МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**

(национальный исследовательский университет)**»**

**Ступинский филиал МАИ**

­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­­

Кафедра «Технология и автоматизация обработки материалов»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»

**«Проектирование привода конвейера»**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент: | | *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* | | *Кульмизев Д.А.* |
| Группа: | | *ТСО-301Б-19* | |  |
| Руководитель: | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | *Поляков О. А.* |
| Оценка | \_\_\_\_\_\_\_ | | Дата защиты: «*29» декабря 2021 года* | |

**Ступино 2021**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

**«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ**

(национальный исследовательский университет)**»**

**Ступинский филиал МАИ**

Кафедра «Технология и автоматизация обработки материалов»

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой \_ТАОМ\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_А.В. Овчинников\_

(И.О. Фамилия)

«27» декабря 2021 г.

**З А Д А Н И Е**

на курсовой проект по дисциплине

«Детали машин и основы конструирования»

|  |  |
| --- | --- |
| Студент: | *ТСО-301Б-19, Кульмизев Даниил Алексеевич* |
|  | (№ группы, Ф.И.О.) |
| Тема: | *«Проектирование привода конвейера»* |

**Исходные данные к проекту** (в том числе, указать проектную и технологическую документацию и основную литературу):

|  |
| --- |
| *Кинематическая схема (Приложение А) состоящая из редуктора с шевронной тихоходной ступенью и раздвоенной быстроходной, электродвигателя, муфты упругой, муфты упруго-предохранительной и барабана приводного. Параметры конвейера: Ft=330 кг – окружное усилие на барабане, v=1,5 м/c – скорость ленты конвейера, D=275 мм – диаметр барабана. Дунаев П.Ф. «Детали машин. Курсовое проектирование», Курмаз Л.В. «Детали машин. Проектирование».* |

**Перечень подлежащих разработке вопросов:**

|  |
| --- |
| *Рассчитать кинематическую схему редуктора, выбрать электродвигатель, рассчитать зубчатые передачи, спроектировать валы и произвести их проверку, подобрать подшипники, спроектировать корпусные детали, построить сборочный чертёж редуктора, составить спецификацию, выполнить деталировку.* |

**Перечень графического материала:**

|  |
| --- |
| *Файлы чертежей в электронном виде: сборочный чертёж, спецификация, деталировка.* |

Срок сдачи студентом законченного проекта руководителю: «\_\_\_» декабря 2021 г.

Дата выдачи задания: «06» сентября 2021 г.

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Поляков О. А./

Подпись студента \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Кульмизев Д.А./

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc83057033)

[**1.** **РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РЕДУКТОРА** 6](#_Toc83057034)

[1.1 Подбор электродвигателя 6](#_Toc83057035)

[1.2 Разбивка общего передаточного отношения по ступеням 7](#_Toc83057036)

[1.3 Определение частот вращения и вращающих моментов валов 7](#_Toc83057037)

[2. РАСЧЕТ ТИХОХОДНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ 7](#_Toc83057038)

[2.1 Выбор материала и термической обработки колеса и шестерни 8](#_Toc83057039)

[2.2 Определение допускаемых напряжений 8](#_Toc83057040)

[2.2.1 Определение допускаемых напряжений для колеса 8](#_Toc83057041)

[2.2.2 Определение допускаемых напряжений для шестерни 9](#_Toc83057042)

[2.3 Определение межосевого расстояния 10](#_Toc83057043)

[2.4 Предварительные размеры колеса 11](#_Toc83057044)

[2.5 Модуль передачи 11](#_Toc83057045)

[2.6 Число зубьев колеса и шестерни 11](#_Toc83057046)

[2.7 Диаметры колеса и шестерни 12](#_Toc83057047)

[2.8 Пригодность заготовки колес 12](#_Toc83057048)

[2.9 Силы в зацеплении 13](#_Toc83057049)

[2.10 Проверка тихоходной ступени в APM Win Machine 13](#_Toc83057050)

[Тихоходная ступень рассчитана верно, так как проверочный максимальный момент больше расчётного. 14](#_Toc83057051)

[2.11 Расчёт быстроходной ступени в APM Win Machine 14](#_Toc83057052)

[3. ЭСКИЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ 16](#_Toc83057053)

[3.1 Диаметры валов 16](#_Toc83057054)

[3.2 Расстояние между деталями передач 17](#_Toc83057055)

[3.3 Выбор типа и схемы установки подшипников 18](#_Toc83057056)

[4. КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ 19](#_Toc83057057)

[СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 21](#_Toc83057058)

# ВВЕДЕНИЕ

Целью данного проекта является проектирование цилиндрического редуктора с шевронной тихоходной ступенью и раздвоенной быстроходной.

Такой тип редукторов имеет раздвоенную схему. Она может применяться для тихоходной и для быстроходной ступеней. Более рациональной является вариант с быстроходной ступенью, так как при нём возможно изготовить промежуточный вал, как «вал-шестерню» и плавающий быстроходный вал. Тихоходная ступень может иметь прямые или шевронные зубья. Раздвоенные передачи применяются при тяжелых режимах работы редуктора. Угол наклона косых зубьев может быть 25-30°.

Цилиндрический редуктор с шевронной тихоходной ступенью и раздвоенной быстроходной имеет ряд преимуществ: 1) высокий КПД редуктора, обычно равняется 98%, 2) высокая нагрузочная способность, 3) минимальная сила трения и, как следствие, незначительные энергетические потери, 4) выдерживают большое количество пусков и остановок, 5) нет необходимости устанавливать систему охлаждения.

Из недостатков можно отметить: 1) отсутствие самоторможения (недостаток в том случае, когда необходимо отсутствие возможности поворота выходного вала внешней нагрузкой), 2) крупногабаритные, в сравнении с другими редукторами.

1. **РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РЕДУКТОРА**

## 1.1 Подбор электродвигателя

Потребляемая мощность привода (мощность на выходе):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1.1) |

где *Ft* – окружное усилие на барабане [кг];

υ – скорость ленты конвейера [м/с].

КПД отдельных звеньев кинематической цепи в соответствии с [1, табл. 1.1] принимаем:

– КПД опор (одна пара);

– КПД зубчатой передачи;

– КПД муфты.

Общий КПД привода:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1.2) |

Потребляемая мощность электродвигателя:

Частота вращения приводного вала:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | (1.3) |

где – диаметр барабана [мм].

Значения передаточных чисел передач согласно [1, табл. 1.2] принимаем:

= 4 – передаточное число тихоходной ступени;

= 5 – передаточное число быстроходной ступени.

Частота вращения вала электродвигателя:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | [об/мин] | (1.4) |

В соответствии с [1, табл. 18.36] по полученным данным подбираем электродвигатель 112M4/1445 с мощностью Р = 5,5 кВт и синхронной частотой n = 1445 об/мин.

Общее придаточное число привода:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1.5) |

## 1.2 Разбивка общего передаточного отношения по ступеням

Передаточное число тихоходной ступени [1, табл. 1.3]:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1.6) |

Передаточное число быстроходной ступени [1, табл. 1.3]:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1.7) |

## 1.3 Определение частот вращения и вращающих моментов валов

Частота вращения вала тихоходной ступени:

[об/мин]

Частота вращения промежуточного вала:

[об/мин]

Частота вращения вала быстроходной ступени:

[об/мин]

Вращающий момент на приводном валу (на выходе):

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1.8) |

Вращающий момент на промежуточном валу:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1.9) |

Вращающий момент на валу быстроходной ступени:

1. РАСЧЕТ ТИХОХОДНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

## 2.1 Выбор материала и термической обработки колеса и шестерни

Материалом для колеса и шестерни согласно [1, табл. 2.1] выбираем сталь 40ХH, вариант термической обработки II: для колеса – улучшение, НВ 269…302,, для шестерни улучшение и закалка ТВЧ, НRC 48…53, .

2.2 Определение допускаемых напряжений

Определяют допускаемые контактные напряжения и напряжения изгиба отдельно для колеса []*Н2* и []*F2* и шестерни []*Н1* и []*F1*.

* + 1. Определение допускаемых напряжений для колеса

Допускаемое контактное напряжение для колеса:

(2.1)

где *KHL* – коэффициент долговечности;

[]*Н02* – исходное допускаемое контактное напряжение;

Исходное допускаемое контактное напряжение, принимаем согласно [1, табл. 2.1]

(2.2)

Коэффициент долговечности:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.3) |

где *NH02* – число циклов перемены напряжений;

*N2* – общее число циклов перемены напряжений;

Число циклов перемены напряжений,принимаем согласно [1, рис 2,1]:

Угловая скорость колеса:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2.4) |

где *Lh* = 24000 ч – общее время работы передачи [ч];

Так как , то

Допускаемое напряжение изгиба для колеса:

где *KFL* – коэффициент долговечности;

[]*F02* – исходное напряжения изгиба напряжение;

Исходное допускаемое напряжения изгиба, принимаем согласно [1, табл. 2.1]:

Коэффициент долговечности:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Так как , то

* + 1. Определение допускаемых напряжений для шестерни

Допускаемое контактное напряжение для шестерни:

Исходное допускаемое контактное напряжение, принимаем согласно [1, табл. 2.1]:

Коэффициент долговечности:

Число циклов перемены напряжений,принимаем согласно [1, рис 2,1]:

Так как , то

Допускаемое напряжения изгиба для шестерни:

Исходное допускаемое напряжения изгиба, принимаем согласно [1, табл. 2.1]:

Коэффициент долговечности:

Так как , то

## 2.3 Определение межосевого расстояния

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

где – коэффициент концентрации нагрузки, принимаем в зависимости от коэффициента в соответствии с [1, табл. 2.3]:

где принимам в соответствии с [1, стр. 13]:

В соответствии с [1, стр. 13] округляем межосевое расстояние в большую сторону до стандартного:.

## 2.4 Предварительные размеры колеса

Делительный диаметр:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Ширина колеса:

В соответствии с [1, стр. 13] округляем межосевое расстояние в ближайшую сторону до стандартного:

## 2.5 Модуль передачи

Модуль передачи:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

В соответствии с [1, стр. 13] округляем модуль в большую сторону до стандартного:

## 2.6 Число зубьев колеса и шестерни

Минимальный угол наклона зубьев шевронных колес βmin=25º, согласно [1, стр.13].

Суммарное число зубьев:

|  |  |
| --- | --- |
| Действительное значение угла β: |  |

Число зубьев шестерни:

|  |  |
| --- | --- |
| Округляем суммарное число зубьев шестерни в ближайшую сторону: |  |

Число зубьев колеса:

Фактическое передаточное число:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Отклонение от заданного передаточного числа:

## 2.7 Диаметры колеса и шестерни

Делительный диаметр шестерни:

Делительный диаметр колеса:

Диаметры окружностей вершин и впадин шестерни:

Диаметры окружностей вершин и впадин колеса:

## 2.8 Пригодность заготовки колес

Если колесо с выточками, то:

Если колесо без выточек, то:

В соответствии с [1, табл. 2.1] и

Следовательно, условия и и выполняются.

## 2.9 Силы в зацеплении

Окружная сила:

Радиальная сила:

Осевая сила:

## 2.10 Проверка тихоходной ступени в APM Win Machine

Тип передачи: шевронная.

Тип расчёта: проверка по моменту.

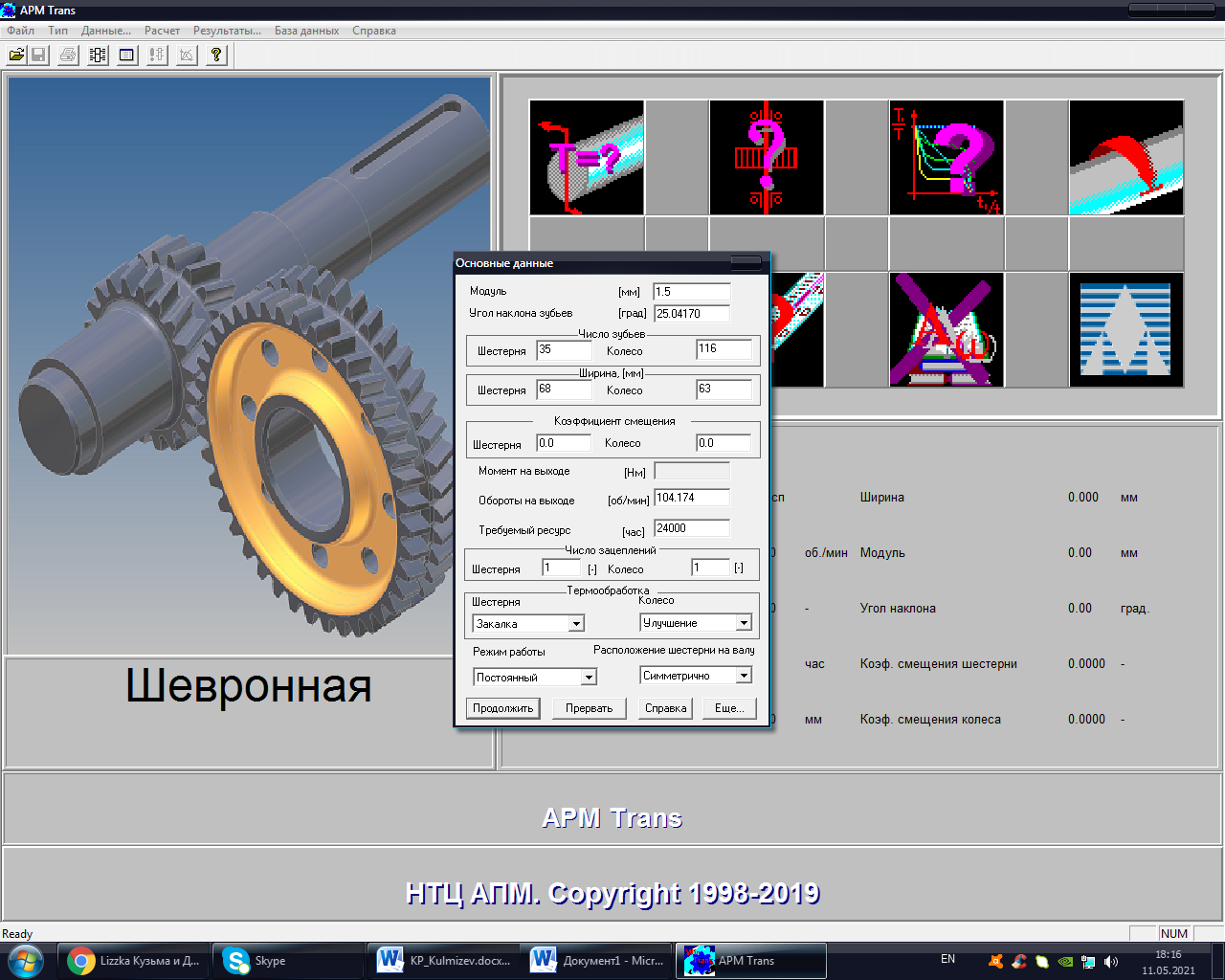


Рисунок 1 – Исходные данные тихоходной ступени

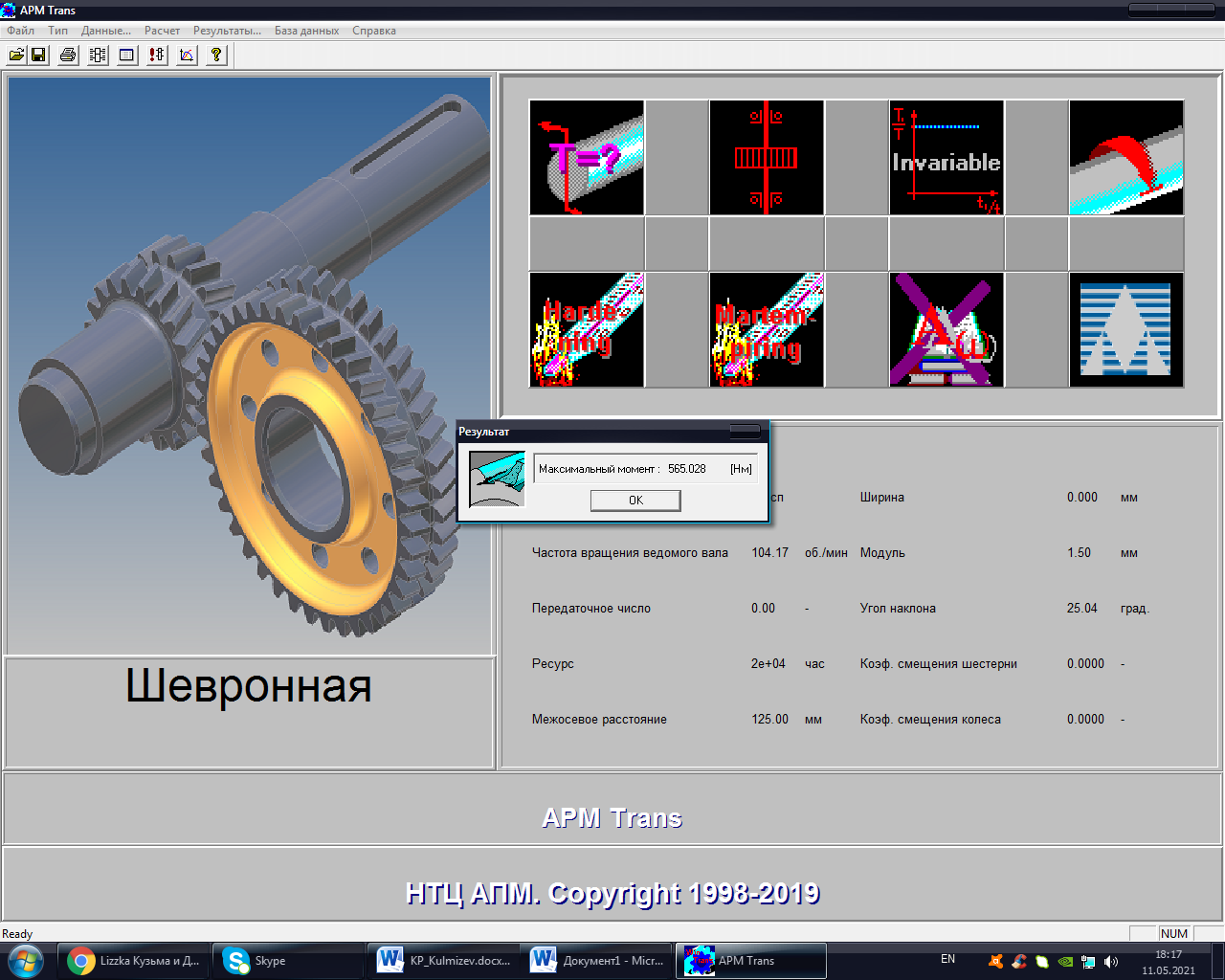


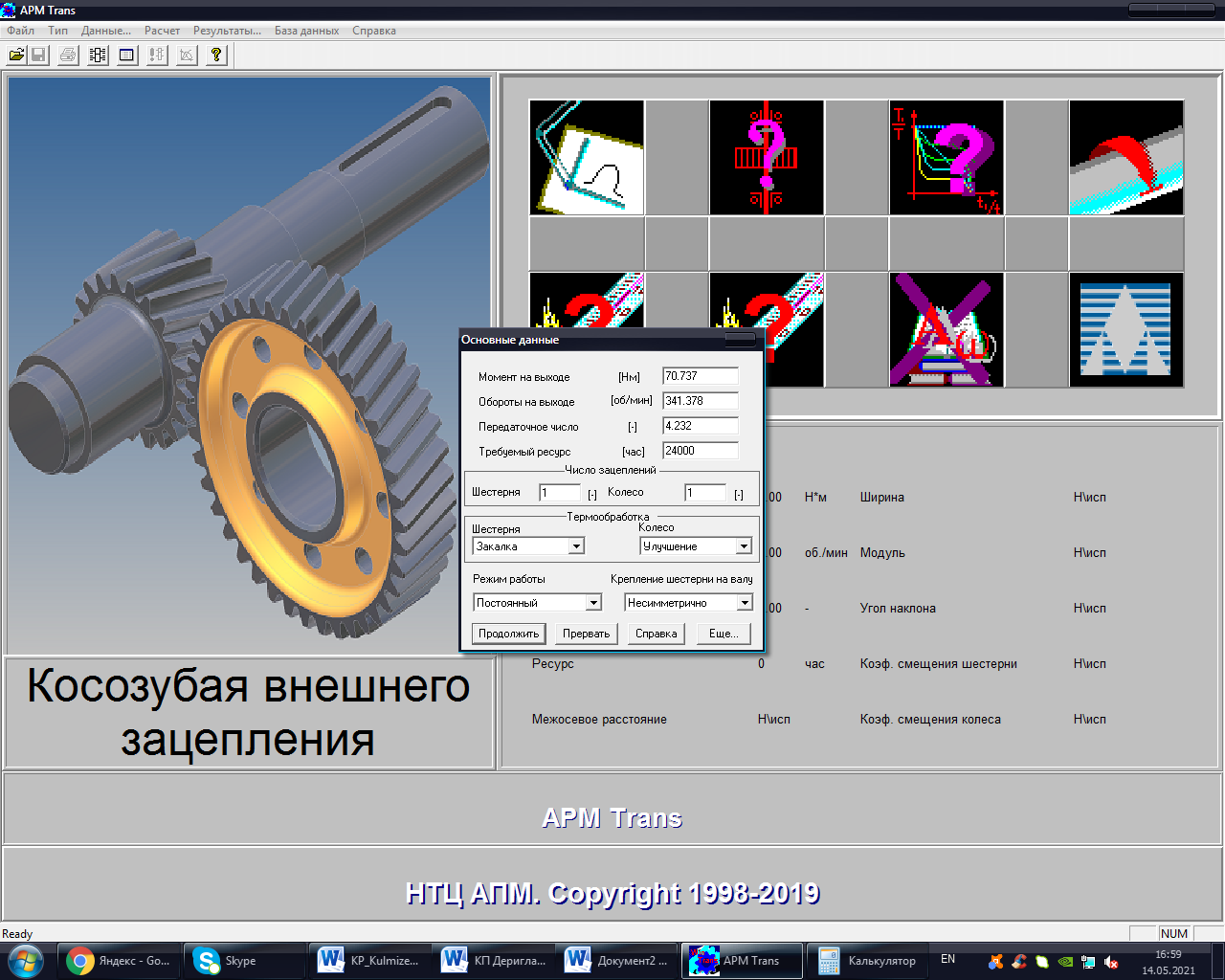
Рисунок 2 – Максимальный момент *Т*max тихоходной ступени

## Тихоходная ступень рассчитана верно, так как проверочный максимальный момент больше расчётного.

## 2.11 Расчёт быстроходной ступени в APM Win Machine

Тип передачи: косозубая внешнего зацепления.

Тип расчёта: проектировочный.



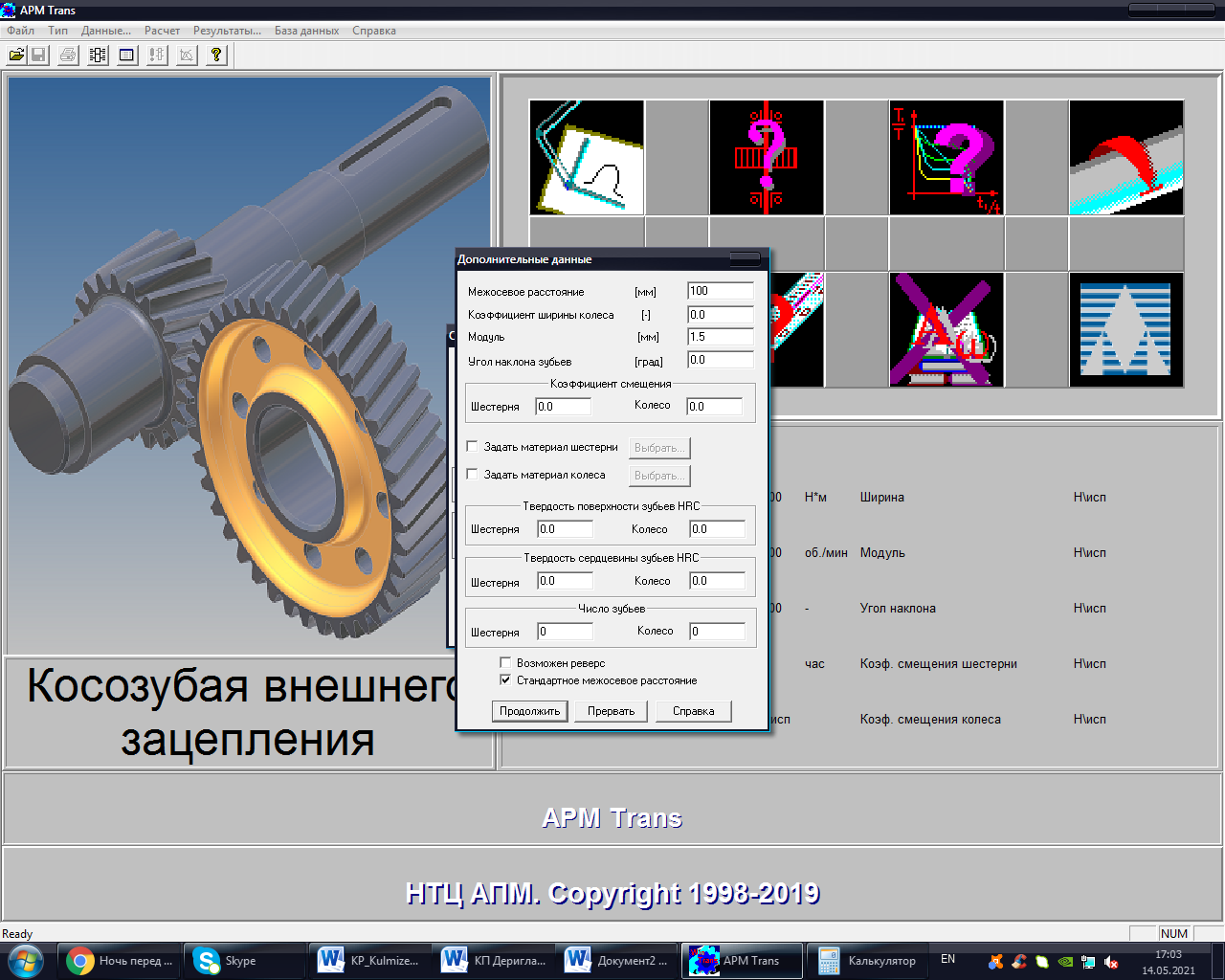


Рисунок 3 – Исходные данные раздвоенной быстроходной ступени

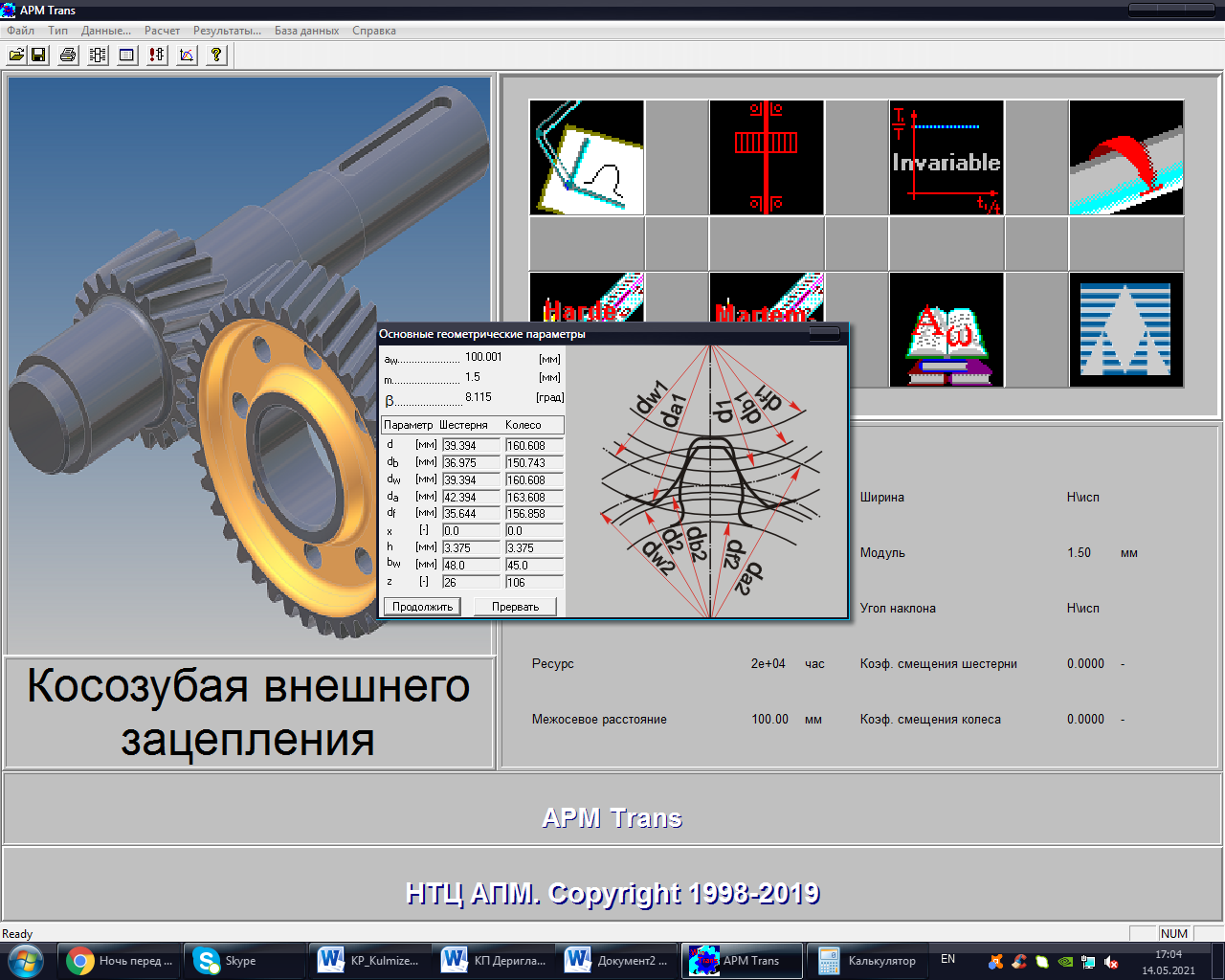


Рисунок 4 – Основные геометрические параметры раздвоенной быстроходной ступени

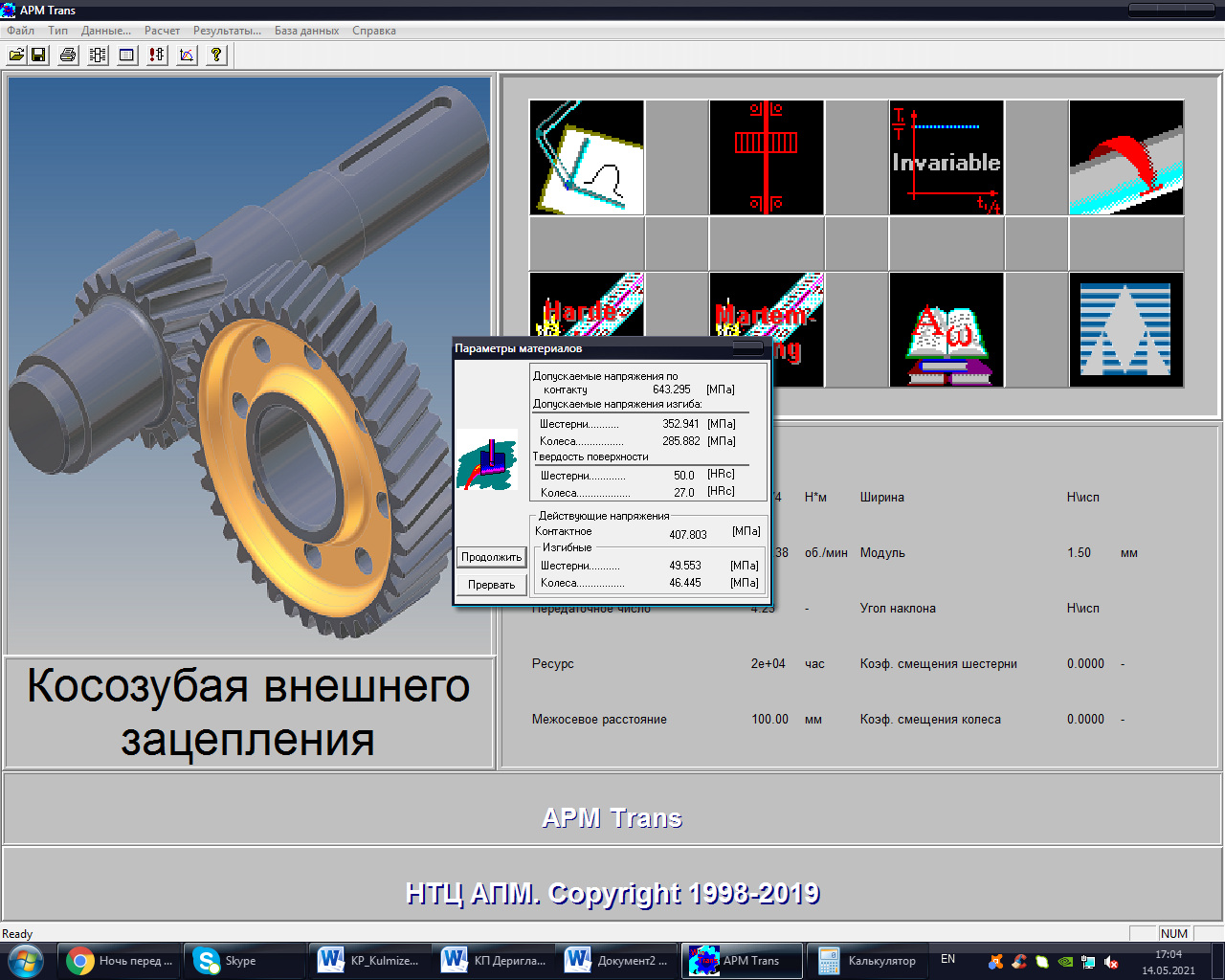


Рисунок 5 – Параметры материалов раздвоенной быстроходной ступени

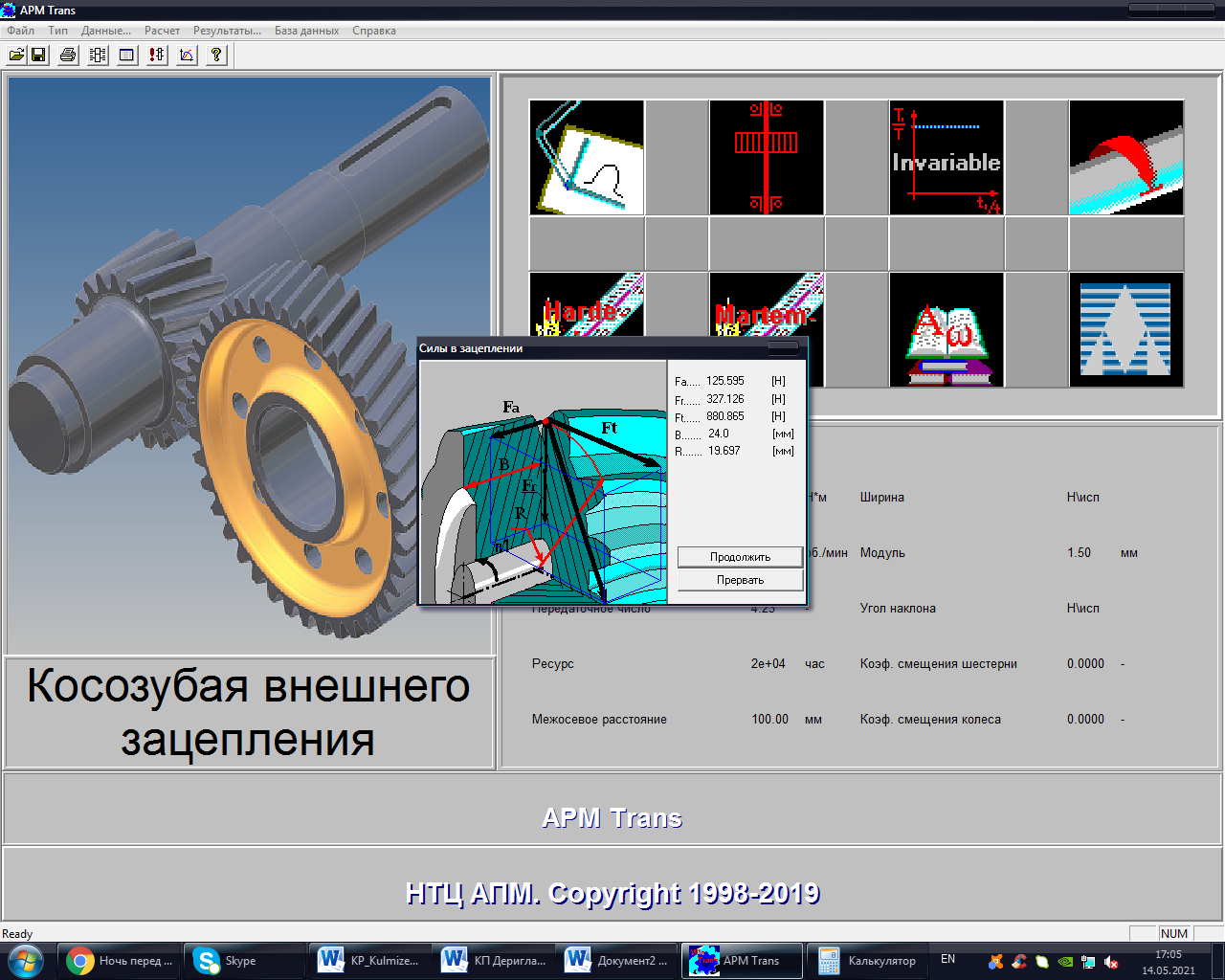


Рисунок 6 – Силы в зацеплении раздвоенной быстроходной ступени

# 3. ЭСКИЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

## 3.1 Диаметры валов

1. Диаметр выходного конца тихоходного вала:

где – напряжение кручения [МПа].

В соответствии с [2, стр. 296] принимаем .

Согласно [1, табл. 18.1] и [1, табл. 3.1] принимаем: t = 3 мм, r = 3 мм, f = 2 мм где:

t *–* высота заплечника [мм]

r *–* координата фаски подшипника [мм]

f − размер фаски колеса [мм]

Диаметр тихоходного вала на месте установки подшипника:

Принимаем .

Диаметр буртика для упора подшипника:

Принимаем .

Диаметр вала на месте установки колеса: , принимаем .

1. Диаметр промежуточного вала на месте установки колеса:

Принимаем , t = 2,5 мм, r = 2,5 мм, f = 1,2 мм.

Диаметр промежуточного вала в месте установки подшипника:

Принимаем .

Диаметр буртика для упора подшипника промежуточного вала:

Принимаем .

1. Диаметр выходного конца быстроходного вала:

Принимаем: , t = 2 мм, r = 1,6 мм, f = 1 мм.

Диаметр быстроходного вала на месте установки подшипника:

Принимаем

Диаметр буртика для упора подшипника быстроходного вала:

Принимаем

## 3.2 Расстояние между деталями передач

Наибольшее расстояние между внешними поверхностями деталей передач тихоходной ступени:

Минимальный зазор между колесом и корпусом:

Округляя в большую сторону до целого числа, получаем: .

Расстояние между дном корпуса и поверхностью колеса:

Наибольшее расстояние между внешними поверхностями деталей передач быстроходной ступени:

Минимальный зазор между колесом и корпусом быстроходной ступени:

Округляя в большую сторону до целого числа, получаем:.

Расстояние между торцовыми поверхностями колёс:

## 3.3 Выбор типа и схемы установки подшипников

Для тихоходного вала выбираем подшипники шариковые радиальные однорядные [1, табл. 18.28], тип 212, схема установки враспор.

Для промежуточного вала выбираем подшипники шариковые радиальные однорядные [1, табл. 18.28], тип 207 и подшипник роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами [1, табл. 18.30], тип 2207, схема установки: левая опора – фиксирующая, правая – плавающая.

Для быстроходного вала выбираем подшипники шариковые радиальные однорядные [1, табл. 18.28], тип 206, схема установки враспор.

# КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ

Толщина стенки корпуса редуктора:

Принимаем

Толщина стенки крышки корпуса:

Принимаем

Внутренние литейные радиусы:

Внешние литейные радиусы:

Высота приливов:

В соответствии с [1, табл. 9.2] для мм принимаем 4 винта М12, 𝑑0 = 13 мм, соединяющих крышку и корпус.

Ширина фланца для крепления крышки корпуса:

Принимаем .

Принимаем 4 фундаментальных болта М16 для крепления корпуса к раме или плите [1, табл. 9.3].

Толщина фланца для крепления корпуса к раме или плите:

Принимаем

Ширина фланца для крепления корпуса к раме или плите:

Принимаем .

Диаметр винтов для крепления крышки люка:

Принимаем d = 6 мм.

Высота фланца:

Принимаем

Диаметр проушин:

Толщина проушин:

# 5. ПРОВЕРКА ВАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ

Допускаемые значения согласно [2, стр. 302]:

Допускаемая стрела прогиба под колесом:

Допускаемый угол поворота (отклонения) вала:

Допускаемое действующее напряжение кручения:

**5.1 Проверка тихоходного вала**

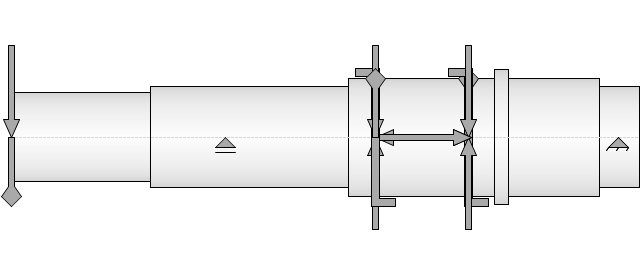


Рисунок 7 – Схема тихоходного вала

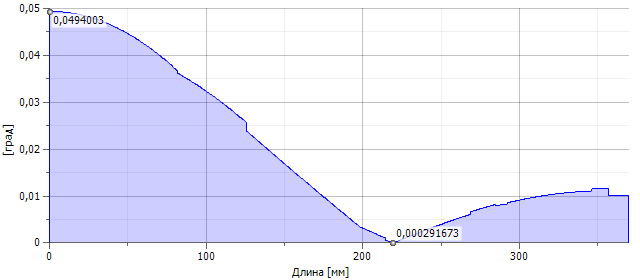


Рисунок 8 – Эпюра угла отклонения

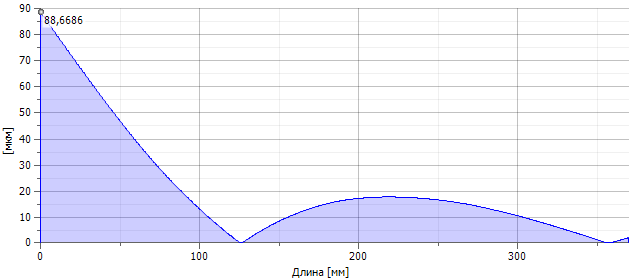


Рисунок 9 – Эпюра отклонения

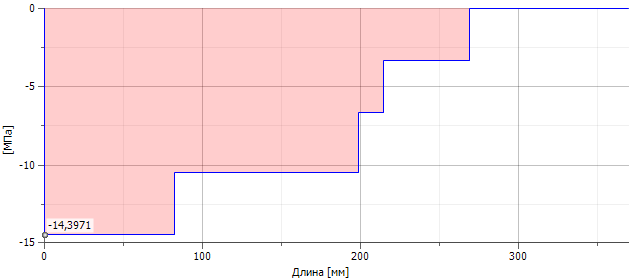


Рисунок 10 – Эпюра касательных напряжений при кручении

**5.2 Проверка промежуточного вала**

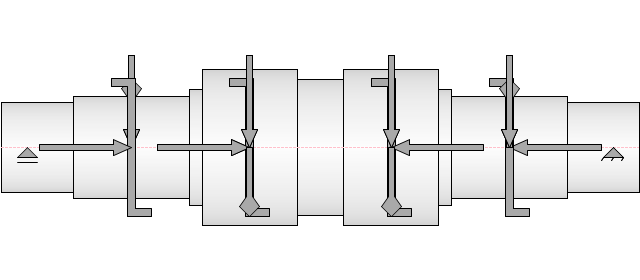
****

Рисунок 11 – Схема промежуточного вала

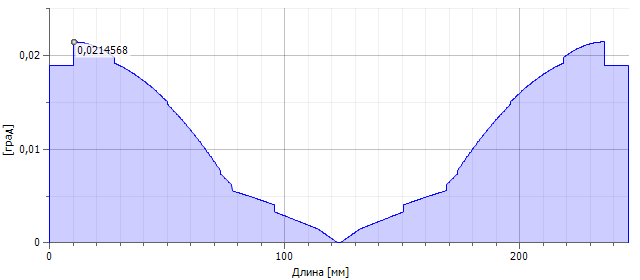
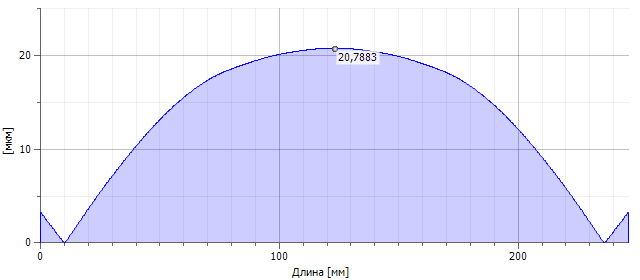


Рисунок 12 – Эпюра угла отклонения

Рисунок 13 – Эпюра отклонения

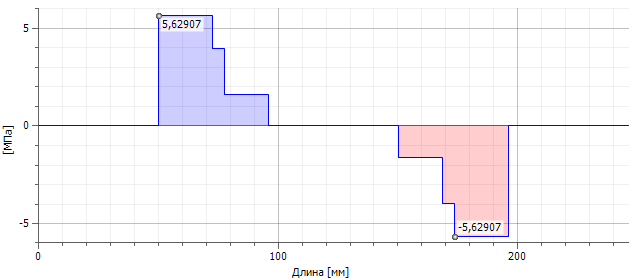
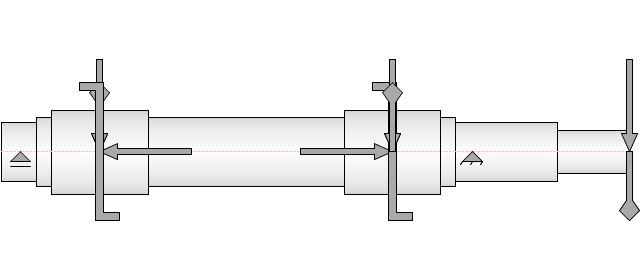


Рисунок 14 – Эпюра касательных напряжений при кручении

**5.3 Проверка быстроходного вала**

Рисунок 15 – Схема быстроходного вала

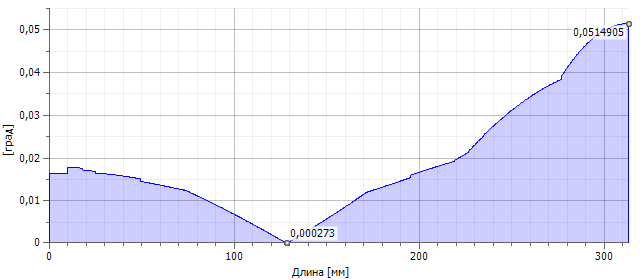


Рисунок 16 – Эпюра угла отклонения

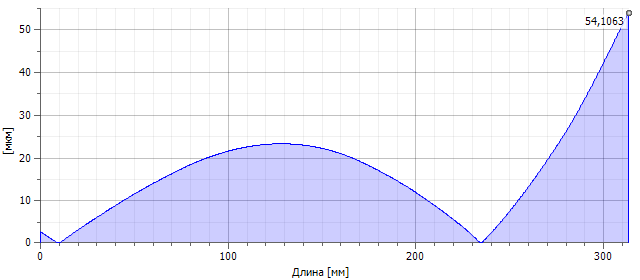


Рисунок 17 – Эпюра отклонения

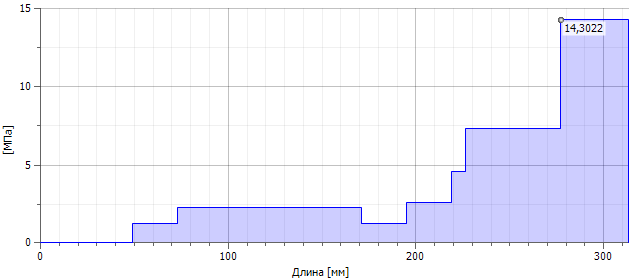


Рисунок 18 – Эпюра касательных напряжений при кручении

Вывод: Исследуемые валы прошли проверку на прочность и жесткость.

# 6. ПРОВЕРКА ПОДШИПНИКОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Минимальное время работы подшипников: 24000 часов.

**6.1. Подшипники тихоходного вала**

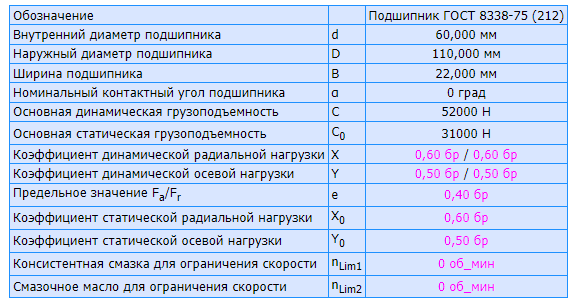


Рисунок 19 – Параметры подшипников тихоходного вала

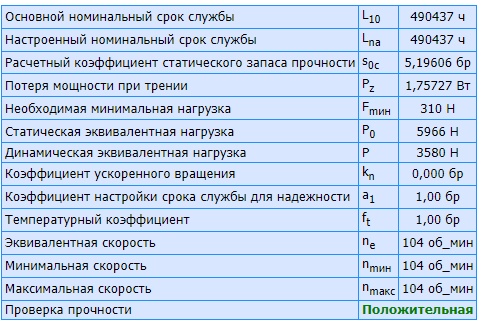


Рисунок 20 – Проверка подшипников тихоходного вала на долговечность

**6.2. Подшипники промежуточного вала**

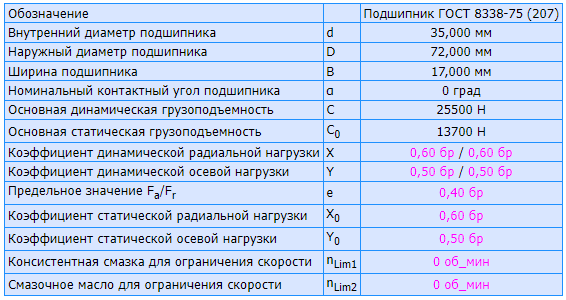


Рисунок 21– Параметры подшипников промежуточного вала

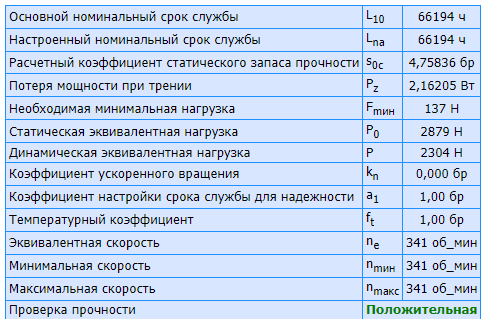


Рисунок 22 – Проверка подшипников промежуточного вала на долговечность

**6.3. Подшипники быстроходного вала**

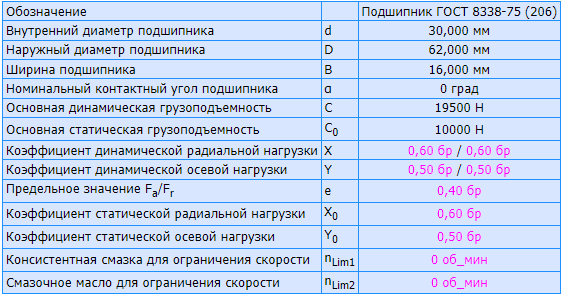


Рисунок 23 – Параметры подшипников быстроходного вала

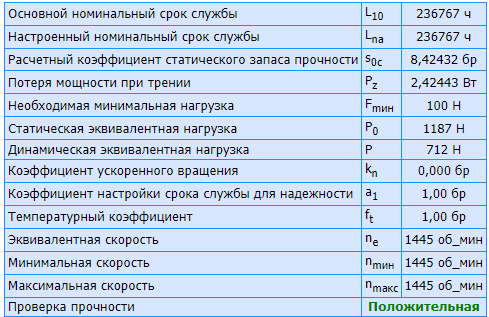


Рисунок 24 – Проверка подшипников быстроходного вала на долговечность

Вывод: Исследуемые подшипники трех валов прошли проверку на долговечность.

# 7. ПРОВЕРКА ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ

**7.1 Шпоночное соединение тихоходного вала**

Шпонка №1.

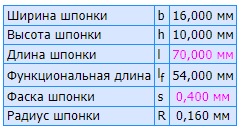


Рисунок 25 – Параметры шпоночного соединения тихоходного вала.

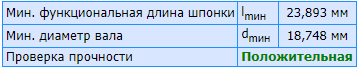


Рисунок 26 – Проверка шпоночного соединения тихоходного вала на прочность.

Шпонка №2:

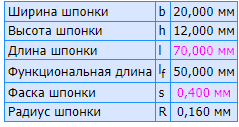


Рисунок 27 – Параметры шпоночного соединения тихоходного вала.

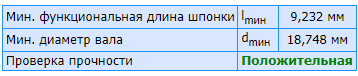


Рисунок 28 – Проверка шпоночного соединения тихоходного вала на прочность.

**7.2 Шпоночное соединение промежуточного вала**

Шпонка №3:



Рисунок 29 – Параметры шпоночного соединения промежуточного вала.

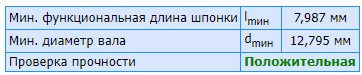


Рисунок 30 – Проверка шпоночного соединения промежуточного вала на прочность.

**7.3 Шпоночное соединение быстроходного вала**

Шпонка №4:

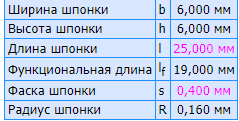


Рисунок 31 – Параметры шпоночного соединения быстроходного вала.

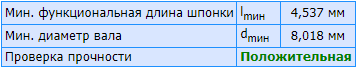


Рисунок 32 – Проверка шпоночного соединения быстроходного вала на прочность.

Вывод: Исследуемые шпоночные соединения трех валов прошли проверку на прочность.

# СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дунаев, П. Ф. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. техникумов/ П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – М.: Высш. шк., 1984. – 336 с.
2. Чернавский, С. А. Проектирование механических передач: Учебно­справочное пособие для втузов / С. А. Чернавский [и др.]. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1984. — 560 с.0

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

Спроектировать привод ленточного конвейера

