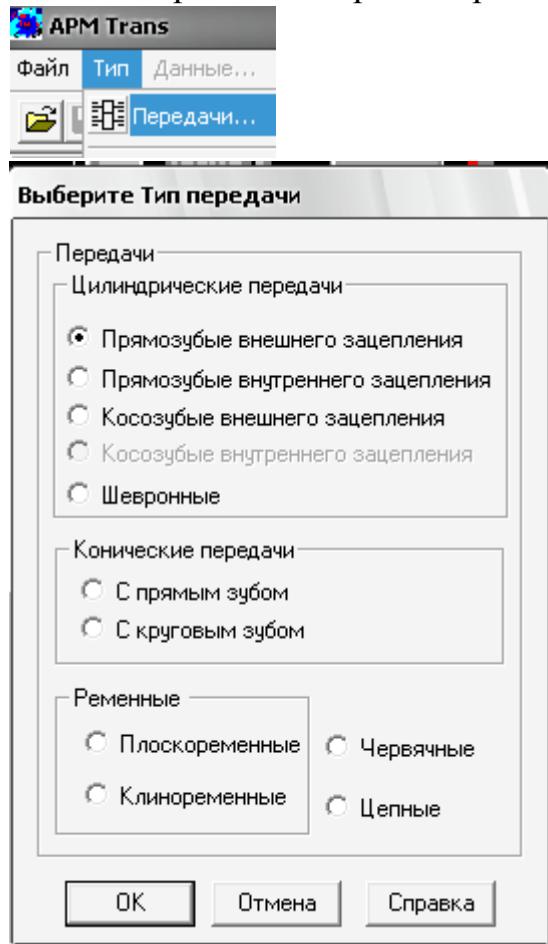


рис.3.1 Меню выбора типа передачи

3.2.2 Указать тип расчета – (проектировочный) рис.3.2.

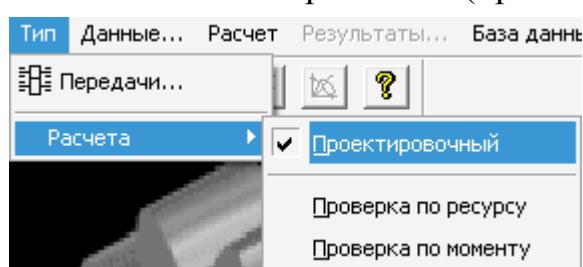


Рис.3.2 Вкладка для выбора типа расчета

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

3.2.4 Проверить установку параметров исходного контура (по умолчанию в меню «База данных» / «Исходный контур» установлен ГОСТ 13755-

81 –исходный контур зубчатых цилиндрических колёс эвольвентного зацепления) рис.3.3

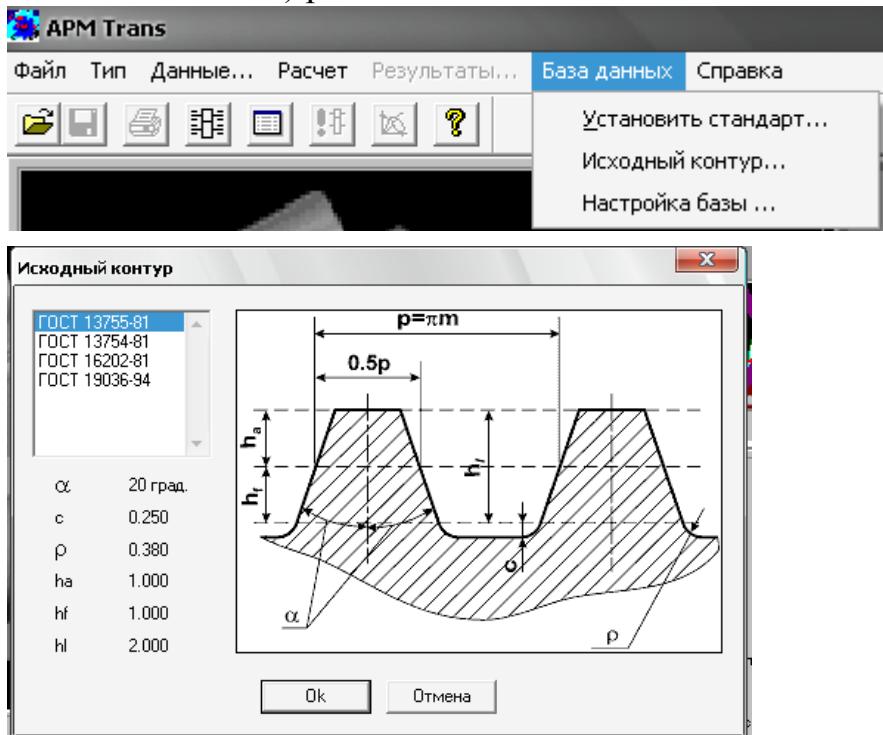


Рис.3.3 Меню для выбора ГОСТ и исходного контура

3.2.5 Задать исходные данные (см.табл.3.1) в полях ввода диалогового окна «Основные данные» и «Дополнительные данные»рис. 3.4.

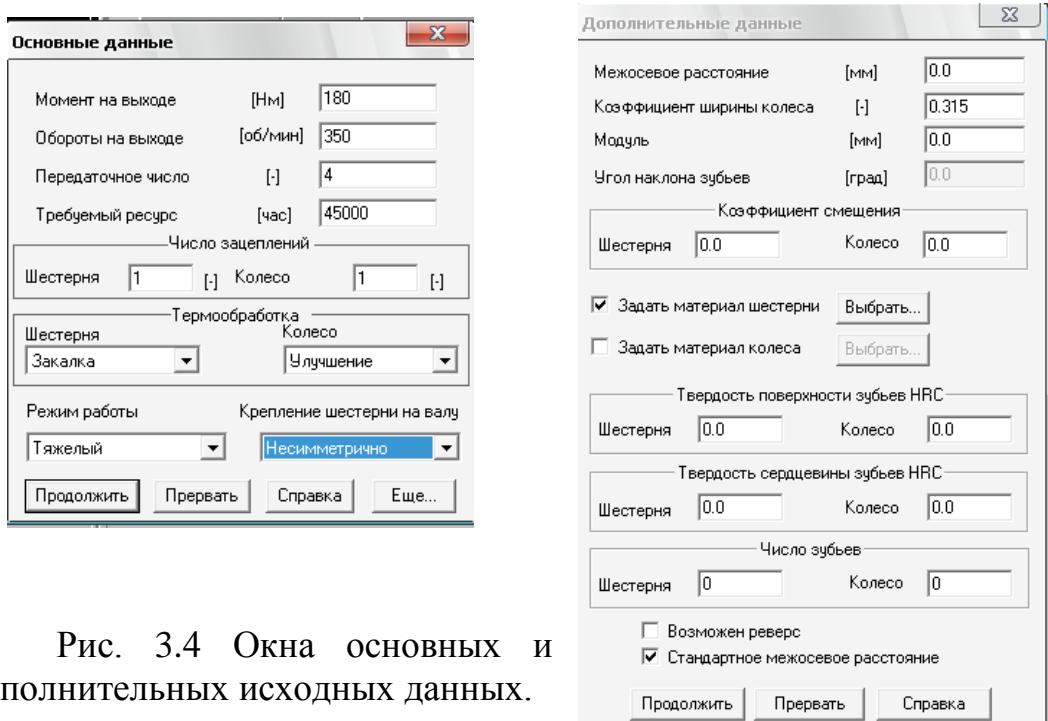


Рис. 3.4 Окна основных и дополнительных исходных данных.

Число зацеплений для обычной передачи равно 1.

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

диалогового окна «**Дополнительные данные**» необходимые значения рис.3.4.

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 предпочтать 2-му.

Допускается принимать межосевое расстояниепо ряду нормальных линейных размеров Ra40 ГОСТ 6636-69.

Выдержка из ГОСТ 6636-69 ряд Ra40 40, 42, 45, 48, 50, 53, 56, 60, 63, 67, 71, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 120, 125, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220, 240, 250, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 450, 480, 500, 530, 560, 600, 630, 670, 710....

Можно задать материал шестерни и колеса или точное значение твёрдости поверхности зубьев – иначе для каждого вида термообработки программой будет принято по умолчанию среднее значениетвёрдости

Твёрдостьзадаётся в единицах HRC. Поэтому для незакалённых сталей нужно твёрдость HB перевести в HRC.

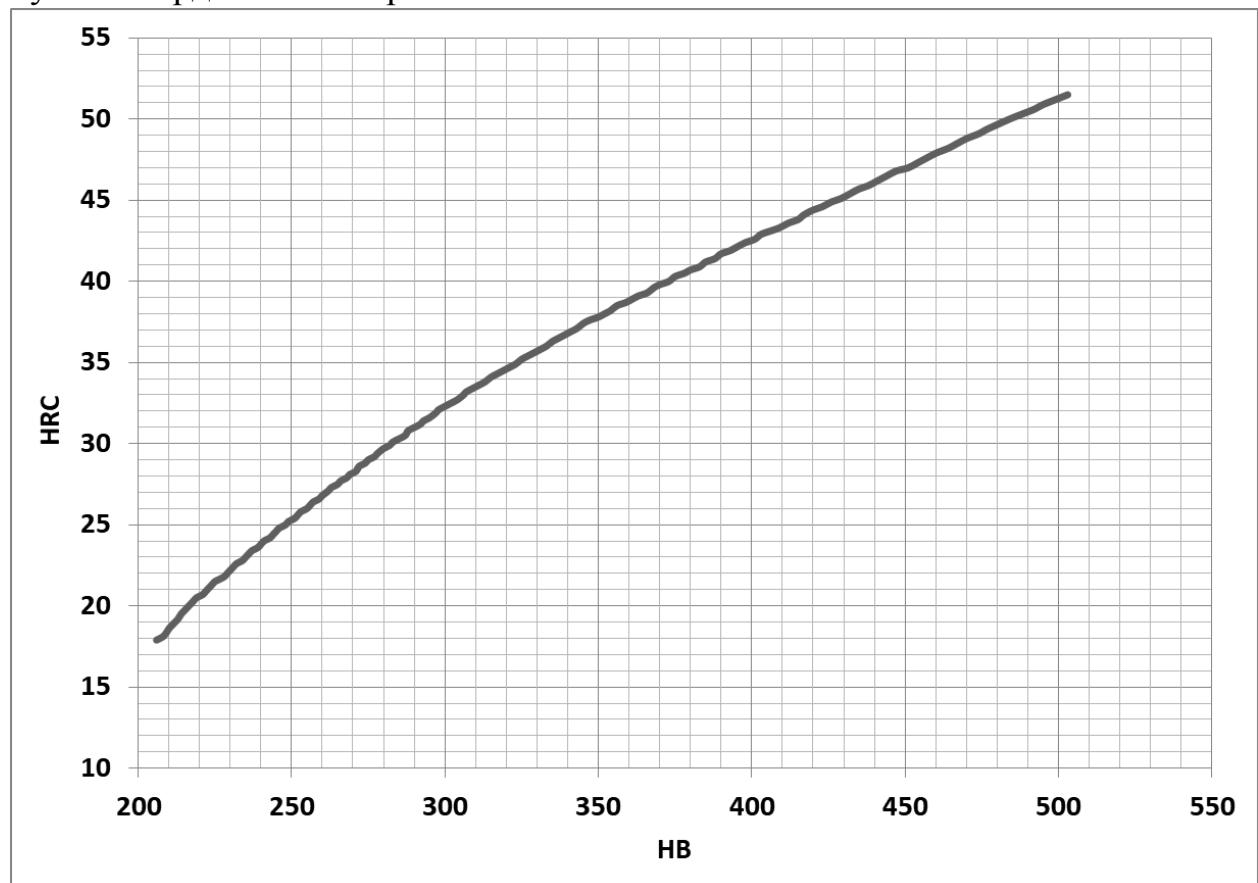


Рис. 3.5 Соотношение твёрдости металлов HB и HRC

Задать значение коэффициента ширины ψ_{ba} можно из ряда стандартных чисел: 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,315; 0,5; 0,5; 0,63 в зависимости от расположения колёс относительно опор:

при симметричном расположении $0,315 - 0,5;$
 при несимметричном $0,25 - 0,4;$
 при консольном расположении одного или обоих колёс $0,2 - 0,25.$
 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 ψ_{ba} – для передач с твёрдостью 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 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 снижению прочности на изгиб. Поэтому рекомендуется выбирать число зубьев меньше, чем $z_{min}, z_{min} = 17$ для прямозубых колес.

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

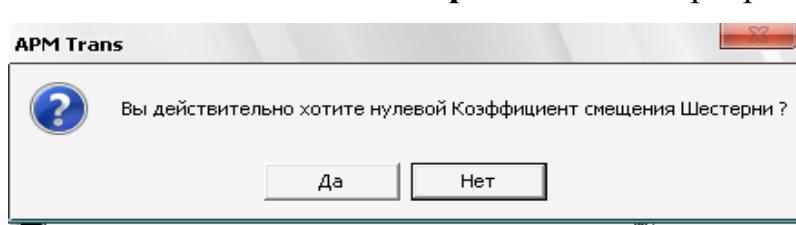
Материалы: default						
Материал	Способ термич...	Твёрдость пов...	Твёрдость сер...	σ_F , МПа	σ_m	
40	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.	
45	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.	
40Х	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.	
40ХН	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.	
40ХФА	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.	
40ХН2МА	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.	
18Х2Н4ВА	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.	
40Х	Закалка	45.000	450.000	341.000	800.	
40ХН	Закалка	45.000	450.000	341.000	800.	
40ХФА	Закалка	45.000	450.000	341.000	800.	
40ХН2М	Закалка	45.000	450.000	341.000	800.	
50ХН	Закалка	45.000	450.000	294.000	800.	
40ХН2МА	Закалка	45.000	450.000	294.000	800.	
У6	Закалка	58.000	280.000	512.000	988.	
55ПП	Закалка	58.000	280.000	512.000	988.	
сталь						

Рис. 3.6 Выбор материала 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 рис. 3.7,

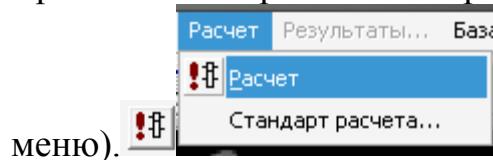
Рис.3.7 Запрос



программы по коэффициентам смещения.

Возможны оба варианта ответов.

3.2.6 Произвести расчёт передачи (пункт «Расчёт» главного



меню).

Рис. 3.8 Запуск расчёта

3.2.7 Открыть диалоговое окно «Результаты» и отметить интересующие результаты расчёта.

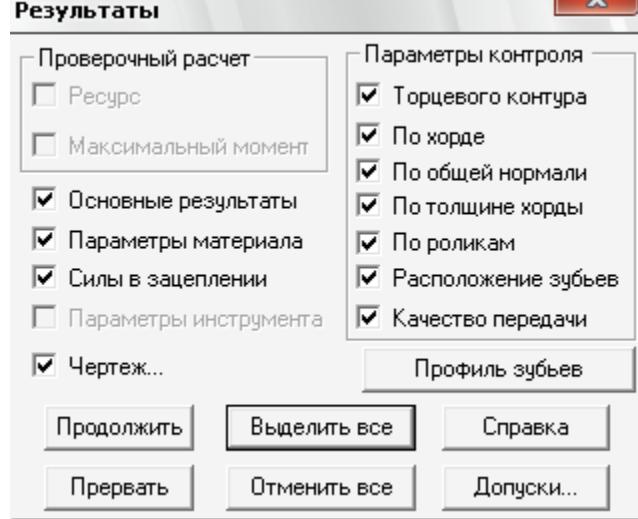
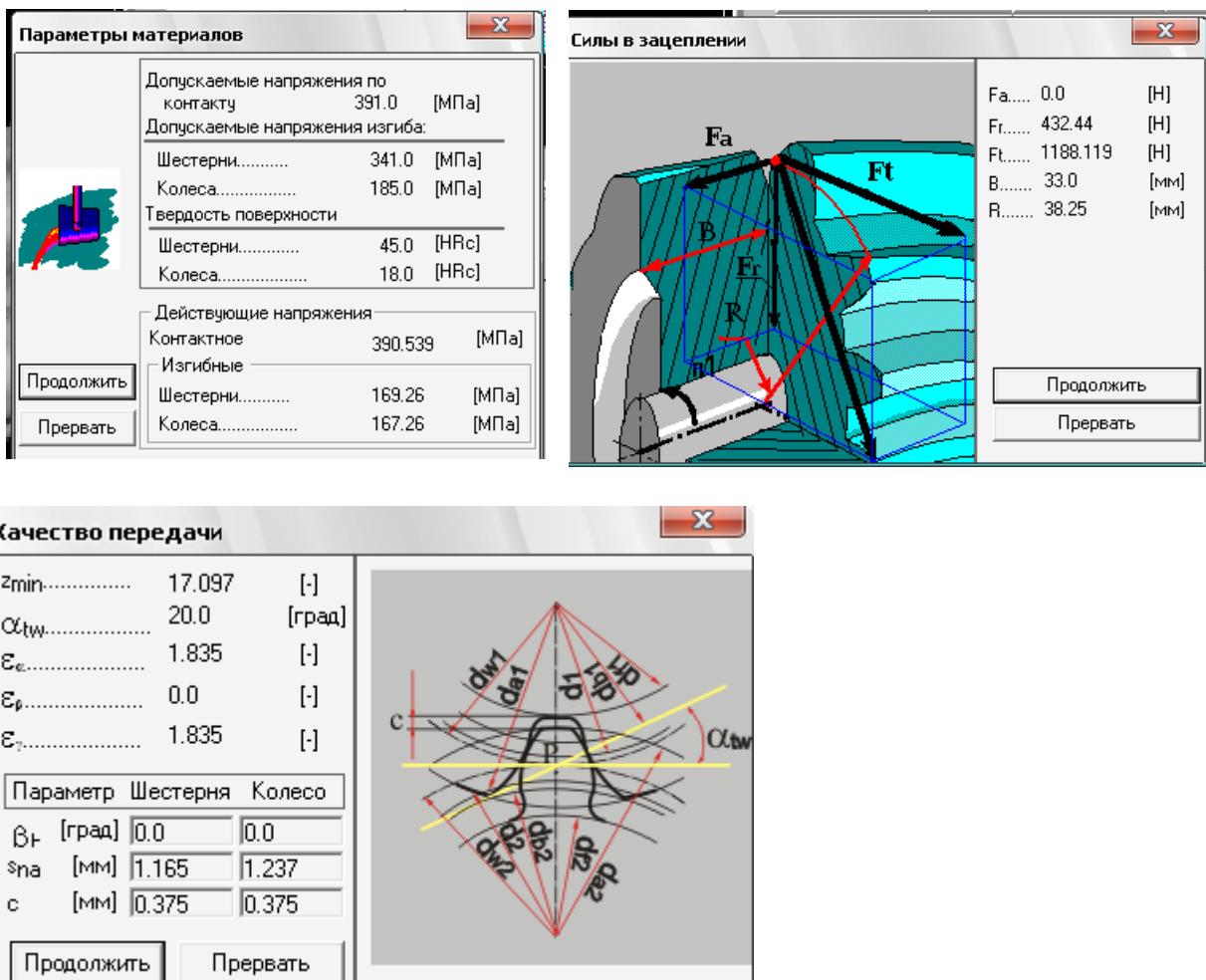


Рис. 3.8 Выбор результатов для просмотра



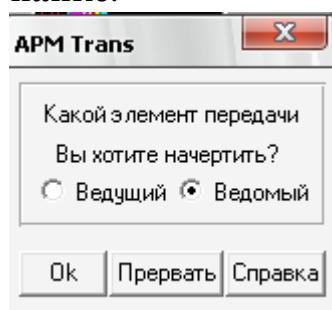
Рис. 3.9 Результаты расчёта основных размеров передачи

3.2.8 При просмотре результатов обратить внимание на величину модуля и число зубьев шестерни. Если они отличаются от рекомендуемых значений в п. 3.2.5 можно прервать просмотр и скорректировать дополнительные исходные данные. Для уменьшения числа зубьев шестерни необходимо увеличить модуль.



3.2.9. По результатам расчёта заполнить таблицы для прямозубой или косозубой передачи для вариантов термообработки 1 и 2.

3.2.10 Подготовить рабочий чертёж зубчатого колеса и сохранить в своей папке.



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

Рис. 3.11 Выбор колеса для изготовления чертежа.

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

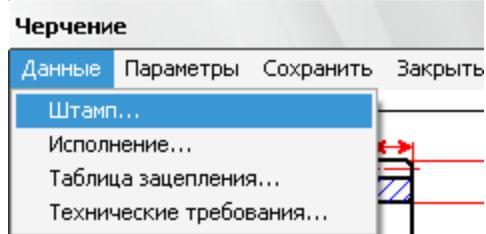
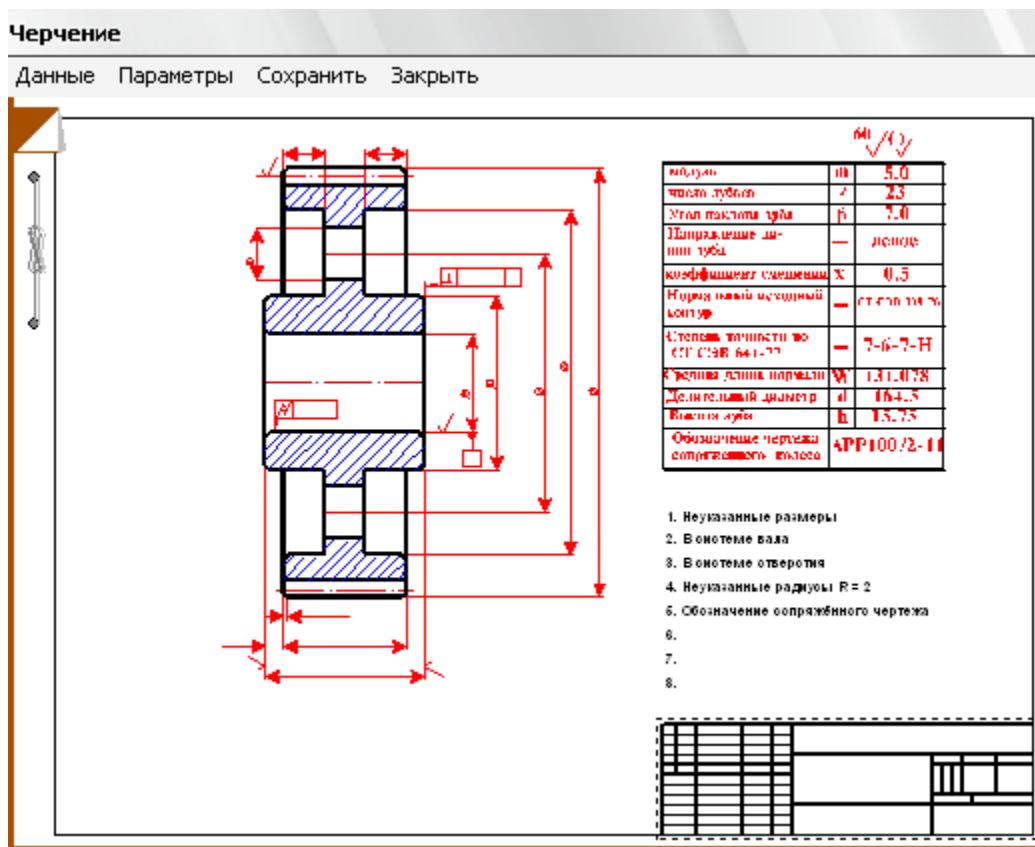


Рис. 3.12 Заполнение штампа.

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

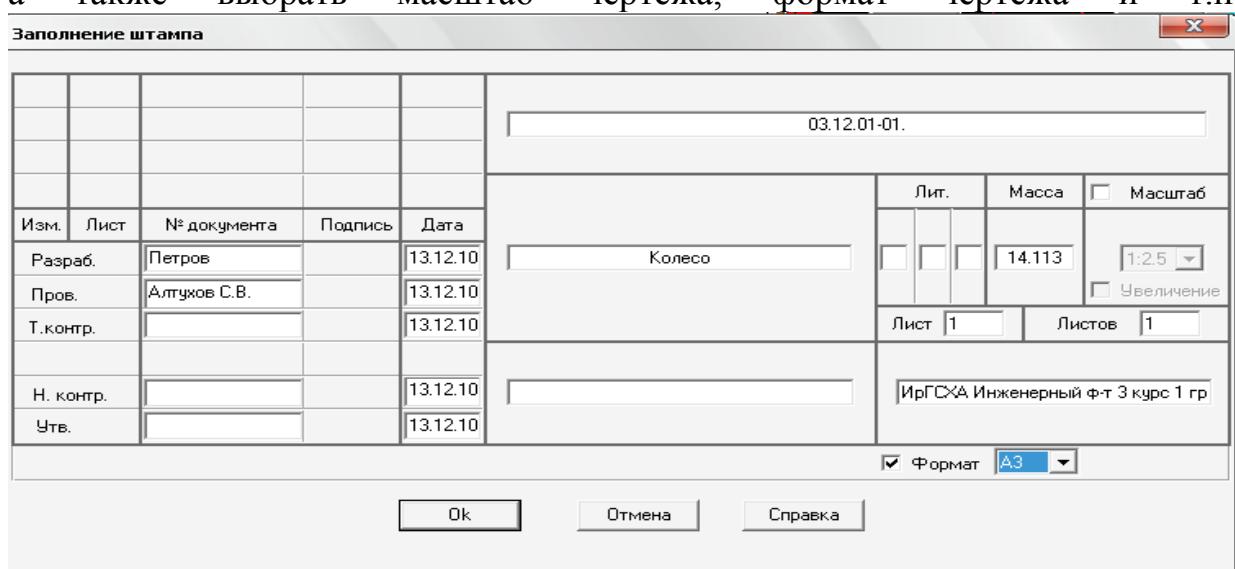


Рис. 3.13 Заполнение основной надписи.

3.2.12 Двойной щелчок левой кнопкой мыши в области изображения колеса (или меню **Данные/Исполнение...**) вызывает открытие диалогового окна **«Выберите тип ступицы»**. Тип ступицы зубчатого колеса выбираем щелчком на одной из трех кнопок этого окна **«Тип ступицы»**

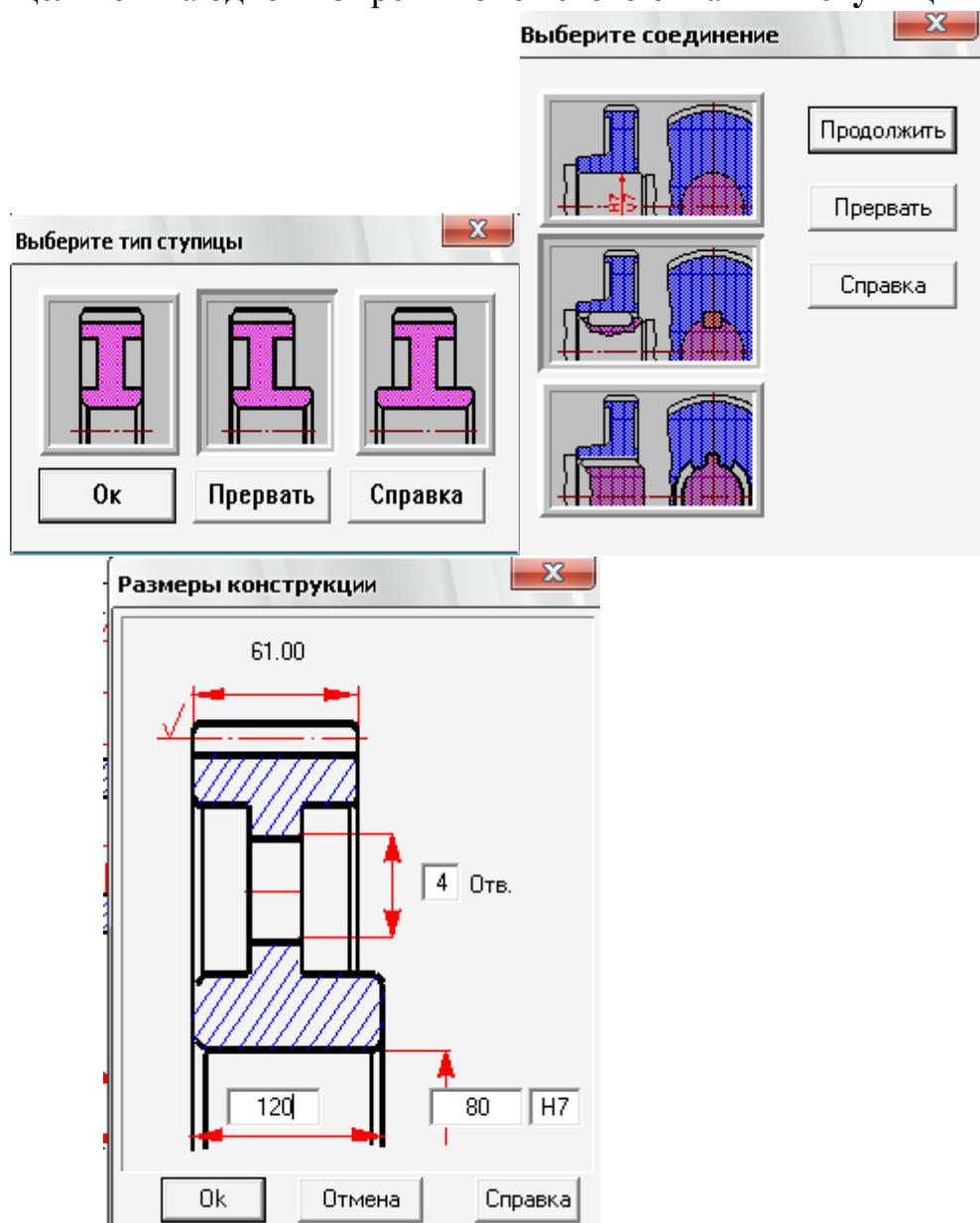


Рис. 3.14 Выбор типа соединения, размеров и конструкции.

Рекомендации: диаметр отверстия в ступице колеса $d_o = (6\dots 7) \sqrt[3]{T}$; длина ступицы $l_{ct} = (1,0\dots 1,8) d_o$, число отверстий на диске 2, 3, 4, 6.

3.2.13 Задание параметров зацепления.

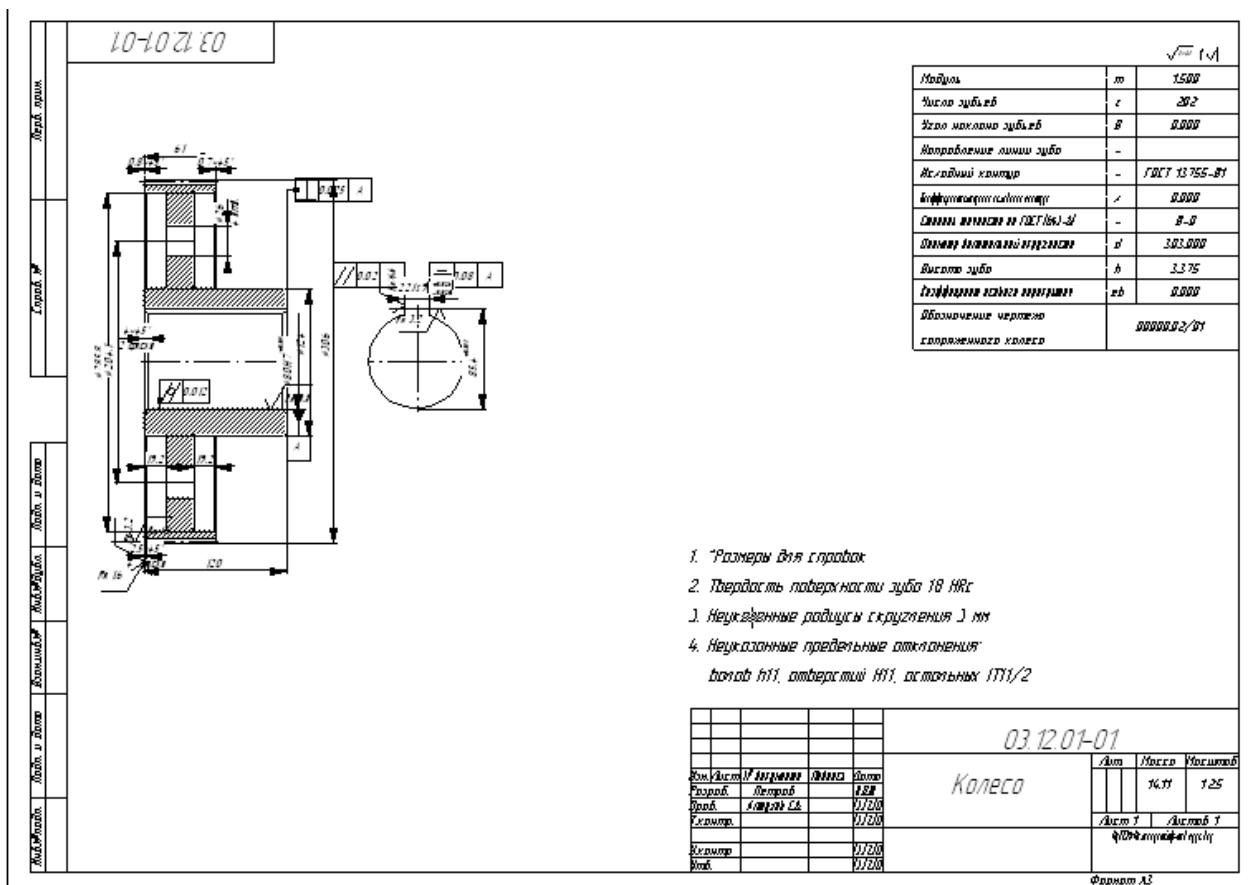
Двойной щелчок левой кнопкой мыши в области таблицы параметров (меню **Данные/Таблица зацепления...**) вызывает открытие диалогового окна **«Таблица зацепления»**. Пользователь может изменить значения параметров, записанные в полях с белым фоном. Нажатием кнопки **«Контр. Параметры»** можно добавить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

3.2.14 Задание технических требований.

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

3.2.15 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.



Форма отчета

Заданные параметры:

Передача:

1) прямозубая, (косозубая)

Зацепление:

внешнее (внутреннее)

Тип расчета:

проектировочный (проверочный)

Основные данные таблица 3.2

		шестерня	колесо
Термообработка	1 2		
Число зацеплений		1	1
Расположение шестерни относительно опор			
Режим работы передачи			
Момент на ведомом колесе, $T_2 \text{ Н}\cdot\text{м}$			
Частота вращения ведомого колеса, $n_2 \text{ мин}^{-1}$			
Передаточное число, i			
Ресурс, срок службы передачи $L_h \text{ час}$			

Дополнительные данные(могут быть заданы) таблица 3.3

	Термообработка 1	Термообработка 2
Межосевое расстояние a_w , мм		
Коэффициент ширины, ψ_{ba}		
Модуль m , мм		
Угол наклона зубьев β , град		
Коэффициент смещения x_1, x_2		
Твердость рабочих поверхностей HRC_1, HRC_2		
Число зубьев, z_1, z_2		
Реверс передачи (да, нет)		
Стандартное межосевое расстояние (да, нет)		

Результаты расчета цилиндрической передачи

Основная геометрия таблица 3.4

Описание, символ, единицы	ТЕРМООБРАБОТКА 1		ТЕРМООБРАБОТКА 2	
	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Термообработка				
Межосевое расстояние a_w , мм				
Модуль m , мм				
Угол наклона зубьев β , град				
Делительный диаметр d , мм				

Основной диаметр d_b , мм				
Начальный диаметр d_w , мм				
Диаметр вершин зубьев d_a , мм				
Диаметр впадин d_f , мм				
Коэффициент смещения x				
Высота зубьев h , мм				
Ширина зубчатого венца b , мм				
Число зубьев z				

Свойства материалов таблица 3.5

параметр	ТЕРМООБРАБОТКА 1		ТЕРМООБРАБОТКА 2	
	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо
Допускаемые напряжения изгиба, $[\sigma_F]$, МПа				
Действующие напряжения изгиба σ_F , МПа				
Твердость рабочих поверхностей HRC				
Допускаемые контактные напряжения, $[\sigma_H]$, МПа				
Расчетные контактные напряжения, σ_H , МПа				

Силы таблица 3.6

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

Параметры качества зацепления таблица 3.7

Параметр	ТЕРМООБРАБОТКА 1		ТЕРМООБРАБОТКА 2	
	1	2		
Угол наклона линии вершин зубьев	β_a			
Минимальное число зубьев, нарезаемых без подреза	z_{min}			
Нормальная толщина зуба на поверхности вершин колеса -шестерни	s_{na}			
Радиальный зазор в зацеплении	c			
Коэффициент торцевого перекрытия	ε_α			
Коэффициент осевого перекрытия	ε_β			
Коэффициент перекрытия	ε			
Угол зацепления	α_{tw}			

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 зuba. Модуль нормальный, окружной.
5. Понятие начальный и делительный диаметр зубчатых колес.
6. Виды разрушений зубьев и связь их с расчётами зубчатых передач.
7. Силы в зацеплении их величина и направление.
8. Понятие коррекция зубьев, коэффициент смещения.
9. Коэффициент перекрытия зубьев.
- 10.Как можно уменьшить величину действующих контактных напряжений при заданной нагрузке?

4. Проектирование конических зубчатых передач

Лабораторная работа № 4

Цель работы: научиться проектировать конические передачи в APMTrans, оценивать полученные результаты, выполнять рабочий чертеж конического колеса.

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

Варианты исходных данных

Таблица 4.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T _{2,н*м}	350	400	500	650	790	880	920	550	720	380	280	440	690	980
n _{2,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
Термообработка 2*	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4
Режим работы	Тяж.	Сред	Легк	Постоян	Тяж.	Сред.	Легк.	Постоян	Тяж.	Тяж.	Сред.	Легк.	Постоян	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 13754-81, для передач с круговыми зубьями по ГОСТ 16202-81.

4.1 Теоретическая часть

Изучить следующие вопросы: 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. [АРМBook глава 7.1Цилиндрические зубчатые передачи; глава 7.2Передачи коническими зубчатыми колесами]

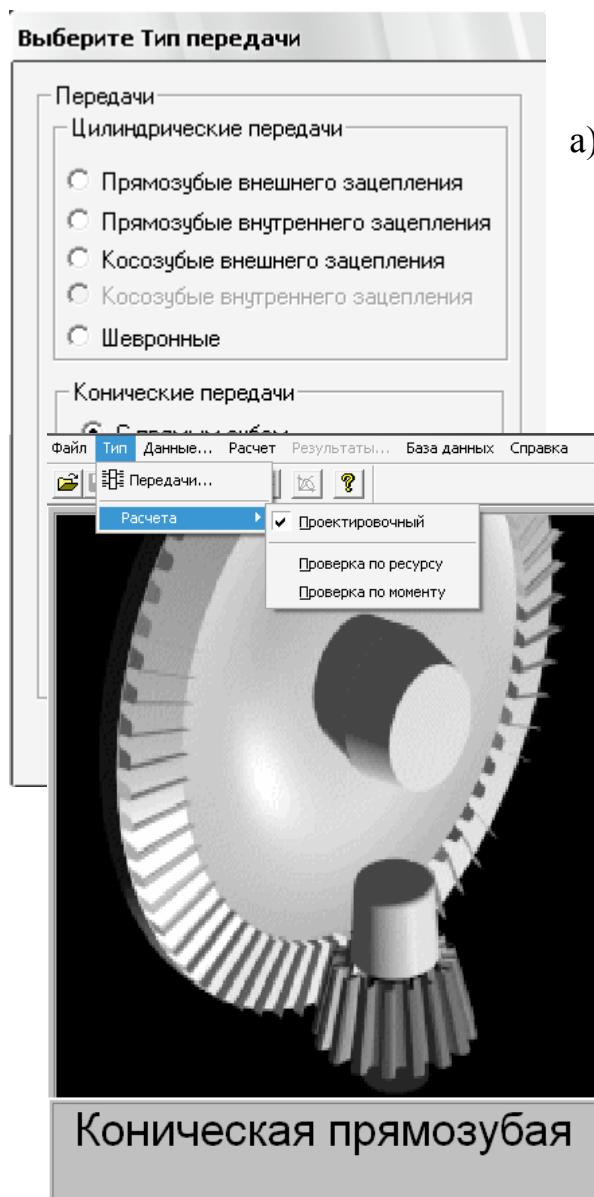
Порядок выполнения

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 рис.1а.



а)

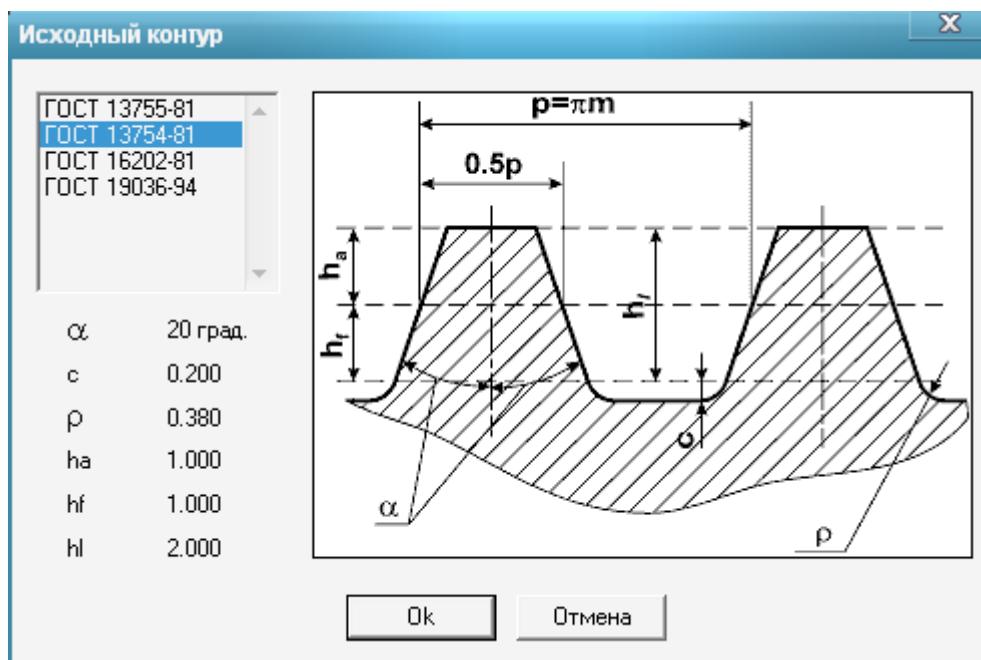
Рис. 1

а)Меню выбора типа передачи

б) Вкладка для выбора типа расчета

б)

2. Указать **тип расчета** – проектировочный рис.1б.
3. **Установить стандарт** – ГОСТ (меню «База данных» / «Установить стандарт»), проверить исходный контур рис.3.



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

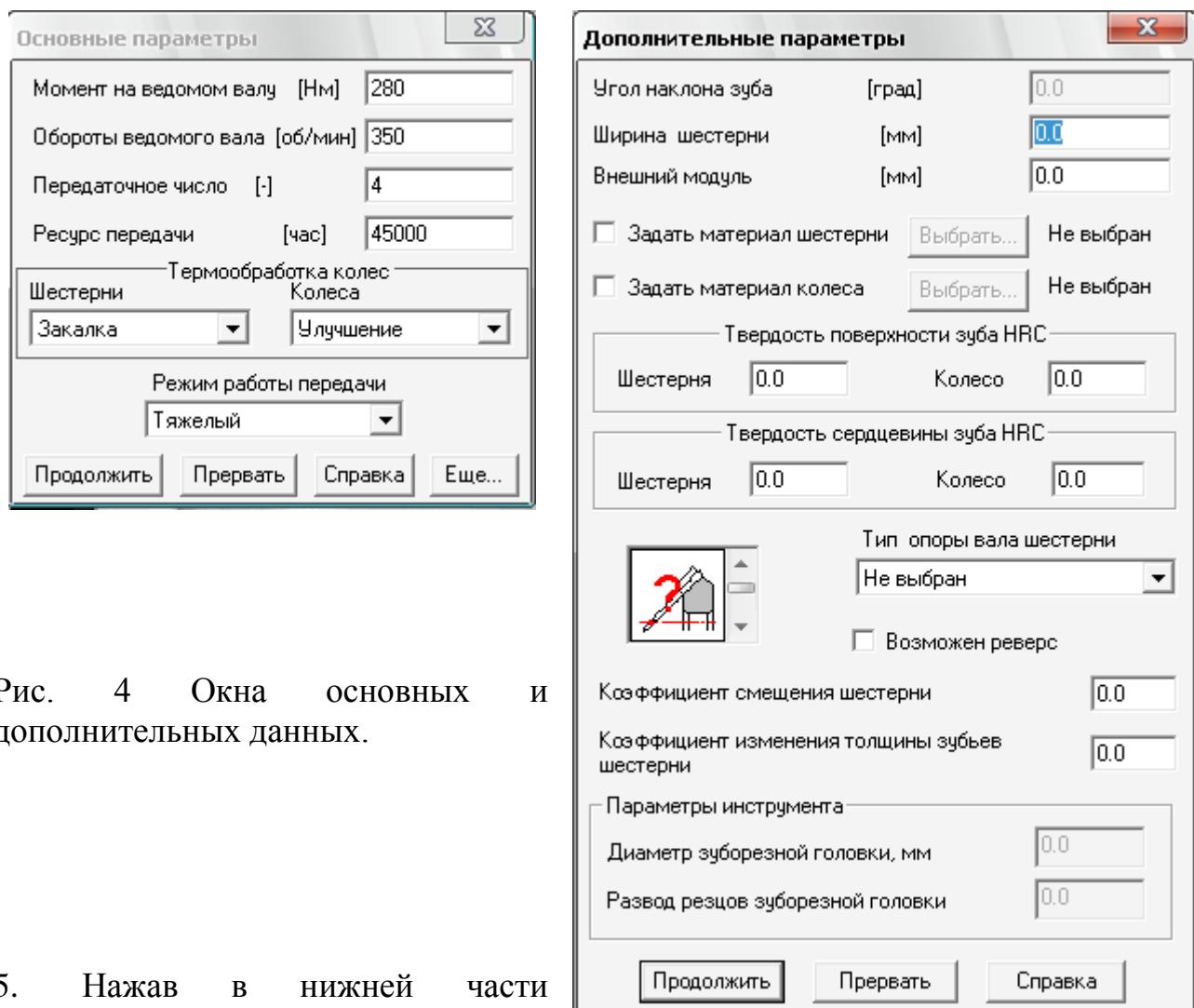
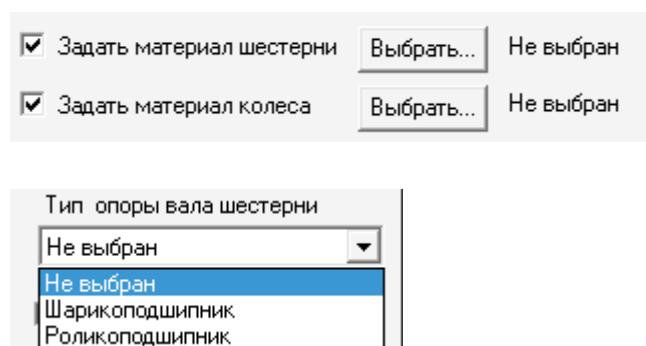


Рис. 4 Окна основных и дополнительных данных.

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



Для корректного проведения расчета необходимо указать точное значение твердости поверхности зубьев (см. П7 Лабораторная работа 1).

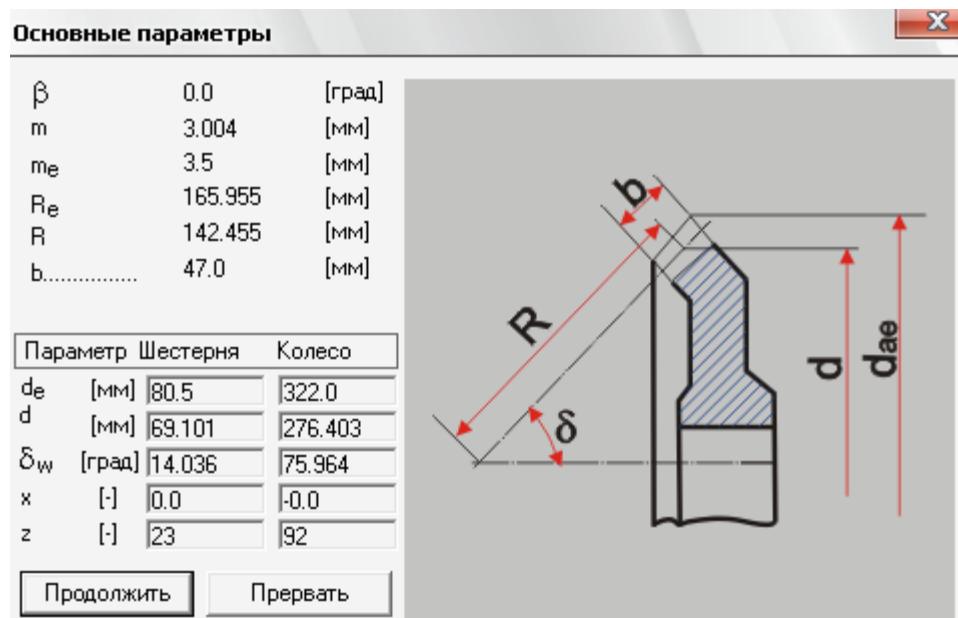
После нажатия кнопки «Продолжить» программа выдаст запросы о том, действительно ли коэффициент смещения шестерни x_1 и коэффициент изменения толщины зуба x_t должны иметь нулевые значения. Следует

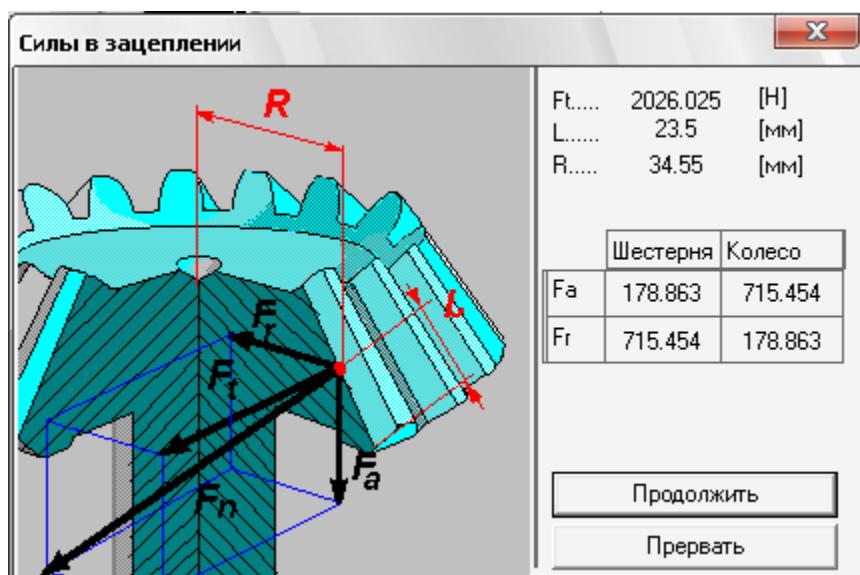
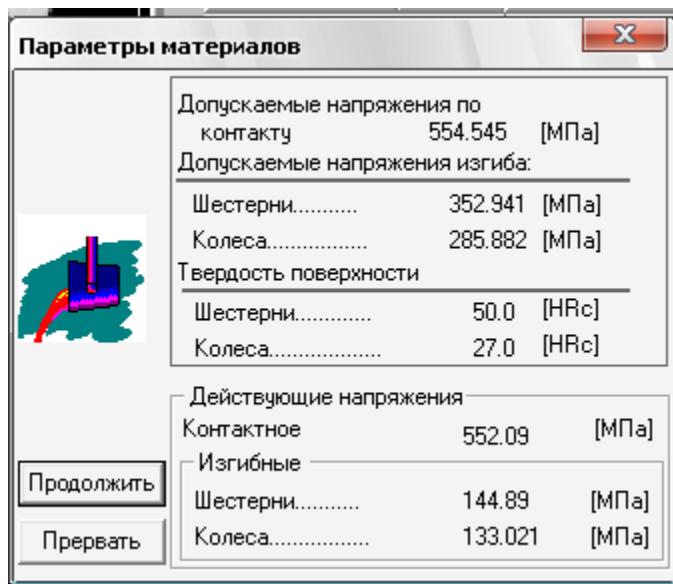
ответить «Да», так как коэффициент изменения толщины зуба при проведении расчета не учитывался, т.е. было принято $x_t = 0$.

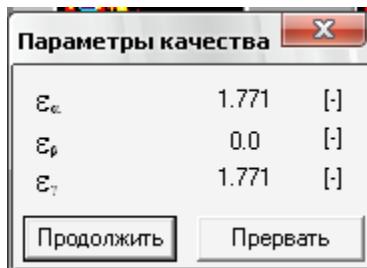
6. Произвести расчет передачи (пункт «Расчет» главного меню).
7. Открыть диалоговое окно «Результаты» и отметить флажками интересующие результаты расчета.



Нажав «Продолжить» просмотрим результат, оценим их. При необходимости прервем просмотр, уточним исходные данные и повторим расчет.

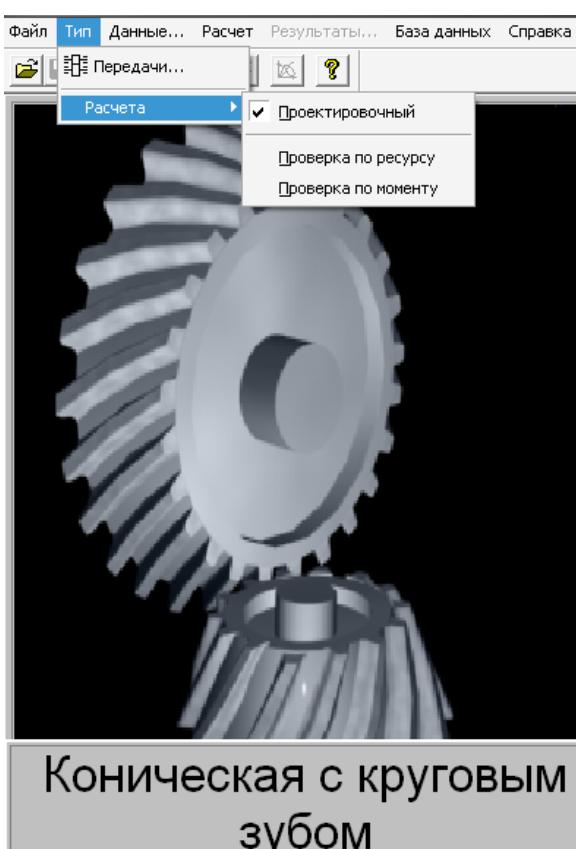






1.2 Расчет конической передачи с круговыми зубьями

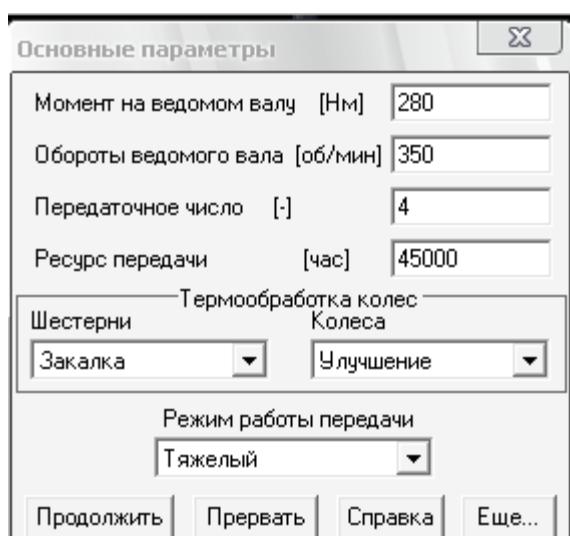
Расчет передачи в программе APM Trans следует проводить следующим образом:



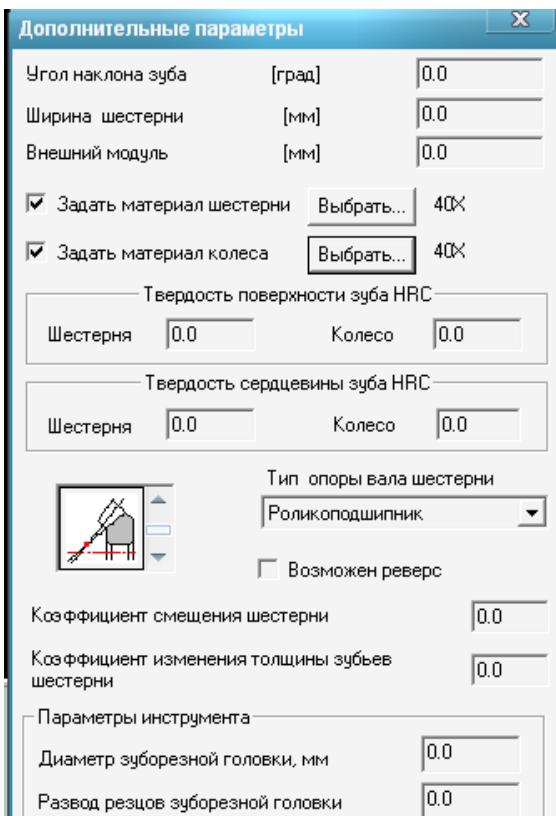
Коническая с круговым зубом

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. табл.2.1)

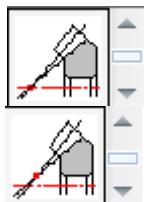
Рис.



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

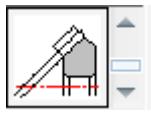


1. Выбрать осевую форму зуба.



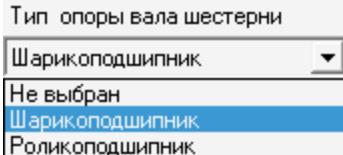
при $z_{\Sigma} = \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = 20 \dots 100$, $m = 2 \dots 2,5$;

при массовом или крупносерийном изготовлении;



при $z_{\Sigma} = \sqrt{z_1^2 + z_2^2} \geq 40$, $Re = 75 \dots 750$

3. Тип опоры вала шестерни.



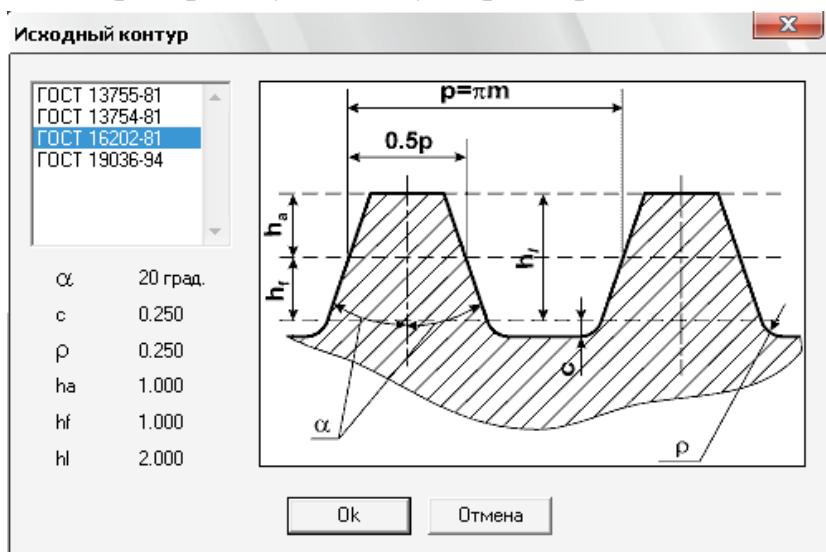
3. Возможность реверса (да, нет).

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

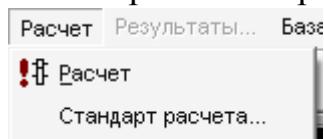
После нажатия кнопки «Продолжить» программа выдаст запросы о том, действительно ли коэффициент смещения шестерни x_1 и коэффициент изменения толщины зуба x_t должны иметь нулевые значения.

Рекомендуется на первый вопрос ответить «Нет» (это способствует повышению сопротивляемости заеданию, если $x_1 > 0$) навторой ответить «Да», так как коэффициент изменения толщины зуба при проведении расчета не учитывался, т.е. было принято $x_t = 0$.

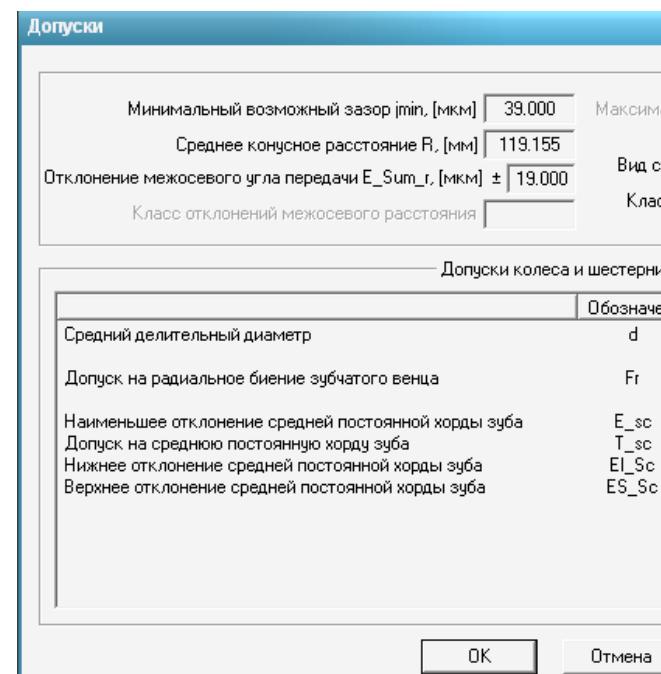
6. Проверить установку параметров исходного контура (по умолчанию в меню «База данных» / «Исходный контур» установлен ГОСТ 16202-81 – исходный контур зубчатых конических колес с круговыми зубьями).

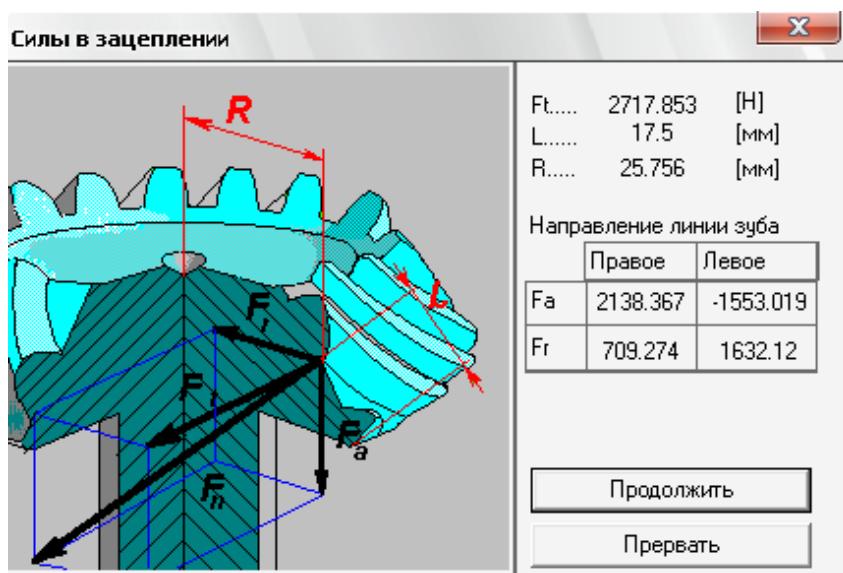
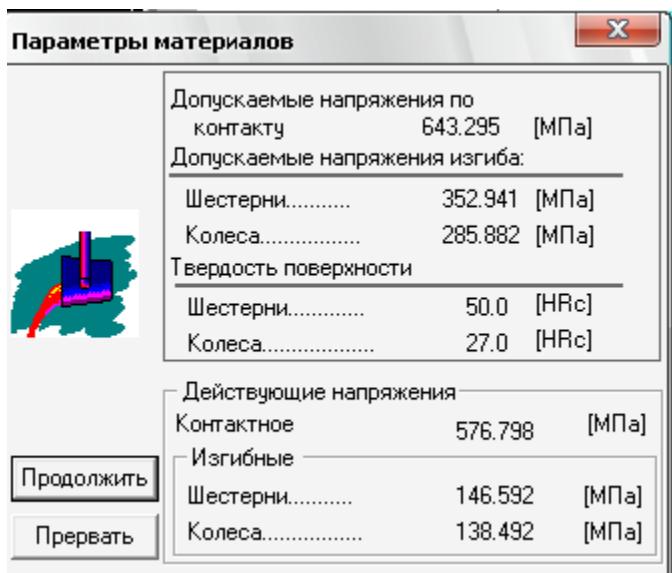
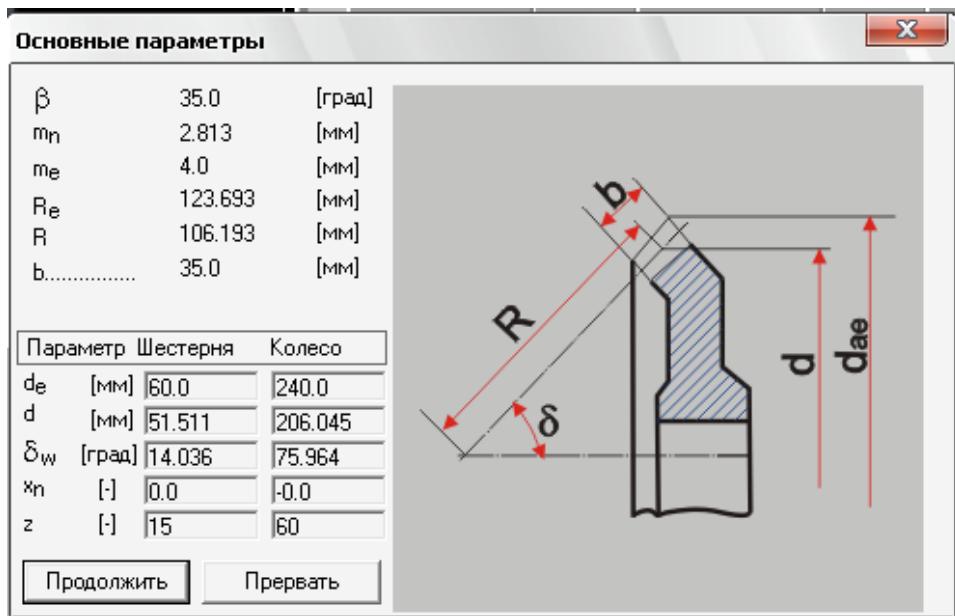


7. Произвести расчет передачи (пункт «Расчет» главного меню).



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





Обратите внимание: если осевая сила $F_a < 0$, то соответствующее направление наклона зубьев не рекомендуется для использования.

Основные геометрические параметры

Параметры Шестерня Колосо		
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
θ _a [град]	1.896	1.896
θ _f [град]	1.896	1.896
δ _a [град]	15.933	77.86
δ _f [град]	12.14	74.067
B [мм]	119.177	26.709

Параметры качества

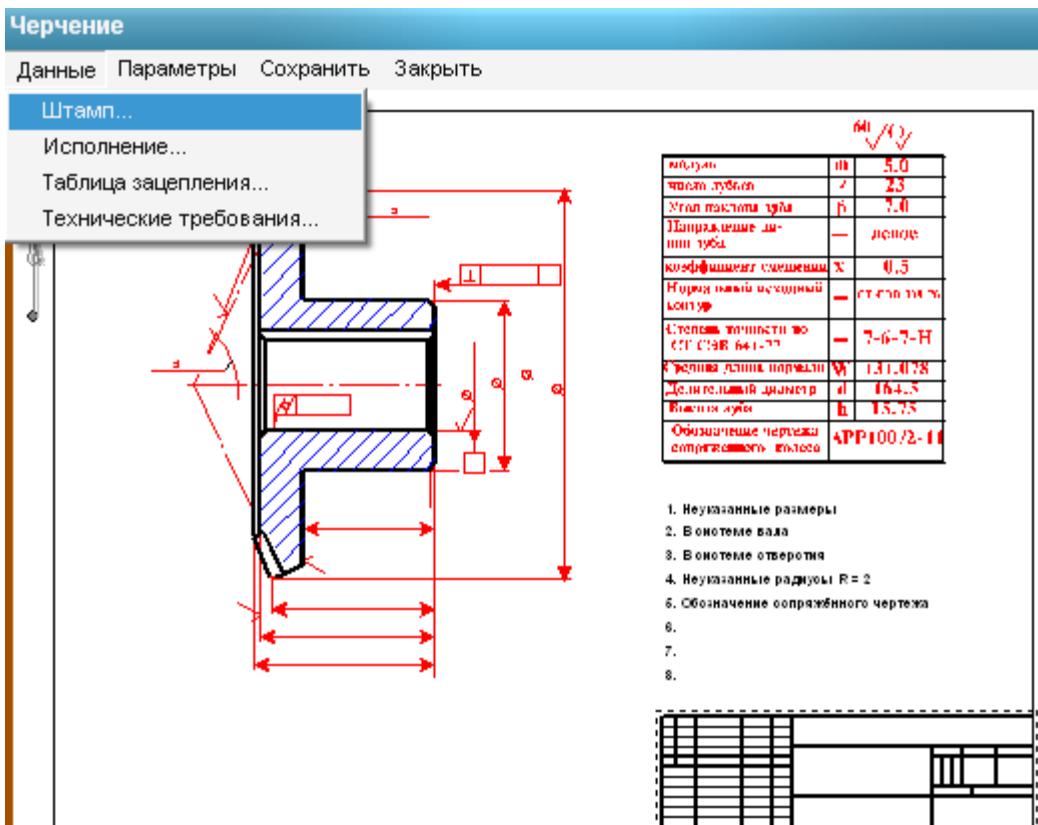
ε _c	1.49	[·]
ε _p	2.272	[·]
ε _r	3.761	[·]

Продолжить **Прервать**

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.-

Заполнение штампа

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

колесо

Лит.
Масса
 Масштаб

5.729
1:1
 Увеличение

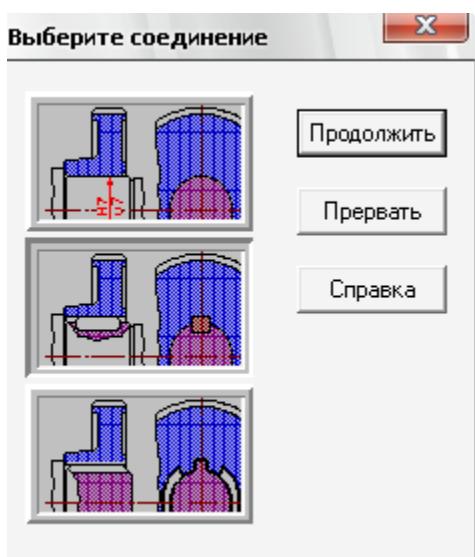
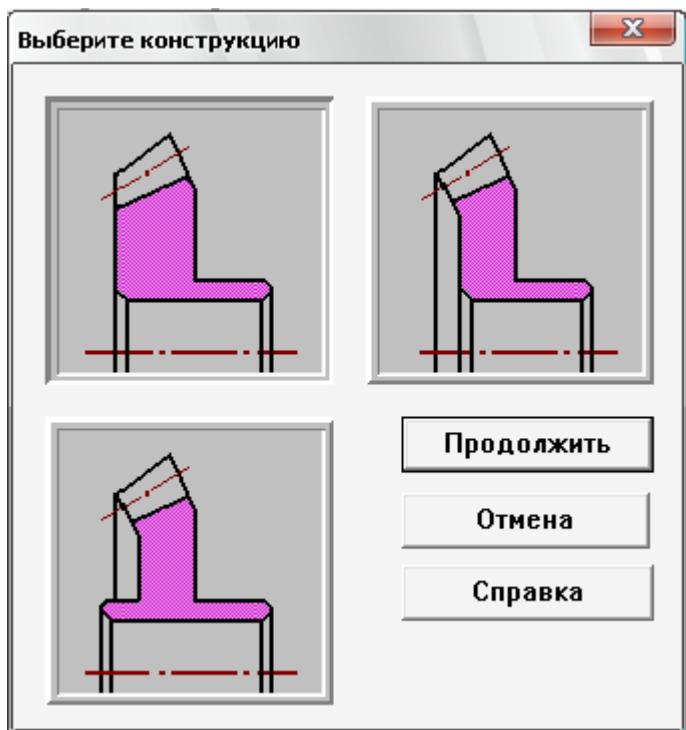
Лист 1
Листов 1

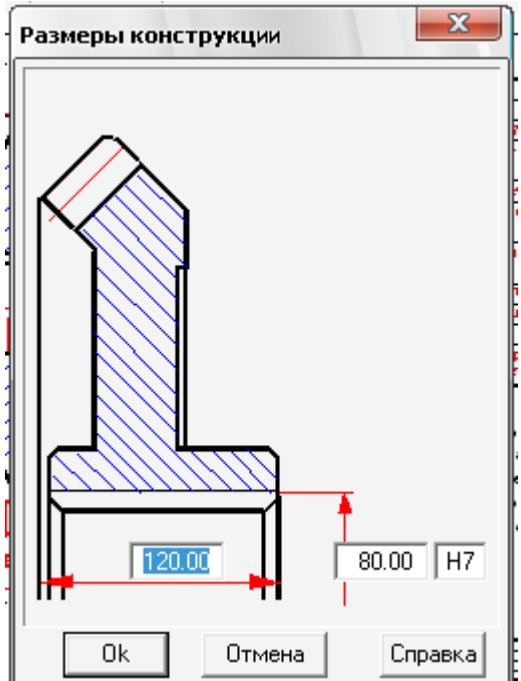
ИрГСХА Инженерный Ф-т

Формат
A1
A0
A1
A2
A3

Ok
Отмена
Справка

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

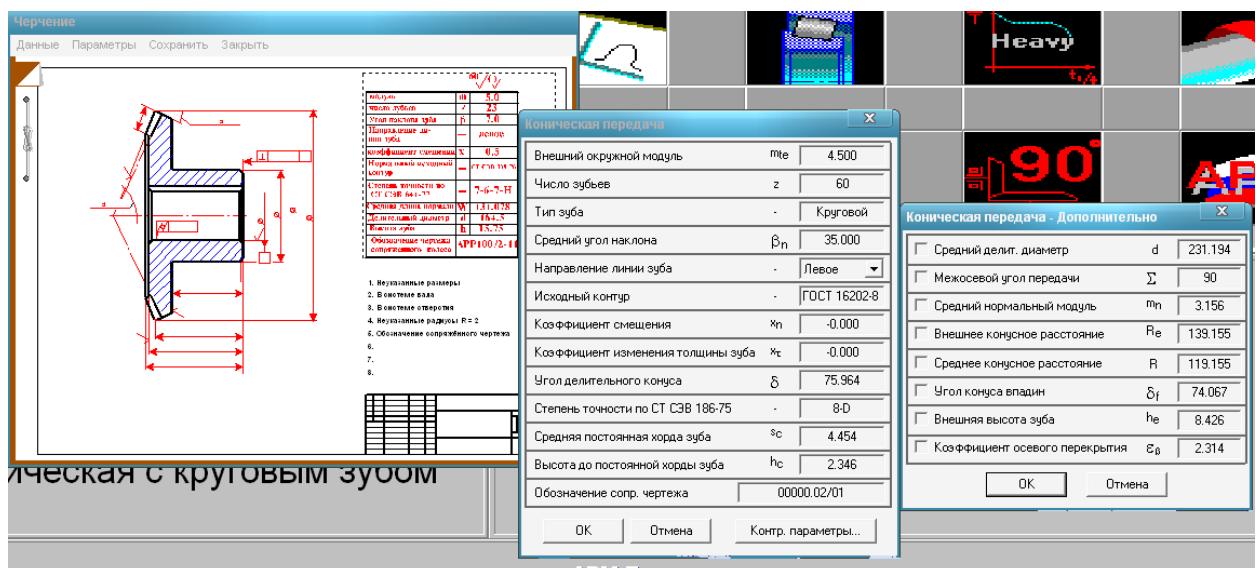
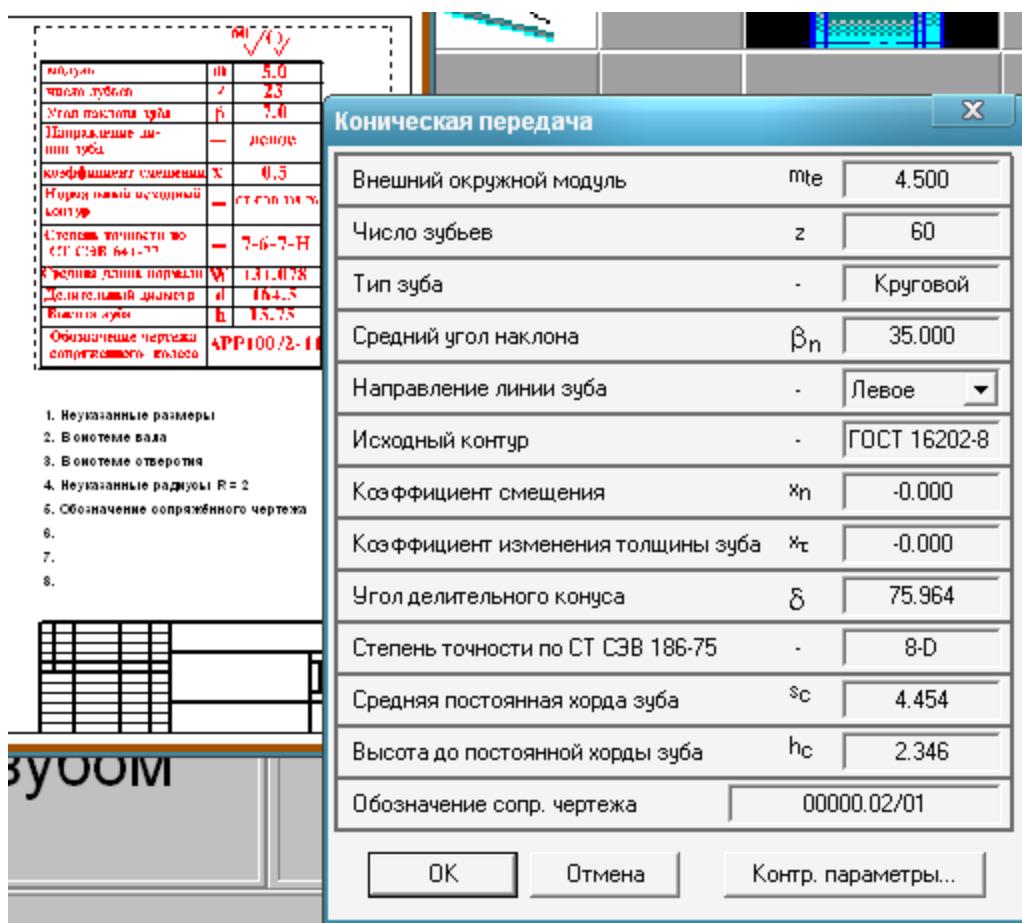


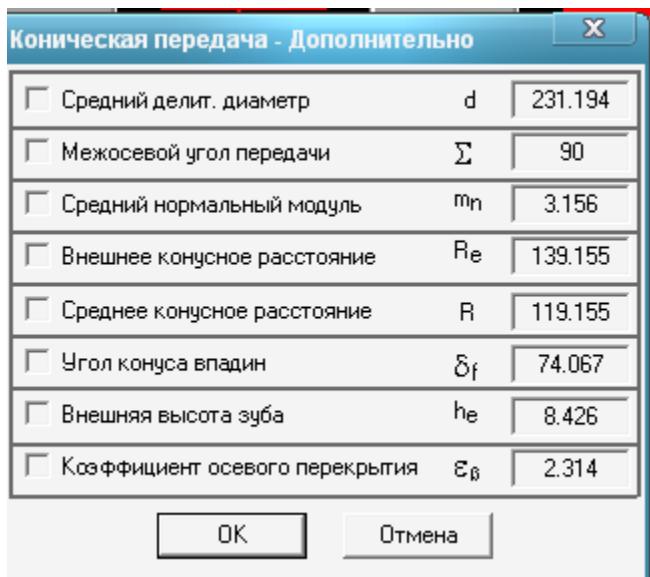


Рекомендации: диаметр отверстия в ступице колеса $d_{вал} = (6\dots 7) \sqrt[3]{T_2}$; длина ступицы $l_{ст} = (0,8\dots 1,5) d_{вал}$

3. Задание параметров зацепления.

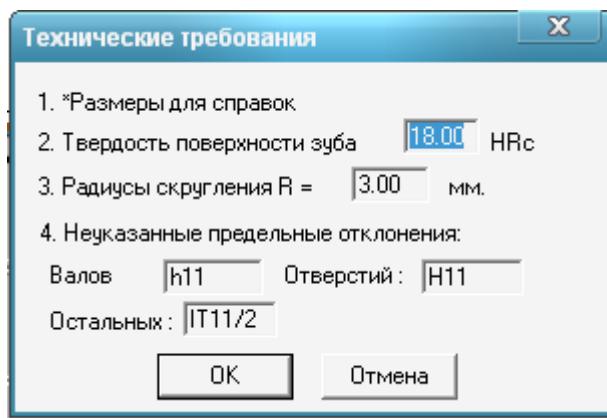
Двойной щелчок левой кнопкой мыши в области таблицы параметров (меню **Данные/Таблица зацепления...**) вызывает открытие диалогового окна «Таблица зацепления». Пользователь может изменить значения параметров, записанные в полях с белым фоном. Нажатием кнопки **«Контр. Параметры»** можно добавить в таблицу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





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.



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.

5. Ответить на контрольные вопросы.

Форма отчета

1. Заданные параметры для расчета конической прямозубой передачи в APM Trans:

Передача:

Тип расчета:

Коническая прямозубая

проектировочный

Основные данные

Стандарт	ГОСТ	
Исходный контур	ГОСТ 13754-81	
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 ⁻¹		
Передаточное число i		
Ресурс L_h , час		

2. Результаты расчета конической прямозубой передачи 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	δ				
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	σ_F , МПа				
Действующие контактные напряжения	σ_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:

Тип расчета:

Коническая с круговыми зубьями
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 ⁻¹		
Передаточное число i		
Ресурс L_h , час		

4. Результаты расчета конической передачи с круговыми зубьями 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	δ				
Внешний окружной модуль	m_e , мм				
Внешнее конусное расстояние	R_e , мм				
Ширина зубчатого венца	b , мм				
Допускаемые напряжения изгиба	[σ_F], МПа				
Допускаемые контактные напряжения	[σ_H], МПа				
Твердость рабочих поверхностей	-, HRC				
Действующие напряжения изгиба	σ_F , МПа				
Действующие контактные напряжения	σ_H , МПа				
Тангенциальная сила	F_t , Н				
Радиальная сила	F_r , Н				
Осьевая сила	F_a , Н				

5. Сравнить результаты расчета, сделать выводы.

6. Подготовить и сохранить чертеж конического колеса

7. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы:

1. Достоинства и недостатки конических передач?
2. Перечислите виды зубьев конических колес, укажите их достоинства.
3. Что такое ортогональная коническая передача?
4. Назовите главный параметр конической передачи.
5. Перечислите основные параметры конических передач.
6. Как влияет вид зубьев и их твердость на размеры колес?
7. Как влияет вид зубьев на размеры передачи и на коэффициент перекрытия?
8. Как влияет твердость материала зубчатых колес на размеры передачи?
9. Как изменяются параметры передачи при учете возможности реверса?
10. Влияет ли на параметры передачи вид используемых подшипников?
11. В каких случаях применяют конические зубчатые передачи?
12. Какими достоинствами обладают конические колеса с круговыми зубьями по сравнению с прямозубыми?
13. Является ли модуль зацепления постоянной величиной для конических зубчатых колес?
14. Как направлены осевые силы, действующие в зацеплении конических передач?
15. Что понимают под эквивалентным цилиндрическим колесом?
16. Что такое осевая форма зубьев конических колес?

Проектирование червячных передач

Лабораторная работа № 5

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

Задание: Задание: рассчитать червячную передачу, подготовить рабочие чертежи червячного колеса и червяка.

Варианты исходных данных

Таблица 3.1

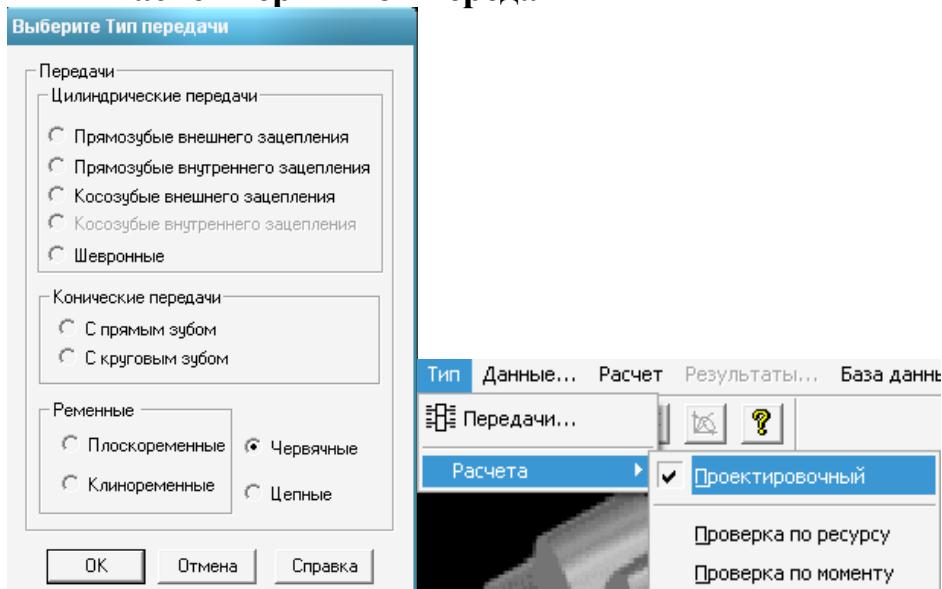
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T _{2,н*м}	250	200	280	380	490	580	420	500	620	800	680	540	390	780
n _{2,об/мин}	180	50	100	80	80	50	70	40	20	40	27	50	42	30
u	16	20	25	28	31,5	35,5	40	45	50	40	31,5	28	25	40
Срок службы, тыс. час	15	18	20	15	20	12	20	15	20	15	16	14	12	15
Режим работы	тяж	пост	Сред. вер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

5.1 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. [АРМBook глава 7.3 Червячные передачи]

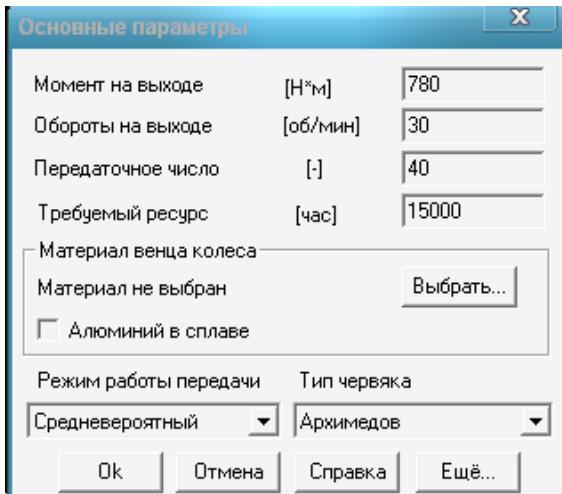
Порядок выполнения

Расчет червячной передачи



Расчет червячной передачи в модуле АРМTrans начинается:

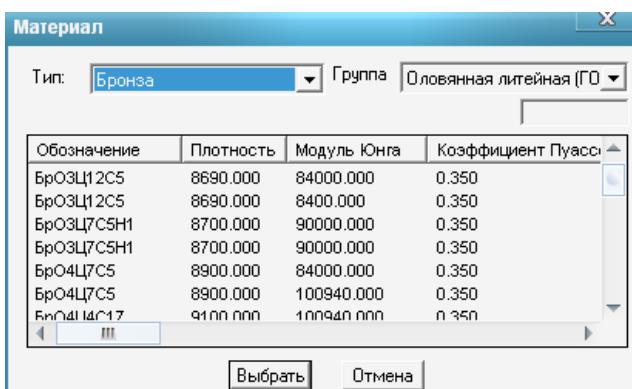
1. С задания основных параметров (см. табл. 3.1), которые вводятся с помощью диалогового окна «Основные данные».



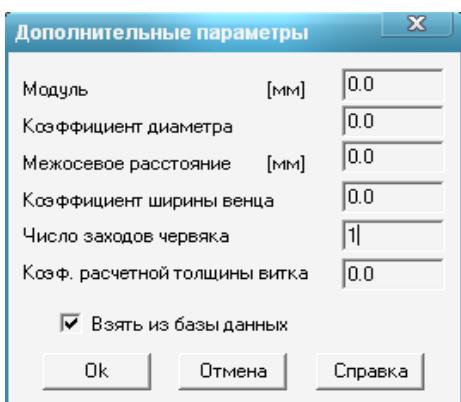
2. Материал червячного колеса рекомендуется выбрать по ожидаемой скорости скольжения

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

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. Причем, чем больше V_s тем больше должно быть олова в сплаве.



При необходимости можно также задать дополнительные данные



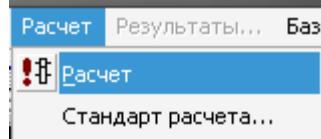
(кнопка «Ещё»), среди которых:

- 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 флајок «Взять из базы данных», определив тем самым выбор геометрических параметров передачи из базы рекомендованных значений.

Провести расчет (пункт «Расчет» главного меню).



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

Результаты червячной передачи

Проверочный расчет

Максимальный момент

Основные параметры

Силы в зацеплении

Основная геометрия

Параметры контроля

Метод охлаждения

Чертеж...

Продолжить

Отмена

Справка

Выбрать все

Снять выделение

Допуски...

Допуски

Класс точности E Вид сопряжения D Пересчёт

Минимальный возможный зазор l_{min} , [мкм] 63.000

Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде E_{cs} , [мм] 0.187

Допуск на толщину витка T_{cs} , [мм] 0.065

Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_{cs} , [мм] 0.252

Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде EI_{sc} , [мм] 0.187

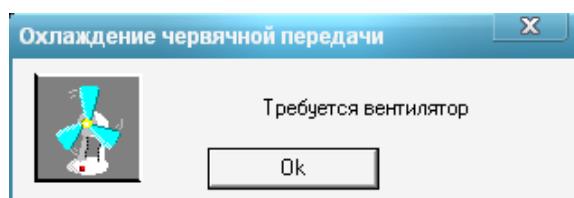
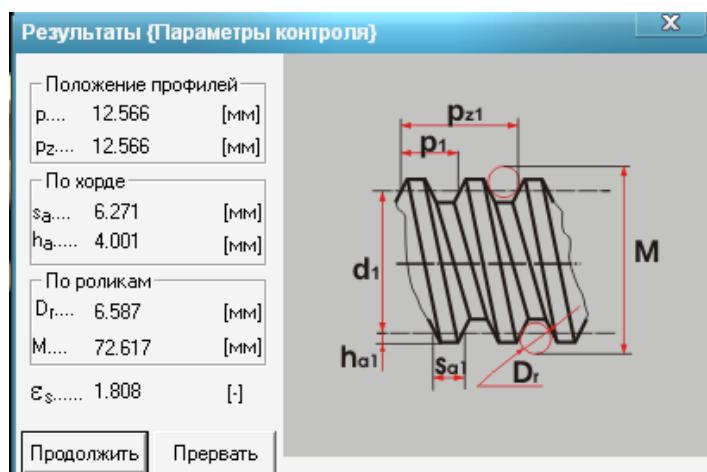
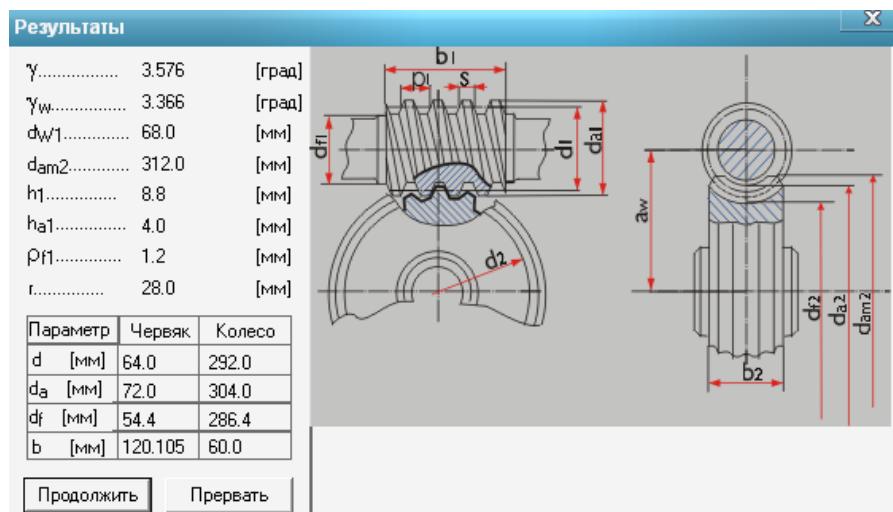
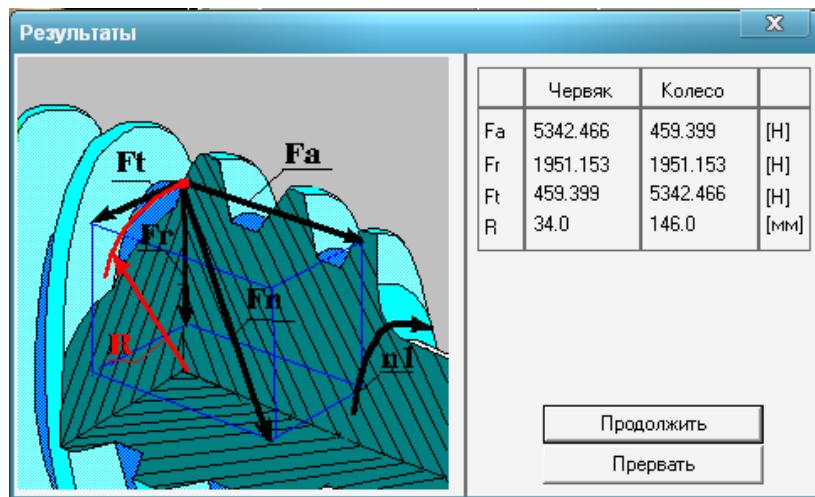
Допуск на радиальное биение Fr , [мм] 0.071

OK Отмена Справка...

Результаты

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

Продолжить Прервать



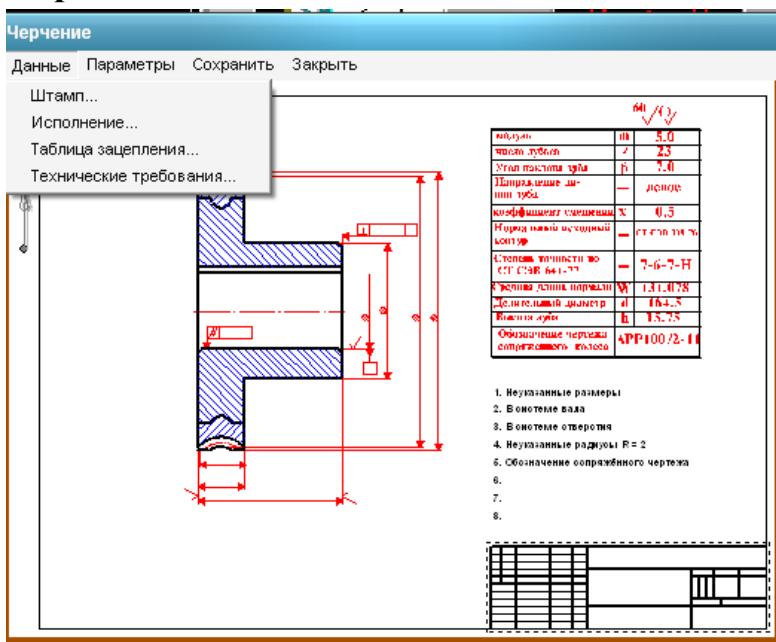
2. Заполнить таблицы результатов расчета передачи.

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

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

Расчетная скорость должна соответствовать рекомендациям П.2. 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 $d_{вал} = (6\dots 7) \sqrt[3]{T_2}$; длина ступицы $l_{ст} = (1,0\dots 1,8) d_{вал}$, число отверстий на диске 2, 3, 4, 6.

Заполнение штампа				
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

червячное колесо

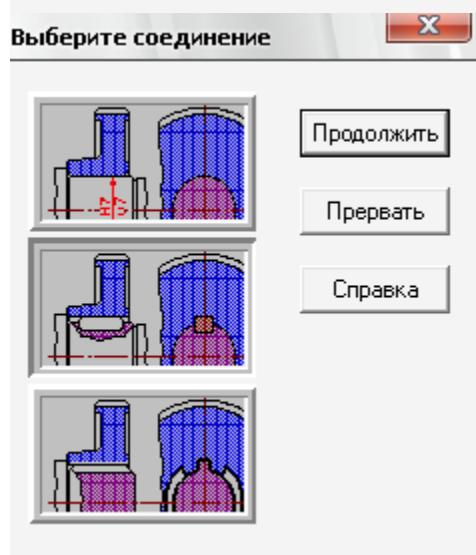
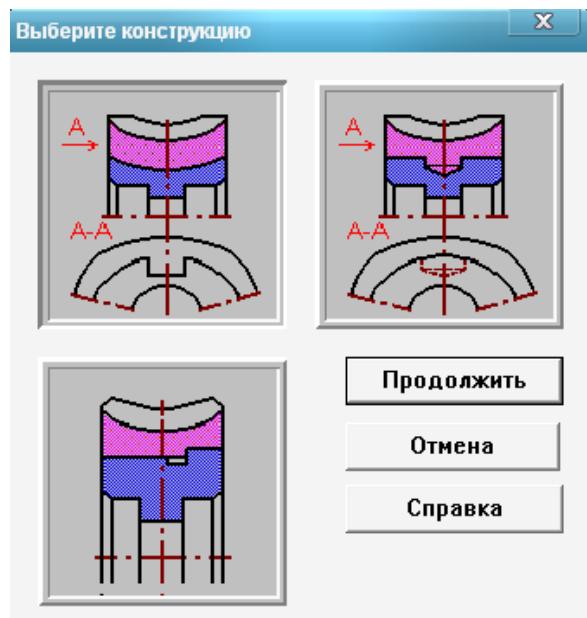
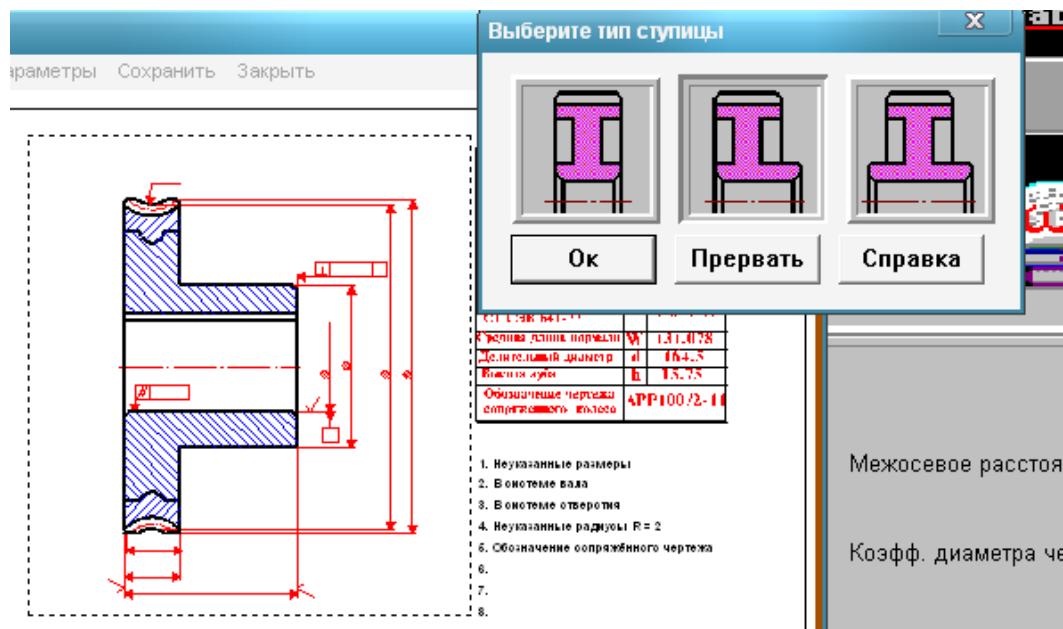
Лит.
Масса
 Масштаб

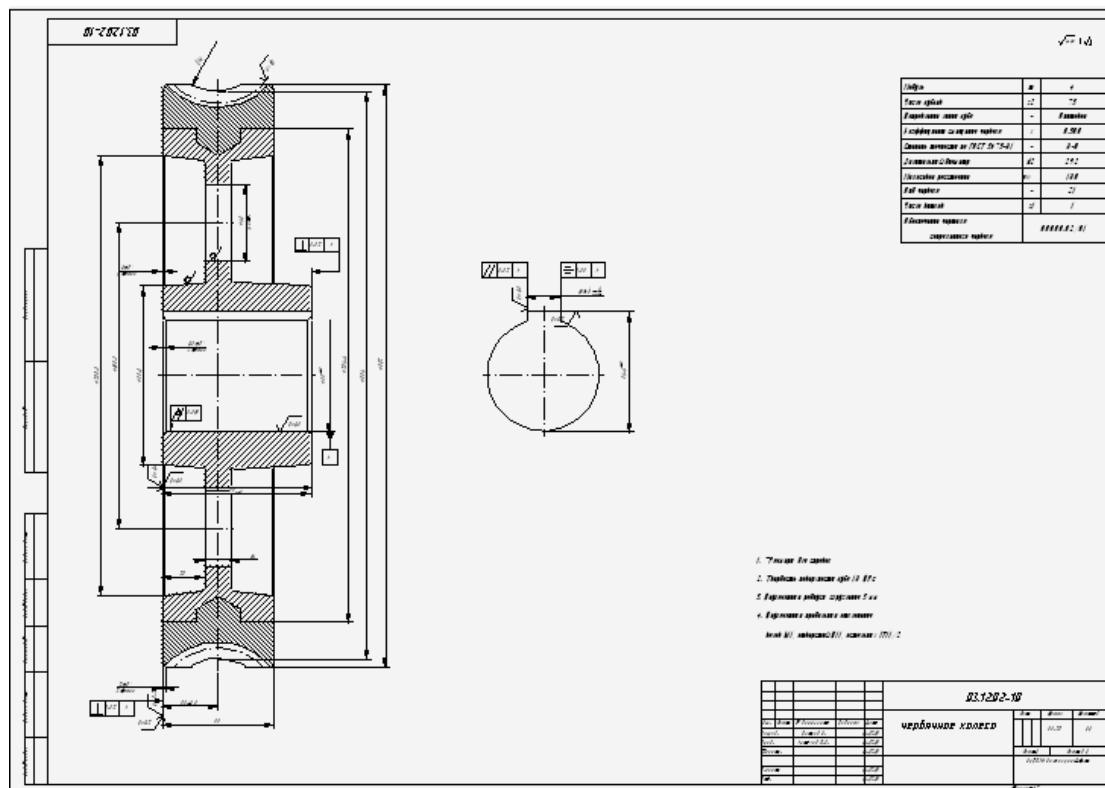
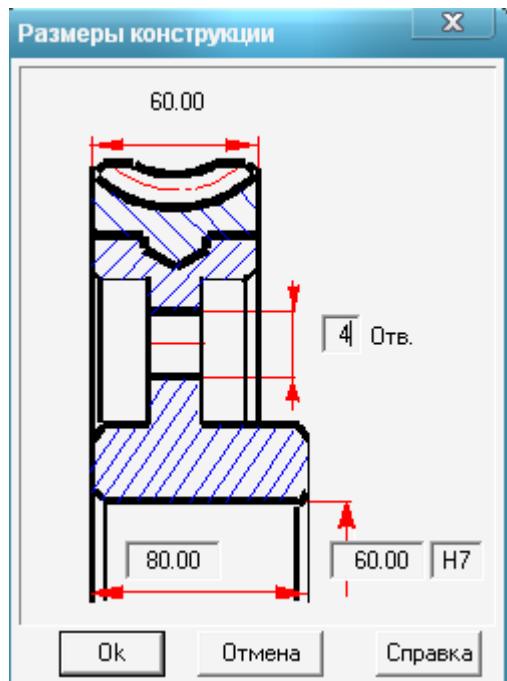
36.256
1:1

Лист
1
Листов
1

Формат
A3

Ok
Отмена
Справка





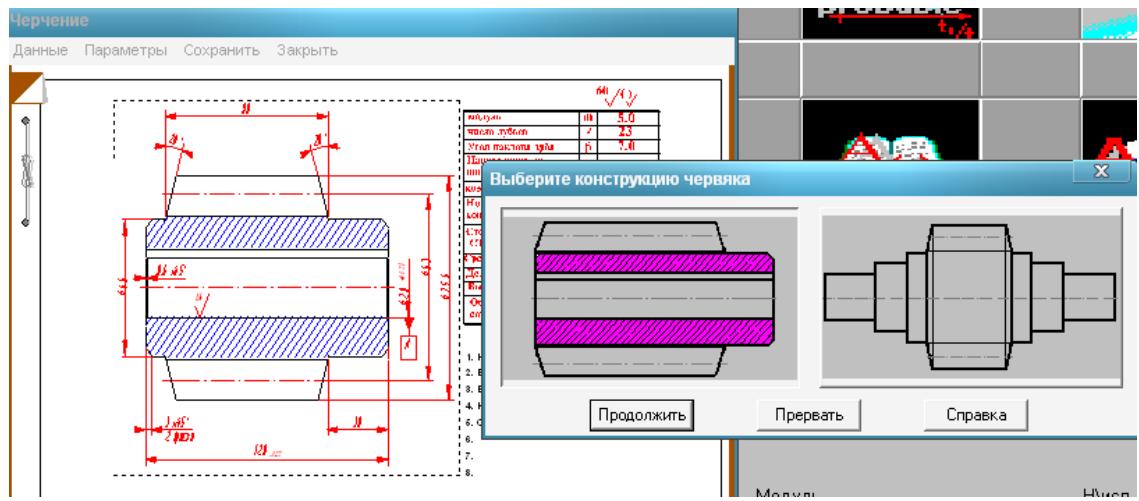


Таблица параметров зацепления		
Модуль	m	4.00
Число зубьев	z	73
Направление зубьев	-	Винтовой ▾
Нормальный исх. контур	-	ГОСТ 19036-8
Коэффициент смещения	x	0.50
Степень точности	-	8-D
Межосевое расстояние	-	180.000
Делительный диаметр	d	292.0000
Тип сопряженного червяка	-	ZN1 ▾
Число заходов червяка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

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
	<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Отмена"/>

5. Ответить на контрольные вопросы

Форма отчета

Заданные параметры:

Передача: Червячная

Тип расчёта: проектировочный

Основные данные

Момент вращения на ведомом валу T_2 , Нм	
Частота вращения ведомого вала n_2 , мин ⁻¹	
Передаточное число и	
Возможен реверс (да/нет)	
Ресурс L_h , час	
Рабочий режим передачи	
Скорость скольжения, м/с	

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

Результаты APMTrans

Общие параметры

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

Силы

Описание	Символ, единицы	Червяк	Колесо
Тангенциальная сила	$F_t, \text{Н}$		
Радиальная сила	$F_r, \text{Н}$		
Осевая сила	$F_a, \text{Н}$		

Геометрические параметры

Описание	Символ, единицы	Червяк	Колесо
Делительный угол подъема витков	$\gamma, \text{град}$		
Начальный угол подъема витков	$\gamma_w, \text{град}$		
Делительный диаметр	$d, \text{мм}$		
Начальный диаметр	$d_{wl}, \text{мм}$		
Высота витка червяка	$h_l, \text{мм}$		
Высота головки витка червяка	$h_{al}, \text{мм}$		
Диаметр вершин	$d_a, \text{мм}$		
Наибольший диаметр червячного колеса	$d_{wM2}, \text{мм}$		
Радиус кривизны переходной кривой червяка	$\rho_{fl}, \text{мм}$		
Длина нарезанной части червяка	$b_l, \text{мм}$		
Ширина венца червячного колеса	$b_2, \text{мм}$		
Радиус выемки поверхности вершин зубьев червячного колеса	$r, \text{мм}$		
Диаметр впадин	$d_f, \text{мм}$		

3. Расчётная скорость скольжения:

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_2 \cdot u}{60000 \cos \gamma_w}$$

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

5. Заключение о нагреве передачи, необходимости и способе охлаждения.

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 $d_o = (6 \dots 7) \sqrt[3]{T_2} =$

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

6. Ответить на контрольные вопросы

Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства и недостатки червячных передач.
2. Почему червячные передачи не рекомендуют применять при большой мощности?
3. Из каких соображений выбирают число заходов червяка?
4. Как определить передаточное отношение червячной передачи, в каком диапазоне оно может быть?
5. Из каких материалов изготавливают червяки и венцы червячных колес?
6. Какие факторы определяют выбор материалов передачи?
7. Как рассчитать делительные диаметры, диаметры вершин червяка и колеса, межосевое расстояние?
8. Как вычисляют КПД червячной передачи, от чего оно зависит?
9. В чем сущность теплового расчёта червячной передачи?
10. Назовите способы охлаждения червячных передач?

Используемая литература

1. Дунаев П.Ф. (1.08.2000). 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.
2. Курмаз Л.В., Скобеда А.Т. Детали машин. Конструирование: Учеб.пособие. – Мн.: УП «Технопринт», 2001.
3. Шелофаст В.В, Чугунова Т.В. Основы проектирования машин.. Примеры решения задач. – М.: Изд-во АПМ. – 240 с.

Содержание

Проектирование механических передач в АРМ WinTrans	3
Общие указания.	
1. Проектирование ремённых передач,- Лабораторная работа № 1 ..	4
2. Проектирование цепных передач,- Лабораторная работа № 2 ...	11
3. Проектирование цилиндрических зубчатых передач,- Лабораторная работа № 3	19
4. Проектирование конических зубчатых передач, - Лабораторная работа №4	33
5. Проектирование червячных передач,- Лабораторная работа №5 ..	52
Используемая литература	62