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: | | *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* | | *Зайцев А. Г.* |
| Группа: | | *ТСО-303Б-19* | |  |
| Руководитель: | | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | | *Поляков О. А.* |
| Оценка | \_\_\_\_\_\_\_ | | Дата защиты: «*27» 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-303Б-19, Зайцев Александр Геннадьевич* |
|  | (№ 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 цилиндрического соосного двухпоточного редуктора, электродвигателя, муфты, и барабана приводного. Параметры конвейера: Ft=200 кг – окружное усилие на барабане, v=1,8 м/c – скорость ленты конвейера, D=300 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: «24» декабря 2021 г.

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

Подпись студента \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Зайцев А. Г*.*/

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 3

1. РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РЕДУКТОРА 4

1.1 Подбор электродвигателя 4

1.2 Разбивка общего передаточного отношения по ступеням 5

1.3 Определение частот вращения и вращающих моментов валов 5

2. РАСЧЁТ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ 7

2.1 Расчет тихоходной ступени 7

2.2 Определение допускаемых напряжений 7

2.3 Определение межосевого расстояния 8

2.4 Предварительные параметры колеса 9

2.5 Модуль передачи 9

2.6 Минимальный угол наклона и суммарное число зубьев 9

2.7 Число зубьев шестерни и колёса 10

2.8 Диаметры колёс 10

2.9 Пригодность заготовок колёс 11

2.10 Силы зацепления 11

2.11 Проверка тихоходной ступени в APM Win Machine 12

2.12 Перерасчет тихоходной ступени 13

2.13 Проверка тихоходной ступени в APM Win Machine 16

2.14 Расчет быстроходной ступени в APM Win Machine 17

3. ЭСКИЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ 19

3.1 Диаметры валов 19

3.2 Расстояние между деталями передач 20

3.3 Выбор типа и схемы установки подшипников 21

4. КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ 21

5. ПРОВЕРКА ВАЛОВ НА ПРОЧНОСТЬ И ЖЕСТКОСТЬ 23

5.1 Проверка тихоходного вала 23

5.2 Проверка промежуточного вала-шестерни 25

5.3 Проверка быстроходного вала 27

6. ПРОВЕРКА ПОДШИПНИКОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ 29

6.1. Подшипники тихоходного вала 29

6.2. Подшипники промежуточного вала-шестерни 30

6.3. Подшипники быстроходного вала 31

7. ПРОВЕРКА ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ 33

7.1 Шпоночное соединение тихоходного вала 33

7.2 Шпоночное соединение промежуточного вала-шестерни 34

7.3 Шпоночное соединение быстроходного вала 34

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 35

ПРИЛОЖЕНИЕ А 36

ВВЕДЕНИЕ

Одним из способов снижения габаритных размеров и массы приводов машин является переход от обычных зубчатых передач к двухпоточным передачам.

Преимущества данного типа передачи:

В двухступенчатых двухпоточных передачах возможно уменьшение габаритных размеров зубчатых колес, а также снижение величины модуля передачи по сравнению с однопоточными, улучшить распределение нагрузки по ширине зубчатого венца и соответственно увеличить передаваемый крутящий момент.

Недостатки данного типа передачи:

Двухпоточные редукторы достаточно трудоемки по сложности своего изготовления и сборки, так как необходимо максимально равномерно распределить нагрузку по потокам. Уравнивание потоков осуществляется индивидуально для каждого редуктора путем подгонки пятна контакта зацепления каждого потока.

Применение:

Их используют, когда требуется создать симметричную компоновку привода относительно его продольной оси.

1. РАСЧЕТ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РЕДУКТОРА

1.1 Подбор электродвигателя

Потребляемая мощность привода (мощность на выходе):

где 𝑃 – окружное усилие на барабане [кг];

𝑣 – скорость ленты конвейера [м/с].

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

𝜂цил = 0,97 – КПД цилиндрической передачи;

𝜂м = 0,98 – КПД муфты соединительной;

𝜂оп = 0,99 – КПД опор (одна пара).

Общий КПД привода:

Потребная мощность электродвигателя:

Частота вращения приводного вала:

где – диаметр барабана [мм].

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

𝑈Т = 5 – передаточное число тихоходной ступени;

𝑈Б = 4 – передаточное число быстроходной ступени.

Частота вращения вала электродвигателя:

В соответствии с [1, табл. 18.36] по полученным данным подбираем электродвигатель 100S2/2880 с мощностью 𝑃 = 4 кВт и синхронной частотой 𝑛 = 2880 об/мин.

Общее передаточное число привода:

1.2 Разбивка общего передаточного отношения по ступеням

Разбивка передаточного отношения подчинена конструктивным условиям компоновки цилиндрической быстроходной ступени [1, табл. 1.3], тогда передаточное число тихоходной ступени:

Передаточное число быстроходной ступени:

1.3 Определение частот вращения и вращающих моментов валов

Частота вращения вала тихоходной ступени:

Частота вращения промежуточного вала:

Частота вращения вала быстроходной ступени:

Вращающий момент на приводном валу (на выходе):

Вращающий момент на промежуточном валу:

Вращающий момент на валу быстроходной ступени:

1. РАСЧЁТ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

2.1 Расчет тихоходной ступени

Выбор термической обработки, материала колеса и шестерни:

Для колеса по [1, табл. 2.1] выбираем материал сталь 40XH вариант термической обработки II: улучшение, HB 269…302,

Для шестерни по [1, табл. 2.1] выбираем материал сталь 40XH вариант термообработки II: улучшение и закалка ТВЧ, HRC 48…53,

Угловая скорость:

2.2 Определение допускаемых напряжений

Число циклов перемены напряжений:

Для колеса:

Для шестерни:

Коэффициенты долговечности (1, стр. 11):

Для колеса:

Для шестерни:

Число циклов перемены напряжений, соответствующие пределу контактной выносливости, определяем по графику (1, рис. 2.1):

Для колеса:

Для шестерни:

Допускаемые контактные напряжения и напряжения изгиба, соответствующие числу циклов и (1, табл. 2.2):

Для колеса:

Для шестерни:

, полагая, что

Допускаемые контактные напряжения и напряжения изгиба с учетом коэффициента долговечности передачи:

Для колеса:

Для шестерни:

Среднее допускаемое напряжение:

Условие

Окончательные ответы в Паскалях (Па):

2.3 Определение межосевого расстояния

Межосевое расстояние:

В соответствии с таблицей (1, стр.13): =0,4

Тогда:

По (1, табл. 2.3) применяя интерполяцию получаем коэффициент

Межосевое расстояние равно:

Округляя до стандартного значения, принимаем

2.4 Предварительные параметры колеса

Делительный диаметр:

Ширина:

По (1, табл. 18.1) принимаем стандартное значение м

2.5 Модуль передачи

Коэффициент

Согласно (1, стр. 13), округляем по 1-му ряду в большую сторону

2.6 Минимальный угол наклона и суммарное число зубьев

Минимальный угол наклон зубьев:

Суммарное число зубьев:

Округляем и принимаем

Действительное значение угла :

2.7 Число зубьев шестерни и колёса

Число зубьев шестерни:

Округляем и принимаем

Число зубьев колеса:

Фактическое передаточное число:

Отклонение от заданного передаточного числа:

2.8 Диаметры колёс

Делительный диаметр шестерни:

Делительный диаметр колеса:

Диаметры окружностей вершин и впадин зубьев :

Шестерня:

Колесо:

2.9 Пригодность заготовок колёс

Колесо с выточками:

Сплошное колесо:

В соответствии с (1, табл. 2.1):

; .

Условия и выполняются

2.10 Силы зацепления

Окружная:

Радиальная:

Осевая:

## **2.11** **Проверка тихоходной ступени в APM Win Machin**e

Тип передачи: косозубая внешнего зацепления.

Тип расчета: проверка по моменту.

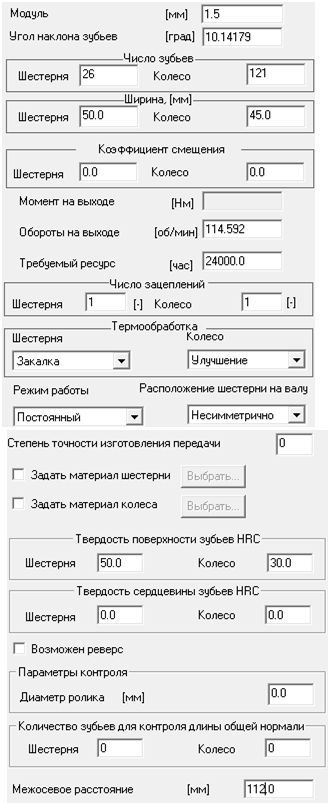
****

Рисунок 1 – Исходные данные тихоходной ступени

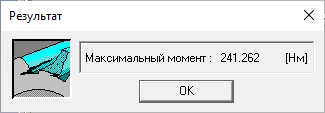


Рисунок 2 – Максимальный момент тихоходной ступени

Перегруз:

Т.к. проверочный максимальный момент много меньше расчетного, значит ступень рассчитана неверно и необходимо перейти к следующему стандартному межосевому расстоянию

2.12 Перерасчет тихоходной ступени

Предварительные параметры колеса:

Делительный диаметр:

Ширина:

По (1, табл. 18.1) принимаем стандартное значение м

Модуль передачи:

Коэффициент

Согласно (1, стр. 13), округляем по 1-му ряду в большую сторону

Минимальный угол наклон зубьев:

Суммарное число зубьев:

Округляем и принимаем

Действительное значение угла :

Число зубьев шестерни:

Округляем и принимаем

Число зубьев колеса:

Фактическое передаточное число:

Отклонение от заданного передаточного числа:

Делительный диаметр шестерни:

Делительный диаметр колеса:

Диаметры окружностей вершин и впадин зубьев :

Шестерня:

Колесо:

Пригодность заготовок колёс

Колесо с выточками:

Сплошное колесо:

В соответствии с (1, табл. 2.1):

; .

Условия и выполняются

Силы зацепления

Окружная:

Радиальная:

Осевая:

2.13 Проверка тихоходной ступени в APM Win Machine

Тип передачи: косозубая внешнего зацепления.

Тип расчета: проверка по моменту

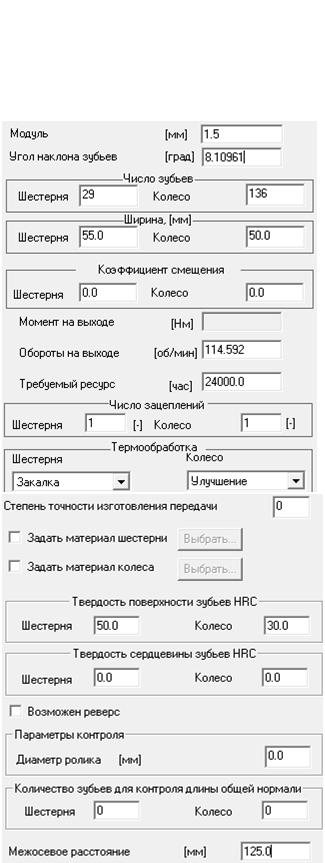


Рисунок 3 – Исходные данные тихоходной ступени

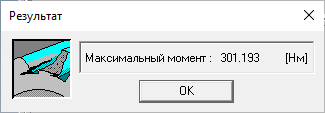


Рисунок 4 – Максимальный момент тихоходной ступени

Проверочный максимальный момент больше расчётного, исходя из этого можно сделать вывод, что после изменения межосевого расстояния, теперь тихоходная ступень рассчитана верно.

2.14 Расчет быстроходной ступени в APM Win Machine

Тип передачи: косозубая внешнего зацепления.

Тип расчета: проектировочный.

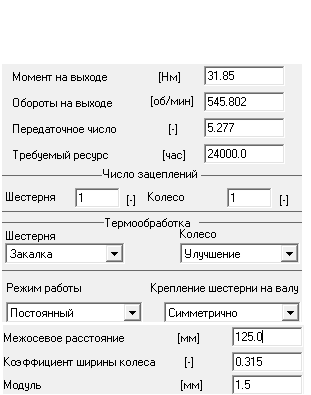


Рисунок 5 – Исходные данные быстроходной ступени

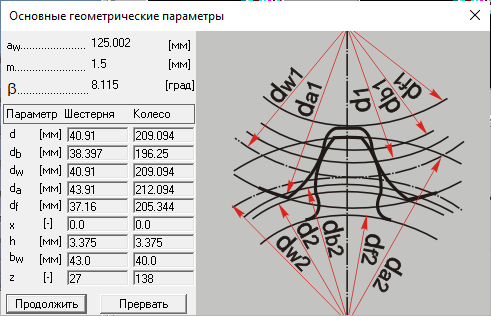


Рисунок 6 – Основные геометрические параметры быстроходной ступени

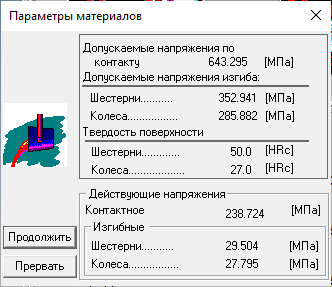
****

Рисунок 7 – Параметры материалов быстроходной ступени

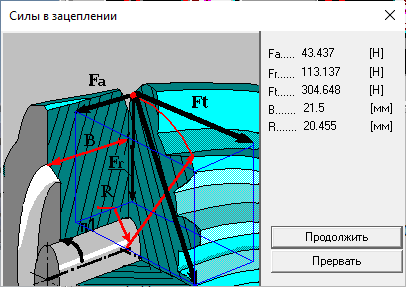
****

Рисунок 8 – Силы в зацеплении быстроходной ступени

3. ЭСКИЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

3.1 Диаметры валов

1. Диаметр выходного конца тихоходного вала:

где

В соответствии с [2, стр. 296] принимаем

Согласно [1, табл. 3.1] принимаем , , , ,6 где:

;

;

;

Диаметр тихоходного вала в месте установки подшипника:

Принимаем: .

Диаметр буртика для упора подшипника:

Принимаем: .

1. Диаметр промежуточного вала в месте установки колеса

Принимаем , , ,

Диаметр промежуточного вала в месте установки подшипника:

Принимаем: .

Диаметр буртика для упора подшипника:

Принимаем: .

1. Диаметр выходного конца быстроходного вала:

Принимаем , , ,6 .

Диаметр быстроходного вала в месте установки подшипника:

Применяем: .

Диаметр буртика для упора подшипника:

Принимаем: .

3.2 Расстояние между деталями передач

Наибольшее расстояние между деталями передач:

Расстояние между деталями передач:

Округляя в большую сторону до целого числа, принимаем

Расстояние между дном корпуса и поверхностью колеса:

Округляя в большую сторону до целого числа, принимаем

Принимаем

Расстояние между торцовыми поверхностями шестерни быстроходной ступени и колеса тихоходной ступени:

где: ширина подшипников опор быстроходного и тихоходного вала, принимаем в соответствии с [1, табл. 18.15]

3.3 Выбор типа и схемы установки подшипников

Согласно [1, табл. 18.28] для тихоходного вала принимаем шарикоподшипники радиальные однорядные легкой серии, обозначение 211, схема установки: “враспор”.

Для промежуточного вала принимаем шарикоподшипники радиальные однорядные легкой серии, обозначение 206, схема установки: “враспор”.

Для быстроходного вала принимаем шарикоподшипники радиальные однорядные легкой серии, обозначение 205, схема установки: “враспор”.

1. КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ

Толщина стенки корпуса редуктора:

Принимаем

Внутренние литейные радиусы:

Внешние литейные радиусы:

Высота приливов:

Исходя из [1, табл. 9.2] принимаем диаметр винтов и отверстий для крепления крышки корпуса d = M12, do = 13

Ширина фланца для крепления крышки корпуса:

Принимаем К = 30 мм.

Исходя из [1, табл. 9.3] принимаем диаметр винтов для крепления корпуса к раме или плите dф = М16, а количество винтов n = 4

Толщина фланца для крепления корпуса к раме или плите:

Принимаем k = 15 мм.

Ширина фланца для крепления корпуса к раме или плите:

Принимаем k = 40 мм.

Диаметр винтов для крепления крышки люка:

Принимаем d = 7 мм.

Высота фланца:

Принимаем  = 17 мм.

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

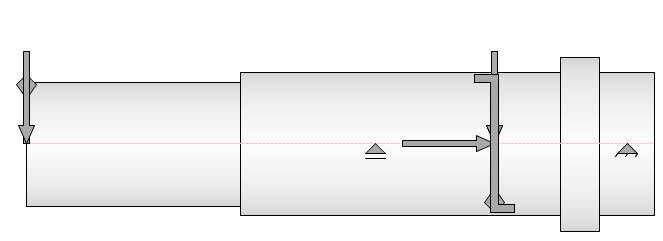
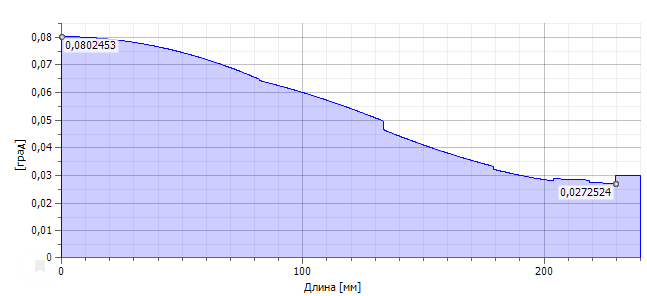
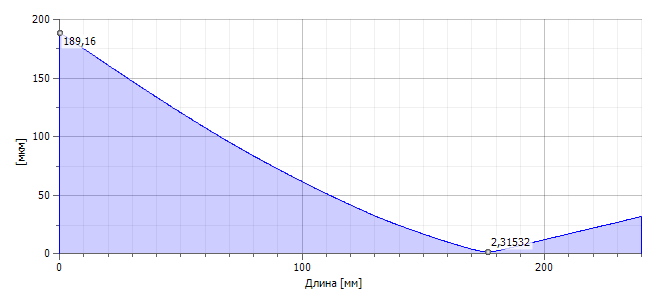


Рисунок 9 – Схема тихоходного валаРисунок 10 – Эпюра угла отклонения

Рисунок 11 – Эпюра отклонения

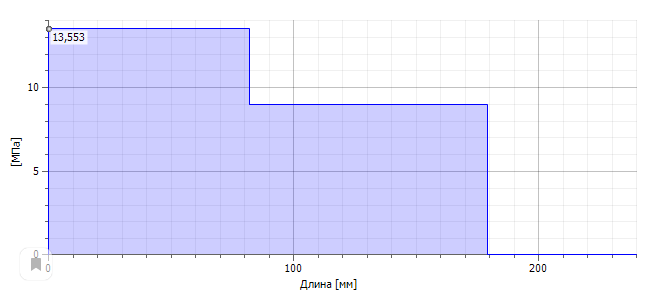


Рисунок 12 – Эпюра касательных напряжений при кручении

5.2 Проверка промежуточного вала-шестерни

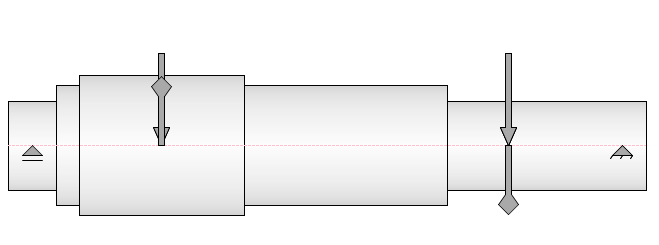
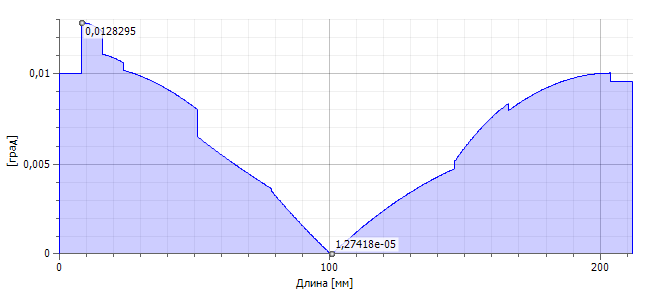


Рисунок 13 – Схема промежуточного вала-шестерни

Рисунок 14 – Эпюра угла отклонения

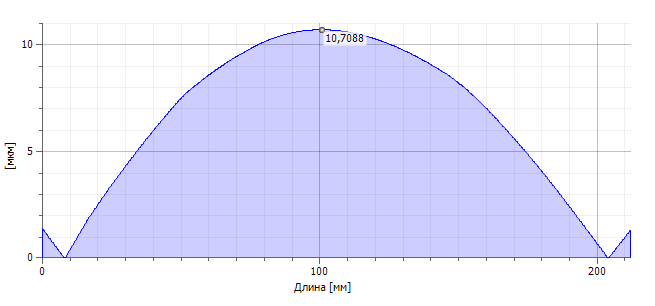


Рисунок 15 – Эпюра отклонения

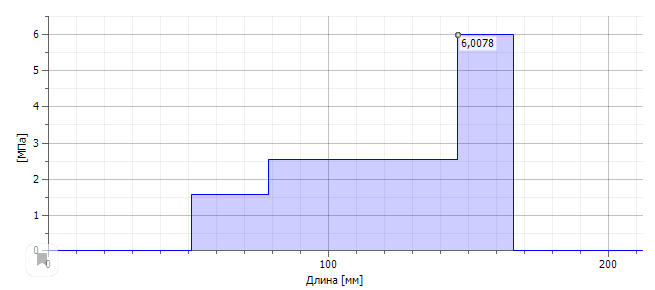


Рисунок 16 – Эпюра касательных напряжений при кручении

5.3 Проверка быстроходного вала

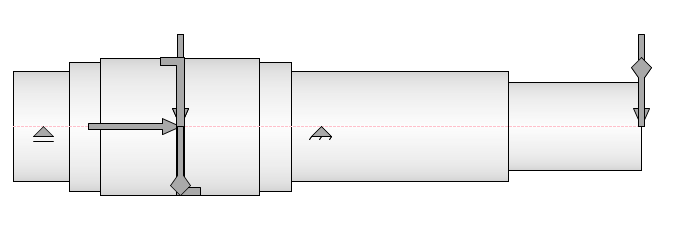


Рисунок 17 – Схема быстроходного вала

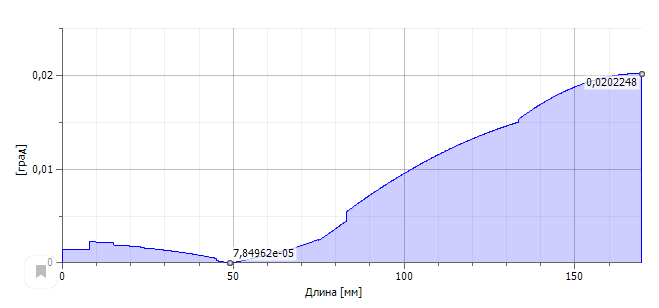


Рисунок 18 – Эпюра угла отклонения

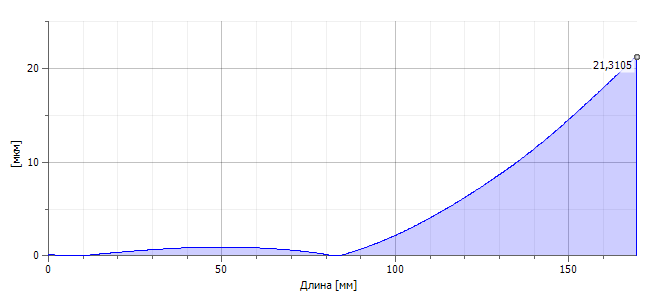


Рисунок 19 – Эпюра отклонения

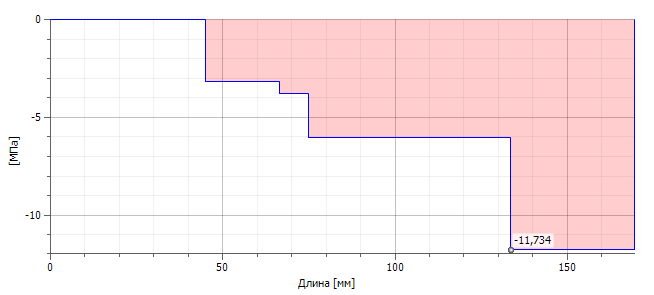


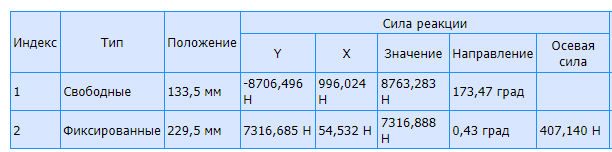
Рисунок 20 – Эпюра касательных напряжений при кручении

Исследуемые валы прошли проверку на прочность и жесткость.

6. ПРОВЕРКА ПОДШИПНИКОВ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Минимальное время работы подшипников: 24000 часов.

6.1. Подшипники тихоходного вала



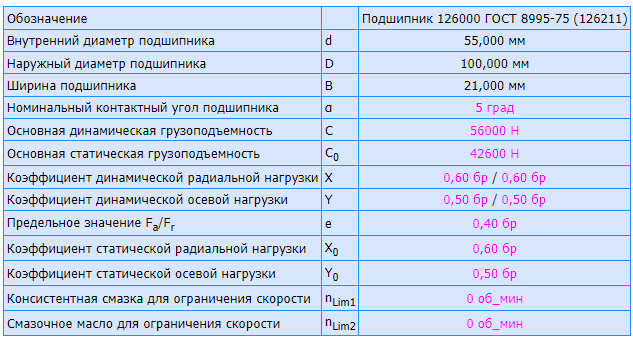


Рисунок 21 – Параметры подшипников тихоходного вала

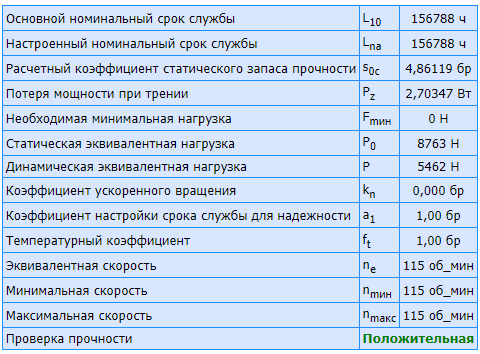
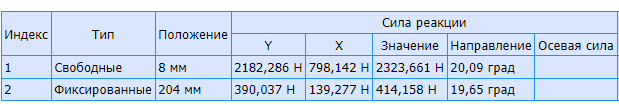
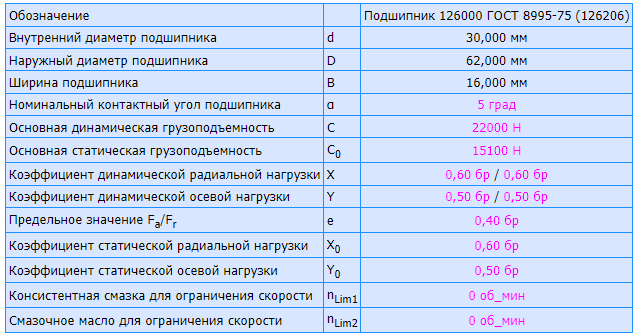


Рисунок 22 – Проверка подшипников тихоходного вала на долговечность

6.2. Подшипники промежуточного вала-шестерни

**

Рисунок 22– Параметры подшипников промежуточного вала-шестерни

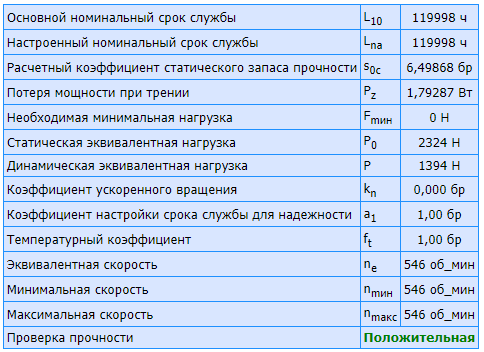
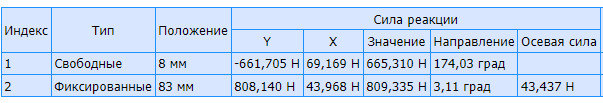
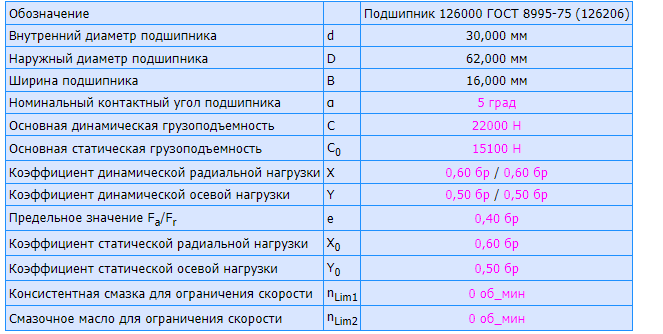


Рисунок 23 – Проверка подшипников промежуточного вала-шестерни на долговечность

6.3. Подшипники быстроходного вала

****

Рисунок 24 – Параметры подшипников быстроходного вала

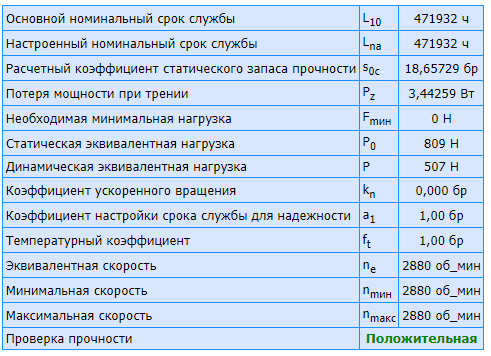


Рисунок 25 – Проверка подшипников быстроходного вала на долговечность

Исследуемые подшипники трех валов прошли проверку на долговечность.

7. ПРОВЕРКА ШПОНОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ПРОЧНОСТЬ

7.1 Шпоночное соединение тихоходного вала

Шпонка №1.



Рисунок 26 – Параметры шпоночного соединения тихоходного вала.

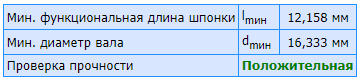


Рисунок 27 – Проверка шпоночного соединения тихоходного вала на прочность.

Шпонка №2:



Рисунок 28 – Параметры шпоночного соединения тихоходного вала.

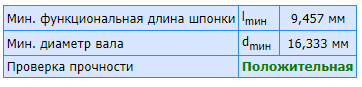


Рисунок 29 – Проверка шпоночного соединения тихоходного вала на прочность.

7.2 Шпоночное соединение промежуточного вала-шестерни

Шпонка №3

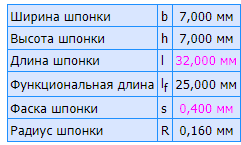


Рисунок 30 – Параметры шпоночного соединения промежуточного вала-шестерни.

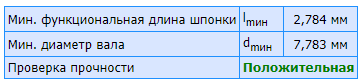


Рисунок 31 – Проверка шпоночного соединения промежуточного вала-шестерни на прочность.

7.3 Шпоночное соединение быстроходного вала

Шпонка №4

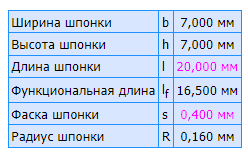


Рисунок 32 – Параметры шпоночного соединения быстроходного вала.

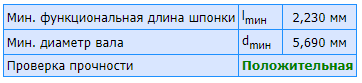


Рисунок 33 – Проверка шпоночного соединения быстроходного вала на прочность.

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. “Проектирование механических передач: Учебно-справочное пособие для вузов” / С.А. Чернавский – 5-е изд, перераб. и доп.- М: Машиностроение, 1984 – 560 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Спроектировать привод ленточного конвейера

