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

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ В АРМ 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»;ГорбуновС.Ф.- к.т.н. доц. кафедры ЕНД Московского государственного университета гражданской авиации (Иркутский филиал)

С.В.Алтухов. Проектирование механических передач

в APM 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 комплекс учебно-методической В обеспечивающей литературы, лабораторно-практических проведение 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 APM WinTrans: ремённых, цепных, цилиндрических, конических, червячных. Предназначендля студентов инженерного и энергетического факультетов ИрГАУ.

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

#### Проектирование механических передач в APM WinTrans Общие указания.

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

С помощью APM WinTrans Вы можете:

- задать конструкцию передачи

- выполнить все необходимые расчеты

- получить рабочие чертежи деталей передачи

С помощью APM 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, APM 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, чертеж 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 рабочиечертежи шкивов.

Таблица 1.1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Р <sub>1,кВт</sub>	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	10	12	14	17	20	24
n <sub>1</sub> ,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
Кд	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 ремённых передачах. Силы, действующие на валы ремённых передач.Расчёт клиноременной передачи.[АРМВоокглава 8.1Ремённые передачи]

#### Порядок выполнения

#### 1. 2Расчётремённой передачи в модуле APMTrans:

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

Выберите Тип передачи
Передачи Цилиндрические передачи
О Прямозубые внешнего зацепления
С Прямозубые внутреннего зацепления
С Косозубые внешнего зацепления
С Косозубые внутреннего зацепления
С Шевронные
Конические передачи С С прямым зубом С С круговым зубом
Ременные
С Плоскоременные С Червячные
🔍 Клиноременные 🔿 Цепные
ОК Отмена Справка

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»:

Основные параметры ременной переда	чи 🔀
Мощность на ведущем валу (кВт) Обороты ведущего вала (об/мин) Передаточное число [-]	24 1440 2
Коэффициет динамичности нагрузки (-) Тип регулировки передачи Не выбран ОК Отмена Еще	и Справка

Рис. 1.3 Ввод исходных данных.

Таблица 1.2

Коэффициент динамичности	и нагрузки
Характер нагрузки	Рекомендуемые значения коэффициента динамичности нагрузки
Спокойная. Пусковая до 120 % нормальной	1
Умеренные колебания.	1,11,2
Пусковая до 150% нормальной	1,251,4
Значительные колебания. Пусковая до 200%	1,11,2
нормальной	
Ударная. Пусковая до 300% нормальной	1,51,6

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

Дополнительные данные 🛛 🗙										
Межосевое ра	Межосевое расстояние [мм]									
Макс, число ре	Макс. число ремней [-]									
Угол наклона г	Угол наклона передачи [град]									
ОК	Отмена	Справка								

Рис. 1.4 Ввод дополнительных данных.

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

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

Расчет	Результаты,	База							
<b>!!</b> Расчет									
Стандарт расчета									
1000									

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 результатоврасчёта 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).

Номер	Сечение	Число ремне	й Диаметр веду	Диаметр ведо 📥
0	А	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	в	6	224.000	450.000
5	в	5	250.000	500.000
6	в	5	280.000	560.000
7	в	4	320.000	630.000
8	в	4	360.000	710.000
9	В	4	400.000	800.000
10	в	4	425.000	850.000
11	в	4	450.000	900.000 🔻
4	Ш			Þ
	Ok O	Тмена	Чертеж	Справка

Результаты расчета ременной передачи

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 \*. rtfдоступном 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.

Запол	пнение	штампа						X	
					03.12.02-10				
						Лит.	Масса	🗆 Масштаб	
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					
Pasp	раб.	Петров И.		14.12.10	ведомый шкив		110.615	1:2 💌	
Про	в.	Алтухов С.В.		14.12.10				🗖 Увеличение	
Т.ко	-пр.			14.12.10		Лист 1	Ли	стов 1	
Н. к Утв	онтр.		r r	14.12.10 14.12.10		ИрГ	СХА Инжене	грный ф-т	
						🗆 Формат	A0 💌		
				Ok	Отмена Справка				

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  $d_o=(7...8)$   $\sqrt[3]{T}$ , T – крутящий момент на соответствующем шкиве (H·м);- длина ступицы  $l_{cr}=(0,8...1,5)$   $d_o$ , 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: Тип расчёта:

клиноременная проектировочный, проверочный

Основные данные:

Тип натяжного устройства	
Мощность на ведущем шкивепередачи $P_{\scriptscriptstyle I}$ , кВт	
Частота вращения ведущего вала $n_1$ , мин <sup>-1</sup>	
Передаточное числои	
Коэффициент динамичности нагрузки $K_{\partial}$	

#### Дополнительные данные

Межосевое расстояниеа, мм

Максимально допустимое количество ремней z

#### Результаты расчёта APMTrans

N₂	Сечение	Ζ	d <sub>1</sub> , (мм)	d <sub>2</sub> , (мм) <sub>2</sub>	L, (мм)	и	а, (мм)	F <sub>0</sub> , (H)	$F_p,$ (H)	b <sub>0</sub> , (мм)	h, (мм)	V, (м/с)

d<sub>1</sub>, d<sub>2</sub> - диаметры ведущего, ведомого шкивов; L – длина ремня; F<sub>0</sub> – сила предварительного натяжения; F<sub>p</sub> – сила, действующая на вал; b<sub>0</sub> – ширина ремня; h – высота ремня

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

#### 2. Проектирование цепных передач Лабораторная работа №2

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

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

Таблина 2.1

Варианты исхолных ланных

												14	ц	a <b>2</b> .1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Т <sub>1, Н*м</sub>	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
n <sub>1</sub> ,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,	5	6	7	8	9	10	8	5	3	6	8	10	9	7
тыс. час														
Режим	Ппав	Сп	Сред.	Легк	Плав	Тяж.	Сред	Легк	Плав	Тяж.	Сред	Легк	Плав	Тяж
работы	1111uD.	<b>C</b>	удар.	удар.	IIIIuD	удар.	удар.	удар.	1111112	удар.	удар.	удар.	I IMAD.	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.[АРМВоокглава 8.2Цепные передачи]

#### Порядок выполнения

2.2. Расчёт цепной передачи в модуле APM Trans

– Цилиндрически	ие передачи
🔿 Прямозубые	е внешнего зацепления
Прямозубые	е внутреннего зацеплени:
🔿 Косозубые в	внешнего зацепления
С Косозубые в	внутреннего зацепления
○ Шевронные	
- Конические пе С С прямым С С круговы	редачи зубом м зубом
Ременные —	
Плоскорег	менные С Червячные
С Клинорем	енные 🕟 Цепные

2.2.1. Выбрать тип передачи (цепная)

Рис 2.1 Выбор типа передачи

Тип	Данные	Расчет	Резул	ътаты,,,	База данны
₿∎r	Іередачи		×	?	
Pa	счета	•		эктировоч	ный
		1	Прон Прон	зерка по р зерка по м	есурсу оменту

#### 2.2.2Выбрать тип расчёта

Рис. 2.2 Выбор типа расчёта

#### 2.2.3 Задать основные параметры передачи (табл.2.1).

Данные Цепной Передачи								
Момент на ведущей звездочке [H*м] 950								
Обороты ведущей звездочки (об/мин) 340								
Передаточное отношение [-] 4								
Требуемый ресурс [час] 7000								
Рядность цепи [-] 2								
Тип звездочки Тип смазки Периодическая смазка  Тип цепи Роликовая нормальной т								
Критерий расчёта Режим работы По износостойкос - Тяжело ударная -								
Ок Прервать Справка Еще								

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 – вогнутовыпуклый ГОСТ 591-69 – рекомендуется при больших скоростях; или прямолинейный ГОСТ 592-81) **выбрать самостоятельно**. Рядность цепи принять поочерёдноN=1,2,3,4.

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

Расчет	Результаты	База
Pac-	ет	
Стан	ндарт расчета	

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

2.2.5Оценить результаты расчёта в APM Trans.

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

Результаты Цепной передачи							
- Проверочный рас Ресурс Максимальны	счет Г Г И Момент Г	Тараметры цепи Тараметры Звездочек Чагрузка на вал Чертеж	Отменить все Выделить все				
Продолжить	Прервать	Справка					



П	арам	етры :	звездоч	ек									
[	Пар	аметрь	і контура					٦Г	Пар	аметр	ы попере	чных с	ечений ]
			Зве	здочка Г							Зве	здочк	a
	7	11	малая	Большая		[MM]	1.524				Малая	Бол	ьшая
	ے لح	[] [ad	50.0	50.0	l.	[]	14 411	[	Dc	[-]	76.782	517	.857
	τ	[mm]	20.0	5.0		[MM]	07.075	H	b2	[MM]	28.425		
	de l	[град]	120.0	500 C47		[MM]	37.275		_	[]	20.425		
	Da	[MM]	139.572	500.647	0102  bi	[MM]	35.439	l l	В	[MM]	86.975		
	De	[MM]	146.023	002.000		[MM]	12.7	F	R	[MM]	2.5		
	D:	[MM]	1104.972	554.047				F	R3	[MM]	48.586		
	1		113.706	552.424									
	-x 12	[MM]	00.055	553.424									
	.2	[MM]	20.055	18.862									
	α	[град]	48.333	53.333							-		1
	β	[град]	11.333	16.333							Показа	ать про	офиль
	Ψ	[град]	9.889	15.222						_	1	_	1
	FG	[MM]	1.593	2.875						Продо	лжить	lipe	рвать
	01x	[MM]	17.08	18.34									
	01y	[MM]	15.2	13.653									
	02x	[MM]	33.302	35.304									
	02y	[MM]	12.121	3.089									
С	ила,	дейст	вующая	на вал		1	×						
F	(H) צון (רב	1 рад.]	2792.092 6.12		Z	l∝ <sub>f</sub>	F 						
	П	родолж	ить	Прерв	ать				D	2	4 17		

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) ведущейзвёздочки для выбранного варианта, выбирая вкладки:«Чертёж» - «Данные»-«Штамп» - «Исполнение»- «Тип ступицы» - «Соединение». - «Размеры конструкции» - «Сохранить».



Запол	нение	штампа									X
					03.12.02-10						
									Лит.	Масса	🔽 Масштаб
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата							
Разр	аб.	Петров И.	-	14.12.10	[	ведомая з	вездочка			162.056	1:5 💌
Пров	в.	Алтухов С.В.	-	14.12.10						L	🗌 Увеличение
Т.кон	пр.		-	14.12.10					Лист 1	Ли	стов 1
Н. к. Утв	онтр.		" "	14.12.10 14.12.10	Г				ИрГС	СХА Инжене	эрный ф-т
	🔽 Формат 🗛 🔽										
				Ok		Отмена	C	правка			

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 звездочки, - «Размеры конструкции».

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

Рекомендации: диаметр отверстия в ступице  $d_0 = (5...6) \sqrt[3]{T}$ ; длина ступицы  $l_{cr} = (0, 8...1, 5)$   $d_0$ , число отверстий на диске 2,  $T_1 = \frac{30 \cdot P_1}{\pi \cdot n_1}$ ,  $T_2 = T_1 \cdot u \cdot \eta$ 



#### Рис 2.8 Чертёж звёздочки 6. Ответить на контрольные вопросы

#### Форма отчёта

#### Заданные параметры

Передача: Цепная

Тип расчёта: Проектировочный

Основные данные

Таблица 2.2

Tun yenu	
Вид рабочей нагрузки /режим работы/	
Тип смазки	
Момент вращения ведущей звёздочки Т <sub>1</sub> , Н <sup>.</sup> м	
Частота вращения ведущей звёздочки n1, об/мин	
Передаточное число и	
Ресурс /срок службы/ L <sub>h</sub> , час	

Результаты расчёта в APM Trans. Ta

Таблица 2.3

Рядность цепи п		1	2		3		2	4
Шаг цепиt, мм								
Межосевое расстояние передачи а, мм								
Сила давления на вал F, H								
Параметры звёздочек	1	2	1	2	1	2	1	2
Число зубьев, Z								
Делительный								
диаметрD <sub>d</sub> ,мм								

#### Таблица 2.4. **Параметры цепи для** выбранного варианта

Описание	Символ	Параметры передачи	Единицы
Межосевое расстояние	a		$\mathcal{M}\mathcal{M}$
Шаг цепи	t		$\mathcal{M}\mathcal{M}$
Диаметр ролика цепи	$d_t$		$\mathcal{M}\mathcal{M}$
Диаметр оси цепи	d		$\mathcal{M}\mathcal{M}$
Максимальная ширина цепи	b		$\mathcal{M}\mathcal{M}$
Высота пластины цепи	h		ММ
Рядность цепи	n		

### Таблица 2.5. **Параметры звёздочек**

Описание	Симво	ведущая	ведомая	Единицы
Число зубьев	Ζ			
Шаг звёздочки	$t_z$			ΜМ
Половина углового шага	au			град
Диаметр окружности, вписанной в шаговый многоугольник	$d_c$			ММ
Высота зубьев, измеренная от шаговой линии	$h_t$			мм
Диаметр делительной окружности	$D_d$			мм
Диаметр окружности вершин	$D_e$			мм
Диаметр окружности впадин	$D_i$			ΜМ
Радиус впадины	r			мм
Радиус профиля головки зубьев	$r_2$			ΜМ
(для многорядных цепей)				1
Толщина зуба	$b_2$			ММ
Радиус закруглениявершины	$r_2$			мм
Ширина многорядной звёздочки	В			мм
Диаметр окружности заплечика	$D_c$			мм
Радиус скругления боковой поверхности зуба	$R_3$			ММ

Таблица 2.6.Сила, действующая на вал

Описание	Символ	Величина	Единицы
Модуль силы	F		Н

Угол между вектором силы и	γ	град
линией соединяющей центры		

#### 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.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Т</i> <sub>2,</sub> н <sub>*</sub> м	2500	2000	1250	1500	1200	940	770	600	460	1100	800	2180	1690	1380
<i>n</i> <sub>2</sub> ,об/мин	380	518	300	400	240	160	190	260	210	380	300	520	380	350
и	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
Располо-	Сим-	Несим-	Консо–	Сим-	Несим–	Консо–	Cum-	Несим-	Консо-	Cum-	Несим-	Консо–	Сим-	Несим–
жение	метр	метр.	ЛЬНО	метр	метр.	ЛЬНО	метр	метр.	льно	метр	метр.	ЛЬНО	метр	метр.
колеса														
Срок службы, тыс. час	15	18	20	25	30	25	20	15	20	25	30	35	40	45
Термооб- работка 1*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Термооб- работка 2*	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4
Режим работы	Тяж.	Сред	Легк	Пос– тоян	Тяж.	Cped.	Легк.	Пос– тоян	Тяж.	Тяж.	Сред.	Легк.	Пос– тоян	Тяж.

Варианты исходных данных

Таблица 3.1

- \* 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 7.1Цилиндрические зубчатые передачи]

#### Порядок выполнения

#### 3.2 Расчет цилиндрических передач

Расчет передачи в программе APM Transпроводим в следующем

порядке:

3.2.1 Выбрать тип передачи рис.3.1

APM Trans	
Файл Тип Данные	
сан III Передачи	
Выберите Тип передачи	
Передачи	
<ul> <li>Прямозубые внешнего зацепления</li> </ul>	пис 3 1Меню выбора типа передан
С Прямозубые внутреннего зацепления	рис. 5. Питенно выбора типа передан
С Косозубые внешнего зацепления	
С Косозубые внутреннего зацепления	
С Шевронные	
Конциеские передаци	
С с прямым зусом	
С Скруговым зубом	
- Ременные	
О Плоскоременные С Червячные	
С Клиноременные С Церные	
ОК Отмена Справка	

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.

Основные данные	Дополнительные данные
•	Межосевое расстояние [мм] 0.0
Момент на выходе [Нм] 180	Коэффициент ширины колеса [-] 0.315
Обороты на выходе [об/мин] 350	Модуль [ММ] 0.0
Передаточное число [-] 4	Угол наклона зубъев [град] 0.0
Требуемый ресурс [час] 45000	Казффициент смещения
Число зацеплений	Шестерня 0.0 Колесо 0.0
Шестерня 1 [.] Колесо 1 [.] Термообработка Колесо Закалка УЛучшение У	<ul> <li>Задать материал шестерни</li> <li>Выбрать</li> <li>Задать материал колеса</li> </ul>
P	Твердость поверхности зубьев HRC
Гежим работы Претление шестерни на валу	Шестерня 0.0 Колесо 0.0
Тяжелый	Твердость сердцевины зубьев HRC
Продолжить Прервать Справка Еще	Шестерня 0.0 Колесо 0.0
	Число зубьев
	Шестерня 0 Колесо 0
Рис. 3.4 Окна основных и	<ul> <li>Возможен реверс</li> <li>Стандартное межосевое расстояние</li> </ul>
юлнительных исходных данных.	Палалина Палалан Салания

Число зацеплений для обычной передачи равно 1.

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

Продолжить

Прервать

Справка

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 предпочитать 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 НВи НRС

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

при симметричном расположении 0,315 - 0,5;при несимметричном 0,25 - 0,4;при консольном расположении одного илиобоих 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  $\psi_{ba}$  – 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....2 – для зубчатых передач использовать нежелательно.

При выборе чисел зубьев следует иметь в виду, чтос 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*<sub>min</sub>,*z*<sub>min</sub>=17 для прямозубых колес.

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

Материал	Способ термич	Твёрдость пов	Твёрдость сер	sigma_F_lim, M∏a	sigm
40	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.
45	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.
40X	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.
40×H	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.
40XФA	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.
40XH2MA	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.
18×2H4BA	Улучшение	18.000	180.000	185.000	391.
40×	Закалка	45.000	450.000	341.000	800.
40×H	Закалка	45.000	450.000	341.000	800.
40XФA	Закалка	45.000	450.000	341.000	800.
40×H2M	Закалка	45.000	450.000	341.000	800.
50XH	Закалка	45.000	450.000	294.000	800.
40×H2MA	Закалка	45.000	450.000	294.000	800.
96	Закалка	58.000	280.000	512.000	988.
55NN	Закалка	58.000	280.000	512.000	988.
00/0	2	F 4 000	200.000	400.000	000

Рис. 3.6 Выбор материала колес из базы данных (БД) После нажатия кнопки «Продолжить» программа выдаст запросы о том,

APM Tra	ns 🗾
?	Вы действительно хотите нулевой Коэффициент смещения Шестерни ?
	Да Нет

а выдает 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.



Рис. 3.8 Запуск расчёта

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

Результаты	×			
Проверочный расчет	Параметры контроля —			
🗖 Ресурс	🔽 Торцевого контура			
🔲 Максимальный момент	🔽 По хорде			
	🔽 По общей нормали			
🔽 Основные результаты	🔽 По толщине хорды			
🔽 Параметры материала	🔽 По роликам			
🔽 Силы в зацеплении	🔽 Расположение зубьев			
🔲 Параметры инструмента	🔽 Качество передачи			
🔽 Чертеж	Профиль зубьев			
Продолжить Выдели	гь все Справка			
Прервать Отмени	гь все Допуски			

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.



#### Качество передачи zmin..... 17.097 [-] 20.0 [град] atw..... 1.835 [-] ε..... 0.0 ερ..... [-] 1.835 ε..... [-] Параметр Шестерня Колесо <sub>Вн</sub> [град] 0.0 0.0 <sup>s</sup>na [MM] 1.165 1.237 [MM] 0.375 0.375 с Продолжить Прервать

Рис. 3.10 Результаты расчёта напряжений, сил и других параметров передачи. 3.2.9. По результатам расчёта заполнить таблицыдля 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»** флажком 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



#### Черчение



#### 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.-

						03.12.01	1-01.		
							Лит.	Масса	🗖 Масштаб
Изм.	Лист	N≗документа	Подпись	Дата					
Разр	раб.	Петров		13.12.10	Колесо			14.113	1:2.5 💌
Про	в.	Алтухов С.В.		13.12.10					🔲 Увеличение
Т.ко	нтр.			13.12.10			Лист 1	Ли	стов 1
Н. к. Утв	онтр.		r 	13.12.10 13.12.10			ИрГСХА И	нженерный	ф-т 3 курс 1 гр
							🔽 Формат	A3 🔽	
				Ok	Отмена	Справка			

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  $d_0 = (6...7) \sqrt[3]{T}$ ; длина ступицы  $l_{cr} = (1, 0...1, 8) d_0$ , число отверстий на диске 2, 3, 4, 6.

3.2.13Задание 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.

3.2.14Задание технических требований.

Двойной шелчок левой кнопкой мыши в области списка с требованиями Данные/Технические техническими (или меню открытие требования...) вызывает 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 чертежкак файл с расширением \*.agr. После этого произойдет запуск плоского графического редактора APM Graph, в окне которого и будет показан чертеж рассчитанного зубчатого колеса.



# 3.2.16 Сохранение результатов расчета ипри необходимости вывод 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

Заданные параметры:

Передача: Зацепление: Тип расчета: 1) прямозубая, (косозубая) внешнее (внутреннее) проектировочный (проверочный)

 Основные данные таблица 3.2

 шестерня
 колесо

 Термообработка
 1

 2
 1

 Число зацеплений
 1

 Расположение шестерни относительно опор
 1

 Режим работы передачи
 1

 Момент на ведомом колесе, T2 H·м
 1

 Частота вращения ведомого колеса, n2 мин<sup>-1</sup>
 1

 Передаточное число, и
 Гередачи L<sub>h</sub>час

#### **Дополнительные данные**(могут быть заданы) таблица 3.3

	Термообработка 1	Термообработка 2
Межосевое расстояниеа <sub>w</sub> , мм		
Коэффициент ширины, $\psi_{ba}$		
Модульт, мм		
Угол наклона зубьев $eta$ , град		
Коэффициент смещения $x_1, x_2$		
Твердость рабочих поверхностей <i>HRC</i> <sub>1</sub> , <i>HRC</i> <sub>2</sub>		
Число зубьев, z1, z2		
Реверс передачи (да, нет)		
Стандартное межосевое расстояние (да, нет)		

#### Результаты расчета цилиндрической передачи

#### Основная геометрия таблица 3.4

<i>rr</i>							
Approxima cumban administra	ТЕРМООБР	АБОТКА 1	ΤΕΡΜΟΟБΡΑБΟΤΚΑ 2				
ΟΠΟΕΔΗΟΕ, ΕΦΜΟΟΛΙ, ΕΟΔΗΟΥΒΙ	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо			
Термообработка							
Межосевое расстояние $a_w, $ мм							
Модуль т, мм							
Угол наклона зубьев $eta$ , град							
Делительный диаметр $d,\;$ мм							

Основной диаметр $d_b,$ мм		
Начальный диаметр $d_{\scriptscriptstyle W}\!,$ мм		
Диаметр вершин зубьев $d_a$ ,мм		
Диаметр впадин $d_{ m f},\;$ мм		
Козффициент смещения $ x$		
Высота зубьев $h, $ мм		
Ширина зубчатого венца $b,$ мм		
Число зубьев z.		

#### Свойства материалов таблица 3.5

	ΤΕΡΜΟΟБΡΑ	1 <i>60tka 1</i>	ΤΕΡΜΟΟБΡΑБΟΤΚΑ 2		
параметр	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо	
Допускаемые напряжения изгиба, [ $\sigma_{\!F}$ ], МПа					
Действующие напряжения изгиба, $\sigma_{\!F}$ , МПа					
Твердость рабочих поверхностей, $HRC$					
Допускаемые контактные напряжения. $[\sigma_{\!H}], M\Pi a$					
Расчетные контактные напряжения, $\sigma_{\!H},\!M\Pi a$					

### Силытаблица 3.6

Omingenie annos administra	ТЕРМООБР,	AGOTKA 1	TEPMOO5PA5OTKA 2		
Описание, символ, еоиницы	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо	
Тангенциальная сила, $F_{t},H$					
Радиальная сила, $F_r,H$					
Осевая сила, $F_a,H$					

#### Параметры качества зацепления таблица 3.7

Параметр		ТЕРМООБ- РАБОТКА 1 1	ТЕРМООБ- РАБОТКА 2 2
Угол наклона линии вершин зубьев	βа	/	Ζ
Минимальное число зубьев, нарезаемых без подреза	Zmin		
Нормальная толщина зуба на поверхности вершин колеса –шестерни	S <sub>na</sub>		
Радиальный зазор в зацеплении	С		
Козффициент торцевого перекрытия	εα		
Козффициент осевого перекрытия	$\mathcal{E}_{eta}$		
Козффициент перекрытия	З		
Угол зацепления	$\alpha_{tw}$		

#### 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 зуба. 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 передачус прямыми и круговыми зубьями для двух вариантов термообработки, подготовить рабочий чертёж конического зубчатого колеса.

	варианты исходных данных Гаолица								(a 4.1					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
T <sub>2,</sub> H∗м	350	400	500	650	790	880	920	550	720	380	280	440	690	980
n <sub>2</sub> ,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
Термооб- работка 1*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Термооб- работка 2*	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3	4
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 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 допускаемые напряжения для зубчатых колес. И .[APMBookглава 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 APM Trans следует проводить следующим образом:

1. Выбрать тип передачи – коническая с прямым зубом рис.1а.

Выберите Тип передачи Передачи Цилиндрические передачи a) 🔘 Прямозубые внешнего зацепления. Прямозубые внутреннего зацепления. 🔘 Косозубые внешнего зацепления Косозубые внутреннего зацепления Шевронные Конические передачи Тип Данные... Расчет База данных Справка 🚘 🚺 🏤 Передачи... 16 **?** ~ Проектировочный Проверка по ресурсу Проверка по моменту Коническая прямозубая

Рис. 1а)Меню выбора типа передачиб) Вкладка для выбора типа расчета

#### 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)

Основные параметры	Дополнительные параметры
Момент на ведомом валу [Нм] 280	Угол наклона зуба [град] 0.0
Обороты ведомого вала (об/мин) 350	Ширина шестерни [мм]
Передаточное число [-] 4	Внешний модуль [мм] 0.0
Ресурс передачи [час] 45000	🔲 Задать материал шестерни 🛛 Выбрать Не выбран
Термообработка колес Шестерни Колеса	🗖 Задать материал колеса 🛛 Выбрать Не выбран
Закалка 💌 Улучшение 💌	Твердость поверхности зуба HRC
Режим работы передачи	Шестерня 0.0 Колесо 0.0
Тяжелый	Твердость сердцевины зуба HRC
Продолжить Прервать Справка Еще	Шестерня 0.0 Колесо 0.0
	Тип опоры вала шестерни           Не выбран           Возможен реверс
Рис. 4 Окна основных и	Коэффициент смещения шестерни 0.0
дополнительных данных.	Каз ффициент изменения толщины зубьев 0.0
	Параметры инструмента
	Диаметр зуборезной головки, мм
	Развод резцов зуборезной головки 0.0
5. Нажав в нижней части	Продолжить Прервать Справка
диалогового окна «Основные	ų

данные» кнопку «Ещё», ввести в соответствующие поля ввода открывающегося диалогового окна «Дополнительные данные».

🔽 Задать материал шестерни	Выбрать	Не выбран
🔽 Задать материал колеса	Выбрать	Не выбран
Тип опоры вала шестерни	_	

enepereene meerepint	
Не выбран	•
Не выбран	
Шарикоподшипник	
Роликоподшипник	

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  $x_{\tau}$  должны иметь нулевые значения. Следует

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

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

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

Результаты расчета конической передачи 📃 📈				
<ul> <li>Основные параметры</li> <li>Параметры материала</li> <li>Силы в зацеплении</li> </ul>	Проверочный расчет П Ресурс П Максимальный момент			
<ul> <li>Параметры инструмента</li> <li>Геометрические параметры</li> </ul>	Параметры контроля Параметры качества			
🔽 Чертеж	🗌 Основной контроль			
Продолжить Отмети Прервать Отмени	ть все Справка пь все Допуски			

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



Параметры н	иатериалов		X
	Допускаемые напряжен контакту Допускаемые напряжен	ния по 554.545 ния изгиба:	[МПа]
	Шестерни	352.941	[МПа]
	Колеса	285.882	[МПа]
	Твердость поверхности		
	Шестерни	50.0	[HRc]
	Колеса	27.0	[HRc]
	Действующие напряжа	ения	
	Контактное	552.09	[МПа]
	Изгибные ———		
продолжить	Шестерни	144.89	[МПа]
Прервать	Колеса	133.021	[МПа]





Параметры качества 📃 🏾 📉					
ε	1.771	[·]			
ε,	0.0	[-]			
ε,	1.771	[-]			
Продолжить	Прерв	ать			

#### 1.2 Расчетконической 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. 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».

Дополнительные пара	иетры	X					
Угол наклона зуба	[град]	0.0					
Ширина шестерни	[MM]	0.0					
Внешний модуль	[MM]	0.0					
🔽 Задать материал шест	ерни Выбрать	40×					
🔽 Задать материал коле	са Выбрать	40×					
Твердость п	оверхности зуба Н	IRC					
Шестерня 0.0	Колесо	0.0					
Твердость с	ердцевины зуба Н	RC					
Шестерня 0.0	Колесо	0.0					
	Тип опоры вала	а шестерни					
	Роликоподшипник 💌						
	🔲 Возможен ре	верс					
Коэффициент смещения	Каэффициент смещения шестерни						
Каз ффициент изменения толщины зубьев 0.0							
Параметры инструмента							
Диаметр зуборезной головки, мм 0.0							
Развод резцов зуборезной головки 0.0							

1.Выбрать осевую форму зуба.



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

при массовом или крупносерийном изготовлении;



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

3. 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  $x_{\tau}$  должны иметь нулевые значения.

Рекомендуется на первый вопрос ответить «**Het**»(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  $x_{\tau} = 0$ .



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).

Расчет Результаты База		
Pacчет		
Стандарт расчета		
Результаты расчета коническ	кой передачи 🛛 🗶	8. Открыть диалоговое окно
🔽 Основные параметры	Проверочный расчет	«Результаты» и отметить флажками интересующие
🔽 Параметры материала		результаты расчета.
🔽 Силы в зацеплении	Максимальный момент	p
🥅 Параметры инструмента	Параметры контроля	Допуски
🔽 Геометрические параметры	🔲 Параметры качества	
🔽 Чертеж	🔽 Основной контроль	Минимальный возможный зазор jmin, [мкм] 39.000 Мак
		Среднее конусное расстояние В, [мм] 119.155
Продолжить Отметить	все Справка	Отклонение межосевого угла передачи E_Sum_r, [мкм] ±   19.000
Прервать Отменити	ь все Допуски	Класс отклонений межосевого расстояния
		Допуски колеса и шест
		0603

Средний делительный диаметр

Допуск на радиальное биение зубчатого венца

Допуск на среднюю постоянную хорду зуба

Наименьшее отклонение средней постоянной хорды зуба

Нижнее отклонение средней постоянной хорды зуба

Верхнее отклонение средней постоянной хорды зуба

d

Fr

E\_sc

T\_sc

El\_Sc ES\_Sc

Отмена

ΟK

Основные г	араметры		×
β         mn           me         Re           R         b           Imapametrip II         de           de         [Mm]           d         [Mm]           δ <sub>W</sub> [rpaga]           ×n         [·]	з5.0 2.813 4.0 123.693 106.193 35.0 Шестерня 60.0 51.511 14.036 0.0	[град] [ММ] [ММ] [ММ] [ММ] [ММ] [ММ] 240.0 [240.0 [206.045] 75.964 [-0.0	
z [•] Продолжи	15 пь Пр	60 рервать	

Параметры материалов							
	Допускаемые напряжен контакту Допускаемые напряжен	ния по 643.295 ния изгиба:	[МПа]				
	Шестерни	352.941	[МПа]				
	Колеса	[МПа]					
	Твердость поверхности						
	Шестерни	50.0	[HRc]				
	Колеса 27.0		[HRc]				
	– Действующие напряже	ения					
	Контактное	576.79	<sub>В</sub> [МПа]				
Продолжить	Изгибные — — —						
продолжитв	Шестерни 146		2 [МПа]				
Прервать	Колеса	138.493	2 [МПа]				



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



**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.-

Запол	пнение	штампа							X
					03.12.02-10				
							Лит.	Macca	🗌 Масштаб
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата					
Разр	раб.	Петров И.	·	14.12.10		колесо		5.729	1:1 💌
Пров	в.	Алтухов С.В.	r	14.12.10					🗖 Увеличение
Т.кон	нтр.	[	r	14.12.10			Лист 1	Ли	стов 1
Н. к. Утв	онтр.		r r	14.12.10 14.12.10			ИрГі	СХА Инжене	ерный ф-т
							🔽 Формат	A1 💌	
				Ok		Отмена Справка		A0 A1 A2 A3	

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







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

#### 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.

[		<b>e</b> iyoy					-							
N0,1346	10	5.0												
Muram ayonan Muram meranana anàn	1 1 1 1 1 1 1	10								_				572
Папражение на- пов 1964	- -	hende	Ко	рнич	еская	пере	дача						-	~
коэффанаевт слешеная Нород какай асходный	x	0.5 CT 500 101 20	E	Знеш	ний окр	ружно	й моду	уль			mte		4.500	
сонтур Отелена тачилати по СЛЕ СТАВ, ба 1-77	_	7-6-7-H	F	Нисл	о зубье	в					z		60	_
Средника длина, нармали Дели гелький циантар	W d	131.078	Ī	Гипз	уба								Кругова	й
Волгота хуба Обозначение наружка сопряжението колосо	հ ՎP	15.75 P100/2-11		Средний угол наклона β <sub>n</sub> 35.000										
			Ī	Напр	авлению	е лин	ии зуб	ia				Ле	вое	╶
<ol> <li>Неуказанные размеря</li> <li>Вонотеме вала</li> <li>Вонотеме отверотня</li> </ol>	1. Неуказанные размеры 2. Вонотеме вада		Ī	Исходный контур				ГО	CT 1620	02-8				
<ol> <li>4. Неуказанные радиусь</li> <li>5. Обозначение сопряжи</li> </ol>	а R: 5нно	= 2 го чертежа	F	Казффициент смещения			×n	Γ	-0.000	_				
6. 7.			I F	<030	фициен	п изм	иенени	ня толц	цины зу	јба	×τ		-0.000	_
8.			Ţ	Ігол	делите.	льног	го кону	уса			δ		75.964	
		ь	1	Степе	энь точн	ности	і по СТ	C3B 1	86-75				8-D	_
		ť		Среди	няя пос	тоянн	ная хор	рда зуб	ба		s <sub>C</sub>		4.454	_
			E	Зысо	тадо по	остоя	янной >	корды :	зуба		hc		2.346	_
yoon			1	) 6osi	начение	е соп	р. черт	ежа			000	000.0	)2/01	_
					OK		От	мена		Ko	нтр. г	apar	метры	



Коническая передача - Дополнител	ьно	×			
🔲 Средний делит. диаметр	d	231.194			
🦳 Межосевой угол передачи	Σ	90			
🔲 Средний нормальный модуль	mn	3.156			
🗌 Внешнее конусное расстояние	Re	139.155			
🗌 Среднее конусное расстояние	R	119.155			
🔲 Угол конуса впадин	δf	74.067			
🔲 Внешняя высота зуба	he	8.426			
🗌 Коэффициент осевого перекрытия	ε	2.314			
ОК 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
<ol> <li>*Размеры для справок</li> <li>Твердость поверхности зуба</li> <li>Валичсы скругления В = 3.00 мм</li> </ol>
4. Неуказанные предельные отклонения: Валов h11 Отверстий : H11
Остальных :  IT11/2 ОК Отмена

#### 5. Сохранение чертежа.

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

	0K-Z0/ZX 120		√~ (v)
	hours any and any a	<b>e</b> /e	15
	frem spint	:	a a a a a a a a a a a a a a a a a a a
<b>F</b>	Tan spin		(spectra)
	Soline (per particular)	Þ	15
	tantan an gir	-	âter -
H	in the second		[10] [12] [12] [12] [12] [12] [12] [12] [12
	Istimur anun	7	-1.111
	2 1 Lastinuar course give	1	-1.111
		1	x' x' y'
1 I			1-1
T I I	administration and add	:2	15 100
		h:	274
			iiiii.20
unter internation internation	1. Тальери бля справак 2. Таляери бля справак 3. та 4. Круказание радири студиления валав 611 раберстий 811, всталичи 811/2 03.12.02-10		
<i>w</i>	tan ban Pinganan Inina San Inini Inini Kan KONBED Inini Inini Inini Kan KONBED Inini Inini Inini Inini Inini Inini Inini	ha. hear/	10220    10220000    1/2    25    Arcanel
ų m	2000) 4/27 fat 4/27	5972	(4 Stranger 2 # - #

5. Ответить на контрольные вопросы.

#### Форма отчета

1. Заданные параметрыдля расчета конической прямозубой передачи в APM Trans:

Передача:	Коническаяпрямозубая
Тип расчета:	проектировочный

#### Основные данные

Стандарт	ГОСТ			
Исходный контур	ГОСТ 1	3754-81		
Рабочий режим передачи				
Термообработка колес	1	2		
Шестерня				
Колесо				
Тип опоры вала шестерни				
Возможен реверс (да/нет)				
Момент вращения на ведомом валу Т <sub>2</sub> , Нм				
Частота вращения ведомого вала $n_2$ , мин <sup>-1</sup>				
Передаточное числои				
$\operatorname{Pecypc} L_h$ , vac				

2. гезультаты рас и та кони неской прямозубой переда и в ти ти ттанз								
	Символ	1 вариа	нт т.о	2 вариант т.о				
Описание	единицы	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо			
Число зубьев	Z.							
Внешний	$d_e$ , мм							
Угол делительного конуса	δ							
Внешний окружной модуль	<i>т</i> <sub>е</sub> , мм							
Внешнее конусное расстояние	<i>R</i> <sub>e</sub> , мм							
Ширина зубчатого венца	<i>b</i> , мм							
Допускаемые	$[\sigma_F],$							
напряжения изгиба	МПа							
Допускаемые	$[\sigma_H],$				•			
контактные напряжения	МПа							
Твердость рабочих поверхностей	-, HRC							
Действующие напряжения изгиба	σ <sub>F</sub> , МПа							
Действующие контактные напряжения	σ <sub>н</sub> , МПа							
Тангенциальная сила	F <sub>t</sub> , H							
Радиальная сила	F <sub>r</sub> ,H							
Осевая сила	F <sub>a</sub> ,H							

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

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

Передача: Тип расчета: Коническаяс круговыми зубьями проектировочный

#### Основные данные

	EO	<u>A</u> T
Стандарт	10	CI
Исходный контур	ГОСТ 1	6202-81
Рабочий режим передачи		
Термообработка колес	1	2
Шестерня		
Колесо		
Тип опоры вала шестерни		
Возможен реверс (да/нет)		
Момент вращения на ведомом валу Т <sub>2</sub> , Нм		
Частота вращения ведомого вала $n_2$ , мин <sup>-1</sup>		
Передаточное число и		
Ресурс $L_h$ , час		

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

Ormoonno	Символ	1 вариа	HT T.0	2 вариант т.о		
Описание	единицы	Шестерня	Колесо	Шестерня	Колесо	
Число зубьев	Z.					
Внешний делительный диаметр	$d_e$ , мм					
Угол делительного конуса	δ					
Внешний окружной модуль	<i>т</i> <sub>е</sub> , мм					
Внешнее конусное расстояние	<i>R</i> е, мм					
Ширина зубчатого венца	<i>b</i> , мм					
Допускаемые напряжения изгиба	[σ <sub>F</sub> ], ΜΠa					
Допускаемые контактные напряжения	$[\sigma_H], M\Pi a$					
Твердость рабочих поверхностей	-, HRC					
Действующие напряжения изгиба	σ <sub>F</sub> , МПа					
Действующие контактные напряжения	σ <sub>Н</sub> , МПа					
Тангенциальная сила	F <sub>t</sub> , H					
Радиальная сила	F <sub>r</sub> ,H					
Осевая сила	F <sub>a</sub> ,H					

#### 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 APMTrans, 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										Ta	блиг	ia 3.1		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Т₂,н∗м	250	200	280	380	490	580	420	500	620	800	680	540	390	780
n <sub>2</sub> ,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	тяж	пост	Сред.	Сред.	легк	тяж	пост	Сред.	Сред.	легк	тяж	тяж	пост	Сред.
работы			вер	норм				вер	норм					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.[АРМВоокглава 7.3Червячные передачи]

#### Порядок выполнения

#### Расчет червячной передачи



Расчет червячной передачи в модуле APMTrans начинается:

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

Основные параметры		X
Момент на выходе	[H*M]	780
Обороты на выходе	[об/мин]	30
Передаточное число	[-]	40
Требуемый ресурс	[yac]	15000
_ Материал венца колеса-		
Материал не выбран		Выбрать
🗌 Алюминий в сплаве		
Режим работы передачи	Тип черв	яка
Средневероятный 🔄	· Архимед	ов 💌
Ok Отмена	Справка	а Ещё

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*<sub>S</sub>тем больше должно быть олова в сплаве.

атериал			<u>×</u>
Тип: Бронза		🖵 Группа 🔐	ювянная литейная (ГО 💌
,			
Обозначение	Плотность	Модуль Юнга	Коэффициент Пуасс 📥
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
5n04H4C17	9100.000	100940.000	0 350 🔍
4			

При необходимости можно также задать дополнительные данные

Дополнительные параметры	X
Модуль [мм]	0.0
Коэффициент диаметра	0.0
Межосевое расстояние [мм]	0.0
Коэффициент ширины венца	0.0
Число заходов червяка	1
Коэф, расчетной толщины витка	0.0
🔽 Взять из базы данных	
Ок Отмена	Справка

(кнопка «Ещё»), среди которых:

- модуль *т*;

- коэффициент диаметраq;

- межосевое расстояние а;

- 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.

Провести расчет (пункт «Расчет» главного меню).

Расчет		Результаты	База			
<b>!</b> ₿ ₽	асч	ет				
Стандарт расчета						

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

Гроверочный расчет ✓ Максимальный момент ✓ Основные параметры ✓ Силы в зацеплении ✓ Основная геометрия ✓ Параметры контроля Выбрать все ✓ Чертеж Допуски Хласс точности В Вид сопряжения D • Пересчёт Минимальный возможный зазор і_min, [мкм] 63.000 Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде E_cs, [мм] 0.187 Допуск на толщину витка Т_cs, [мм] 0.065 Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде E_sc, [мм] 0.252 Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде E_sc, [мм] 0.252 Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде E_sc, [мм] 0.071 0К Отмена Спраека Результаты Алопуск на радиальное биение Fr, [мм] 0.071 0К Отмена Спраека Результаты Фисло зубьев колеса 73 [-] Число заходов червяка 1 [-] Продолжить Пререать		редачи 🗶		
<ul> <li>✓ Максимальный момент</li> <li>✓ Основные параметры</li> <li>Продолжить</li> <li>Отмена</li> <li>Силы в зацеплении</li> <li>Отмена</li> <li>Справка</li> <li>Параметры контроля</li> <li>Выбрать все</li> <li>✓ Метод охлаждения</li> <li>Снять выделение</li> <li>Допуски.</li> </ul> Аопуски Х Класс точности  Вид сопряжения  О пересчёт Минимальный возможный зазор і min, [мкм] Балолокины витка червяка по хорде E.cs. [мм] 0.187 Допуск на толщину витка Т_cs, [мм] 0.065 Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_cs, [мм] 0.187 Допуск на толщину витка Т_cs, [мм] 0.071 ОК Отмена Справка Результаты Разультаты Параметры работы ау	Проверочный расчет			
<ul> <li>         Основные параметры         Отмена         Отмена         Основная геометрия         Отмена         Оттеть выделение         Допуски         А         Отмена         Отраека          Результаты         А         Отмена         Отмена         Отраека          Результаты         А         Отмена         Отмена         Оттеры работы         А         Отмена         Отраека         Оттера         Оттера</li></ul>	🔽 Максимальный момент			
<ul> <li>✓ Силы в зацеплении</li> <li>Отмена</li> <li>Основная геометрия</li> <li>Справка</li> <li>Выбрать все</li> <li>Иетод охлаждения</li> <li>Снять выделение</li> <li>Допуски</li> <li>Допуски</li> <li>Допуски</li> <li>Класс точности</li> <li>Вид сопряжения</li> <li>Пересчёт</li> <li>Минимальный возможный зазор і тіп. (мкм)</li> <li>б3.000</li> <li>Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде Е_cs. (мм)</li> <li>0.187</li> <li>Допуски</li> <li>Допуск на толщину витка Т_cs. (мм)</li> <li>0.065</li> <li>Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_cs. (мм)</li> <li>0.187</li> <li>Допуск на толщину витка Т_cs. (мм)</li> <li>0.252</li> <li>Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_cs. (мм)</li> <li>0.187</li> <li>Допуск на радиальное биение Fr. (мм)</li> <li>0.071</li> <li>ОК</li> <li>Отмена</li> <li>Справка</li> <li>Результаты</li> <li>Параметры работы</li> <li>ау</li> <li>180.0 (мм)</li> <li>п</li> <li>п</li> <li>Кало заходов червяка</li> <li>Прервать</li> <li>Прервать</li> </ul>	🔽 Основные параметры	Продолжить		
<ul> <li>Основная геометрия</li> <li>Справка</li> <li>Выбрать все</li> <li>Иертеж</li> <li>Допуски.</li> <li>Аспуски</li> <li>Класс точности в Вид сопряжения D ▼ Пересчёт</li> <li>Минимальный возможный зазор і min, (мкм)</li> <li>ба 000</li> <li>Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде E_os, (мм)</li> <li>0.187</li> <li>Допуск на толщину витка Т_cs, (мм)</li> <li>0.065</li> <li>Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_cs, (мм)</li> <li>0.187</li> <li>Допуск на толщину витка Т_cs, (мм)</li> <li>0.0252</li> <li>Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_cs, (мм)</li> <li>0.187</li> <li>Допуск на радиальное биение Fr, (мм)</li> <li>0.071</li> <li>0К</li> <li>0Тмена</li> <li>Справка</li> <li>Результаты</li> <li>Х</li> <li>Геометрические параметры</li> <li>Параметры работы</li> <li>ау</li> <li>180.0</li> <li>(мм)</li> <li>(мм)</li></ul>	Силы в зацеплении	Отмена		
<ul> <li>Ивраметры контроля</li> <li>Выбрать все</li> <li>Иертеж</li> <li>Допуски</li> <li>Класс точности В Вид сопряжения D • Пересчёт</li> <li>Минимальный возможный зазор і_min, [мкм]</li> <li>б3.000</li> <li>Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде Е_cs, [мм]</li> <li>0.655</li> <li>Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде E_cs, [мм]</li> <li>0.252</li> <li>Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде E_sc, [мм]</li> <li>0.252</li> <li>Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде E_sc, [мм]</li> <li>0.071</li> <li>ОК</li> <li>Отмена</li> <li>Справка</li> </ul> <b>Результаты</b> Результаты         Параметры работы           ам	Основная геометрия	Справка		
Геометрические параметры ■ 180.0 [ММ]	Параметры контроля	Выбрать все		
Допуски       Допуски         Аспуски       Х         Класс точности В вид сопряжения D        Пересчёт         Минимальный возможный зазор і min, (мкм)       63.000         Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде E_cs, [мм]       0.187         Допуск на толщину витка Т_cs, (мм]       0.065         Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_cs, [мм]       0.252         Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде EL_sc, [мм]       0.252         Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде EL_sc, [мм]       0.187         Допуск на радиальное биение Fr, [мм]       0.071         ОК       Отмена       Справка         Результаты       Параметры работы         ау	<ul> <li>Метод охлаждения</li> <li>Чертеж</li> </ul>	Снять выделение		
Допуски       Х         Класс точности       Вид сопряжения       Пересчёт         Минимальный возможный зазор і_min, [мкм]       63.000         Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде E_cs. [мм]       0.187         Допуск на толщину витка Т_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]       0.252         Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде EI_sc. [мм]       0.071         ОК       Отмена       Справка         Результаты         Результаты       Х         Число зубьев колеса       73       [-]         Число заходов червяка       1       [-]         Предолжить       Перевать       Перевать		Допуски		
Класс точности       Вид сопряжения <ul> <li>Пересчёт</li> <li>Минимальный возможный зазор і_тіп, (мкм)</li> <li>б3.000</li> <li>Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде Е_cs, (мм)</li> <li>0.187</li> <li>Допуск на толщину витка Т_cs, (мм)</li> <li>0.065</li> <li>Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_cs, (мм)</li> <li>0.252</li> <li>Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде EL_sc, (мм)</li> <li>0.187</li> <li>Допуск на радиальное биение Fr, (мм)</li> <li>0.071</li> </ul> <li>OK</li> <li>Отмена</li> <li>Справка</li> <li>Результаты</li> <li>Геометрические параметры</li> <li>Параметры работы</li> <li>ау</li> <li>180.0 (мм)</li> <li>(мм)</li> <li>(мм)</li> <li>(мм)</li> <li>(мм)</li> <li>(мм)</li> <li>(мм)</li> <li>(мсло зубьев колеса</li> <li>73 (-)</li> <li>Число заходов червяка</li> <li>(-)</li> <li>Продолжить</li> <li>Прервать</li>	Лопуски			X
Класс точности       Вид сопряжения       Пересчёт         Минимальный возможный зазор і_тіп, (мкм)       63.000         Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде Е_cs, (мм)       0.187         Допуск на толщину витка Т_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         ОК       Отмена       Справка         Результаты         Геометрические параметры       Параметры работы         аw       180.0       (мм)         q       0.5       (-)         Число зубьев колеса       73       (-)         Число заходов червяка       1       (-)         Прервать       Прервать       1				
Минимальный возможный зазор [_min, [мкм]       63.000         Наименьшее отклонение толщины витка червяка по хорде E_cs, [мм]       0.187         Допуск на толщину витка Т_cs, [мм]       0.065         Верхнее отклонение толщины витка червяка по хорде ES_cs, [мм]       0.252         Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде EL_sc, [мм]       0.187         Допуск на радиальное биение Fr, [мм]       0.071         ОК       Отмена       Справка         Результаты         Геометрические параметры       Параметры работы         аw	Класс точности 度	Вид сопряже	ния D 💌	Пересчёт
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 EL_sc, [мм]       0.187         Допуск на радиальное биение Fr, [мм]       0.071         ОК       Отмена       Справка         Результаты       Х         Геометрические параметры       Параметры работы         аw       180.0       [мм]         п		Минимальный возм	ожный зазоріmin.	[мкм] 63.000
Допуск на толщину витка Т_сs, [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 0К Отмена Справка Результаты Геометрические параметры Параметры работы а <sub>W</sub> 180.0 [мм] m 4.0 [мм] q 180.0 [м] m 4.0 [мм] q 0.5 [-] Число зубьев колеса 73 [-] Число заходов червяка 1 [-] Продолжить Прервать	Наименьшее отклонени	е толшины витка чео	вяка по хорде E cs	. [MM] 0.187
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 ОК Отмена Справка Результаты Геометрические параметры Параметры работы а <sub>W</sub> 180.0 [мм] m 4.0 [мм] q 180.0 [м] q 0.5 [-] Число зубьев колеса 73 [-] Число заходов червяка 1 [-] Продолжить Прервать		Допуск на т	голшинч витка Тсs	. [MM] 0.065
Нижнее отклонение толщины витка червяка по хорде EI_sc, [мм] 0.187 Допуск на радиальное биение Fr, [мм] 0.071 ОК Отмена Справка Результаты Геометрические параметры Параметры работы а 180.0 [мм] m 4.0 [мм] q 180.0 [м] m 4.0 [мм] q 16.0 [·] x 0.5 [·] Число зубьев колеса 73 [·] Число заходов червяка 1 [·]	Верхнее отклонение	толщины витка черв	яка по хорде ES cs	, [MM] 0.252
Допуск на радиальное биение Fr, [мм] 0.071 ОК Отмена Справка Результаты Параметры работы ам 180.0 [мм] т 4.0 [мм] q 180.0 [м] q 16.0 [·] x 0.5 [·] Число зубьев колеса 73 [·] Число заходов червяка 1 [·] Продолжить Прервать	Нижнее отклонение	толщины витка чері	зяка по хорде El_sc	, [MM] 0.187
ОК         Отмена         Справка           Результаты         Х           Геометрические параметры         Параметры работы           ам		Допуск на ра	диальное биение Fi	, [мм] 0.071
ОК         Отмена         Справка           Результаты         Х           Геометрические параметры         Параметры работы           ам			- 1	1
Результаты         Х           Геометрические параметры         Параметры работы           ам		OK	Отмена	Справка
Геометрические параметры       Параметры работы         а <sub>W</sub>	Результаты		_ <u>×</u> _	
а <sub>W</sub> 180.0       [MM]         m       4.0       [MM]         q       16.0       [·]         x       0.5       [·]         Число зубьев колеса       73       [·]         Число заходов червяка       1       [·]         Продолжить       Прервать       1	Геометрические парамет	ры Параметры р	аботы	
m     4.0     [ММ]     P     3.371     [КВт]       q     16.0     [-]     η     0.727     [-]       х     0.5     [-]     1     [-]       Число зубьев колеса     73     [-]       Число заходов червяка     1     [-]       Продолжить     Прервать     1	a <sub>W</sub> 180.0 [I	мм]		
q       16.0       [-]         x       0.5       [-]         Число зубьев колеса       73       [-]         Число заходов червяка       1       [-]         Продолжить       Прервать       1	m 4.0 [i	мм]   Р 3.	371 [кВт]	
х 0.5 [-] Число зубъев колеса 73 [-] Число заходов червяка 1 [-] Продолжить Прервать	q 16.0	[·]    <sub>η</sub> ο.	727 [·]	
Число зубъев колеса 73 [-] Число заходов червяка 1 [-] Продолжить Прервать	x 0.5	[]		
Число заходов червяка 1 [-] Продолжить Прервать	Число зубьев колеса	73	[-]	
Продолжить Прервать	Число заходов червяк	a 1	[-]	
	Продолжить	Прера	зать	







2. Заполнить таблицы результатов расчета передачи.

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

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

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.



исполнение, тип ступицы, вид соединения и размеры отдельных элементов. **Рекомендации**: диаметр отверстия в ступице колеса  $d_{Ban}=(6...7) \sqrt[3]{T_2}$ ; длина ступицы  $l_{cr}=(1.0...1.8) d_{pan}$ , число отверстий на лиске 2, 3.4.6

				03.12	02-10			
						Лит.	Macca	🔽 Масштаб
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата				
Разр	аб.	Петров И.		14.12.10	червячное колесо		36.256	1:1 💌
Пров	).	Алтухов С.В.	r	14.12.10				🗆 Увеличени
Т.кон	пр.			14.12.10		Лист 1	Ли	стов 1
Н. ко	онтр.		1	14.12.10		ИрГ	СХА Инжене	ерный ф-т
Утв.				14.12.10				









#### 5. Ответить на контрольные вопросы

#### Форма отчета

#### Заданные параметры:

Передача: Червячная

Тип расчёта: проектировочный

#### Основные данные

Момент вращения на ведомом валу T <sub>2</sub> , Нм	
Частота вращения ведомого вала n <sub>2</sub> , мин <sup>-1</sup>	
Передаточное число и	
Возможен реверс (да/нет)	
Ресурс L <sub>h</sub> , 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	$a_w$ , MM		
Модуль	т, мм		
Коэффициент диаметра	q		-
Коэффициент смещения	X		
Мощность на червяке	Р, кВт		
КПД передачи	η		
Силы			

Описание	Символ, единицы	Червяк	Колесо
Тангенциальная сила	$F_{t}$ , H		
Радиальная сила	$F_r, H$		
Осевая сила	$F_{a}$ , H		

#### Геометрические параметры

Описание	Символ, единицы	Червяк	Колесо
Делительный угол подъема витков	ү, град		
Начальный угол подъема витков	<sub>Уw</sub> , град		
Делительный диаметр	d, мм		
Начальный диаметр	$d_{wl}$ , мм		
Высота витка червяка	h <sub>l</sub> , мм		
Высота головки витка червяка	h <sub>al</sub> , мм		
Диаметр вершин	d <sub>a</sub> , мм		
Наибольший диаметр червячного колеса	$d_{\scriptscriptstyle wM2}$ , мм		
Радиус кривизны переходной кривой червяка	$ ho_{\!fI}$ , MM		
Длина нарезанной части червяка	<i>b</i> <sub>1</sub> , мм		
Ширина венца червячного колеса	b <sub>2</sub> , мм		
Радиус выемки поверхности вершин зубьев червячного колеса	r, мм		
Диаметр впадин	<i>d</i> <sub>f</sub> , мм		

3. Расчётная скорость скольжения:

$$V_{S} = \frac{\pi \cdot d_{1} \cdot n_{2} \cdot u}{60000 \cos \varphi_{W}}$$

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

- длина ступицы  $l_{cm} = (1, 0...1, 8) \; d_o =$ 

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., Скойбеда 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 APM WinTrans	2
Общие указания.	3
1. Проектирование ремённых передач,- Лабораторная работа № 1	4
2. Проектирование цепных передач,- Лабораторная работа № 2	11
3. Проектирование цилиндрических зубчатых передач,-	10
Лабораторная работа № 3	19
4. Проектирование конических зубчатых передач, - Лабораторная	33
работа №4	00
5. Проектирование червячных передач,- Лабораторная работа №5	52
Используемая литература	62