

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

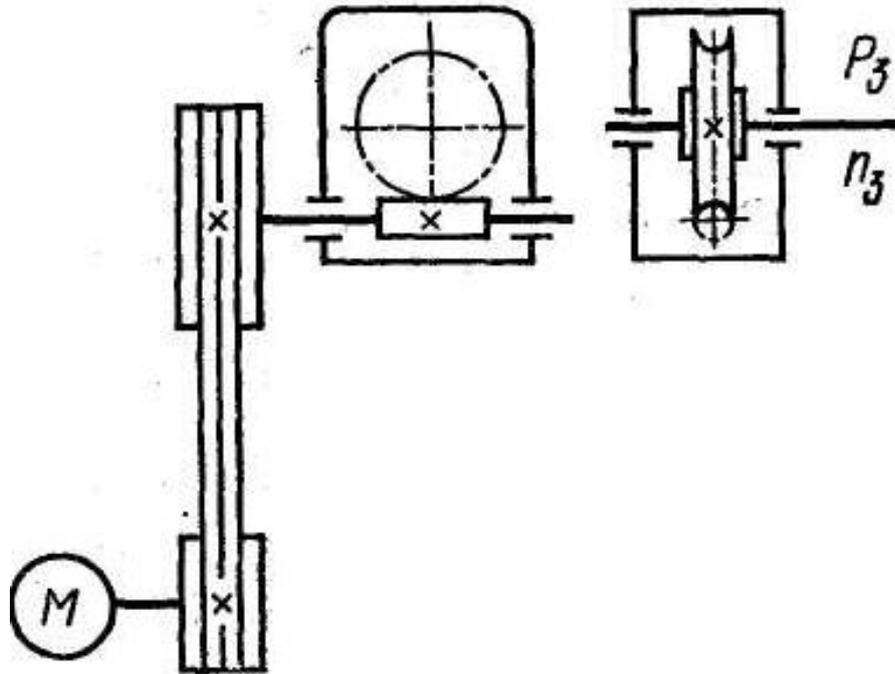
**КАФЕДРА: «ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА»**

# **КУРСОВАЯ РАБОТА**

**По предмету: «Прикладная механика»**

**А.Зияев**

ФЕРГАНА-2014



$P_3=3$  кВт

$n_3=30$  об/мин

## 1. Выбор электродвигателя и кинематических расчет

### 1.1. Выбор электродвигателя.

Требуемая мощность электродвигателя

$$N_{\text{тр}} = \frac{P_3}{\eta_{\text{общ}}}$$

Здесь,  $\eta_{\text{общ}}$  – общий КПД передачи

Общий КПД передачи

$$\eta_{\text{общ}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

Здесь,  $\eta_1$  – КПД клиноременной передачи;

$\eta_2$  – КПД червячного редуктора;

$\eta_3$  – КПД пары подшипников.

По табл. 1.1. примем:  $\eta_1=0,96$ ;  $\eta_2=0,83$ ;  $\eta_3=0,99$ .

$$N_{\text{тр}} = \frac{3}{0,788} = 3,8 \text{ кВт}$$

По табл. ПЗ по требуемой мощности выбираем электродвигатель маркое  $4A100L4, N_{\text{дв}}=4 \text{ кВт}$ ;  $n_{\text{дв}}=1500 \text{ мин}^{-1}$ .

$$S=3\% \quad \text{при этом } n_{дв}=1455 \text{ мин}^{-1}$$

## 1.2. Кинематический расчет

Передаточное отношение

$$u = \frac{n_1}{n_3} \quad \text{или} \quad u = u_{рем} \cdot u_{чер}$$

Здесь,  $u_{рем}$  – передаточное числа клинременное передачи,

$u_{чер}$  - передаточное числа червячное редуктора.

$$u = \frac{1455}{30} = 48,5$$

Намечаем ориентируясь частные передаточные числа редуктора  $u_{чер}=20$ ; ременное передачи

$$u_{рем} = \frac{48,5}{20} = 2,42$$

Частота вращения валов

$$n_1 = n_{дв} = 1455 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{рем}} = \frac{1455}{2,42} = 601 \text{ мин}^{-1}$$

$$n_3 = \frac{n_2}{u_{чер}} = \frac{601}{20} = 30 \text{ мин}^{-1}$$

Угловая скорости валов

$$\omega_1 = \omega_{дв} = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1455}{30} = 152,29 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_{рем}} = \frac{152,29}{2,42} = 63 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_{чер}} = \frac{63}{20} = 3,14 \text{ с}^{-1}$$

Вращающий моменты валов

$$T_1 = \frac{N_{тр}}{\omega_1} = \frac{3,8 \cdot 10^3}{152,29} = 32,83 \text{ Н} \cdot \text{м} = 32,83 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$T_2 = T_1 \cdot u_{рем} = 32,83 \cdot 10^3 \cdot 2,42 = 79,45 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$T_3 = T_2 \cdot u_{чер} = 79,45 \cdot 10^3 \cdot 20 = 1589 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

## 2. Расчет редуктора

2.1. Число витков червяка принимаем в зависимости от передаточного отношения, при  $u_{чер}=20$ , принимаем  $z_1=2$ .

Число зубьев червячного колеса

$$z_2 = u_{\text{чер}} \cdot z_1 = 20 \cdot 2 = 40$$

2.2. Выбираем материал червяка и венца червячного колеса. Принимаем для червяка сталь 45 с закалкой до твердости не менее HRC 45 и последующим шлифованием.

Так как к редуктору не предъявляются специальные требования, то в целях экономии принимаем для венца червячного колеса бронзу Бр. АЖ9-4Л (отливка в землю).

Предварительно примем скорость скольжения в зацеплении  $v_s = 5$  м/с. Тогда при делительной работе допускаемое контактное напряжение  $\sigma_H = 155$  МПа.

2.3. Определяем межосевое расстояние

$$a_w = \left( \frac{z_2}{q} + 1 \right)^3 \sqrt{\left( \frac{170}{[\sigma]_H \frac{z_2}{q}} \right)^2 T_3 K}$$

Здесь: q-коэффициент диаметр червяка, принимаем предварительно q=10;

K-коэффициент нагрузки, K=1,2.

$$a_w = \left( \frac{40}{10} + 1 \right)^3 \sqrt{\left( \frac{170}{155 \frac{40}{10}} \right)^2 1589 \cdot 10^3 \cdot 1,2} = 261 \text{ мм}$$

Модуль

$$m = \frac{2a_w}{z_2 + q} = \frac{2 \cdot 261}{40 + 10} = 10,44 \text{ мм}$$

Принимаем по ГОС 2144-76 (табл. 4.1) стандартные значения: m=10мм, q= 10.

Межосевое расстояние стандартных значениях m и q

$$a_w = \frac{m(q + z_2)}{2} = \frac{10(10 + 40)}{2} = 250 \text{ мм}$$

2.4. Основные размеры червяка

Делительный диаметр червяка

$$d_1 = q \cdot m = 10 \cdot 10 = 100 \text{ мм}$$

Диаметр вершин витков червяка

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 100 + 2 \cdot 10 = 120 \text{ мм}$$

Диаметр впадин витков червяка

$$d_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m = 100 - 2,4 \cdot 10 = 76 \text{ мм}$$

Длина нарезанной части шлифованного червяка

$$b_1 = (11 + 0,06z_2)m + 25 = (11 + 0,06 \cdot 40)10 + 25 = 137,4 \text{ мм}$$

Принимаем  $b_1 = 138 \text{ мм}$

Длительный угол подъема  $\gamma$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{2}{10} = 0,2 \quad \gamma = 11^\circ$$

2.5. Основные размеры венца червячного колеса

Длительный диаметр червячного колеса

$$d_2 = z_2 \cdot m = 40 \cdot 10 = 400 \text{ мм}$$

Диаметр вершин зубьев червячного колеса

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 400 + 2 \cdot 10 = 420 \text{ мм}$$

Диаметр впадин зубьев червячного колеса

$$d_{f2} = d_2 - 2,4 \cdot m = 400 - 2,4 \cdot 10 = 376 \text{ мм}$$

Наибольший диаметр червячного колеса

$$d_{aM2} = d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2} = 420 + \frac{6 \cdot 10}{2 + 2} = 435 \text{ мм}$$

Ширина венца червячного колеса

$$b_2 = 0,75 \cdot d_{a1} = 0,75 \cdot 120 = 90 \text{ мм}$$

2.7. Окружная скорость червяка

$$V = \frac{\pi d_1 n_2}{60} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 10^{-3} \cdot 601}{60} = 3,14 \text{ м/с}$$

Скорость скольжения

$$V_s = \frac{V}{\cos \gamma} = \frac{3,14}{\cos 11^\circ} = 3,19 \text{ м/с}$$

2.8. Проверяем контактное напряжение

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{z_2}{q}} \sqrt{\frac{T_1 K (\frac{z_2}{q} + 1)^3}{a_w^3}} \leq \sigma_{H \text{ доп}}$$

Коэффициент нагрузки

$$K = K_\beta K_v$$

Здесь,  $K_\beta$  Коэффициент неравномерности распределения нагрузки

$K_v$ -Коэффициент динамичности,  $K_v=1,1$ .

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta}\right)^2 (1 - x)$$

Где коэффициент деформации червяка при  $q=10$  и  $z_1=2$  по табл. 4.6  $\theta=86$ .  
Примем вспомогательный коэффициент  $x=0,6$ .

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{40}{86}\right)^2 (1 - 0,6) = 1,04$$

Коэффициент нагрузки

$$K = K_\beta \cdot K_v = 1,1 \cdot 1,04 = 1,14$$

Проверяем контактное напряжение

$$\sigma_H = \frac{170}{\frac{40}{10}} \sqrt{\frac{1589 \cdot 10^3 \cdot 1,14 \left(\frac{40}{10} + 1\right)^3}{200^3}} = 147,13 \text{ МПа} \leq \sigma_{H\text{ доп}} = 155 \text{ МПа}$$

Результат расчета следует признать удовлетворительным, так как расчетное напряжение ниже допускаемого на 10%.

## 2.9. Проверка прочности зубьев червячного колеса на изгиб

$$\sigma_F = \frac{1,2 T_3 K Y_F}{z_2 b_2 m^2} \leq \sigma_{F\text{ доп}}$$

Эквивалентное число зубьев

$$z_{v2} = \frac{z_2}{\cos^3 \gamma} = \frac{40}{(\cos 11^\circ)^3} = 41,9$$

Коэффициент формы зуба по табл. 4.5  $Y_{F2}=2,25$

Напряжение изгиб

$$\sigma_F = \frac{1,2 \cdot 1589 \cdot 10^3 \cdot 1,14 \cdot 2,25}{2 \cdot 90 \cdot 10^2} = 27,1 \text{ МПа}$$

## 3. Предварительный расчет валов редуктора

Крутящие моменты в поперечных сечениях валов: ведущего (вал червяк)  
 $T_2=79,45 \cdot 10^3 \text{ Н}\cdot\text{мм}$ .

Диаметр выходного конца вала (под шкив) по расчету на кручение при  $[\tau_{кр}]=25 \text{ МПа}$ .

$$d_{b1} = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{79,45 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} \approx 25 \text{ мм}$$

Принимаем:  $d_{b1}=25\text{мм}$ , диаметры подшипниковых шеек  $d_{п1}=30\text{ мм}$ .

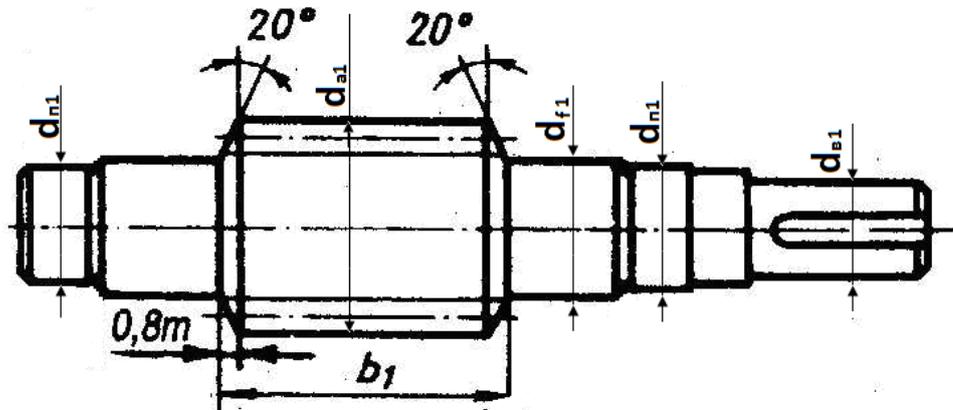


Рис. 1. Червяк

Витки червяка выполнены заодно с валом (рис.1.). Параметры нарезанной части:  $d_{f1}=76\text{ мм}$ ;  $d_1=100\text{мм}$  и  $d_{a1}=120\text{мм}$ . Для выхода режущего инструмента при нарезании витков рекомендуется участки вала, прилегающие к нарезке, протачивать до диаметра меньше  $d_{f1}$ . Длина нарезанной части  $b_1=138\text{ мм}$ .

Расстояние опорами червяка примем  $l=d_{a2}=435\text{ мм}$ . Расстояние от середины выходного конца до ближайшей опоры  $f=100\text{мм}$ .

Ведомого вала

$$d_{e2} = \sqrt[3]{\frac{T_3}{0,2}} = \sqrt[3]{\frac{1589 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 25}} = 68,78 \text{ мм}$$

Принимаем:  $d_{в2}=60\text{мм}$ , диаметры подшипниковых шеек  $d_{п2}=65\text{ мм}$ , диаметр вала в места посадки червячного колеса  $d_{к2}=70\text{ мм}$ .

#### 4. Конструктивные размеры червячные колеса и корпуса редуктора

##### 4.1. Конструктивные размеры червячные колеса

Диаметр ступицы червячного колеса

$$d_{cm2} = 1,6 \cdot d_{к2} = 1,6 \cdot 70 = 112 \text{ мм}$$

Длина ступицы червячного колеса

$$l_{cm2} = (1,2 \div 1,8) d_{к2} = (1,2 \div 1,8) 70 = 84 \div 126 \text{ мм}$$

Принимаем  $l_{cm2} = 112 \text{ мм}$ .

Толщина диска

$$C = 0,3 \cdot v_2 = 0,3 \cdot 90 = 18 \text{ мм}$$

## 4.2. Конструктивные размеры корпуса редуктора

Толщина стенок корпуса

$$\delta = 0,04 \cdot a_w + 2 = 0,04 \cdot 250 + 2 = 12 \text{ мм}$$

Толщина крышки

$$\delta_1 = 0,032 \cdot a_w + 2 = 0,032 \cdot 250 + 2 = 10 \text{ мм}$$

Толщина фланцев корпуса и крышки

$$b = 1,5 \cdot \delta = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ мм}$$

Толщина нижнего пояса корпуса при наличии бобышек:

$$\rho = 2,35 \cdot \delta = 2,35 \cdot 12 = 28 \text{ мм}$$

Диаметр болтов: фундаментных

$$d_1 = (0,03 \div 0,036) \cdot a_w + 12 = (0,03 \div 0,036) \cdot 250 + 12 = 19,5 \div 21 \text{ мм}$$

Принимаем фундаментных болты с резьбой М20

Болтов, крепящих крышку с корпусом

$$d_2 = (0,7 \div 0,75) d_1 = (0,7 \div 0,75) 20 = 14 \div 15 \text{ мм}$$

Принимаем болты с резьбой М 14

Болтов, соединяющих крышку с корпусом

$$d_3 = (0,5 \div 0,6) d_1 = (0,5 \div 0,6) 20 = 10 \div 12 \text{ мм}$$

Принимаем болты с резьбой М12

## 5. Подбор подшипников

В связи с тем, что в червячном зацеплении возникают значительные осевые усилия, примем радиально-упорные подшипники шариковые средней серии для червяка и роликовые конические средней серии для вала червячного колеса.

Условия обозначение подшипника	d	D	B	T	C
	Размеры, мм				Грузоподъемности, кН
46306	30	72	19	-	17,8
7313	65	120	-	33	107

## 6. Проверка прочности шпоночных соединений

Шпонки призматические со скругленными торцами. Размеры сечений шпонок и пазов и длины шпонок по СТ СЭВ 189-75.

Материал шпонок – сталь 45 нормализованная.

Напряжения смятия и условие прочности

$$\sigma_{см} = \frac{2T}{d \left( \frac{d-t_1}{2} - b \right)} \leq [\sigma]_{см}$$

Здесь,  $T$  – передаваемый вращающий момент;  
 $d$  – диаметр вала места установки шпонки;  
 $h$  – высота шпонки;  
 $t_1$  – глубина паза;  
 $l$  – длина шпонки;  
 $b$  – ширина шпонки;  
 $[\sigma]_{см}$  – допускаемые напряжения смятия,  $[\sigma]_{см} = 100-120$  МПа.

Ведущий вал-червяк.

$d_{b1} = 25$  мм;  $b \times h = 8 \times 7$  мм;  $t_1 = 4$  мм; длина шпонки  $l = 46$  мм.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 79,45 \cdot 10^3}{25 \left( \frac{25-4}{2} - 8 \right)} = 55,75 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{см}$$

Ведомые вал

$d_{b2} = 60$  мм;  $b \times h = 18 \times 11$  мм;  $t_1 = 7$  мм; длина шпонки  $l = 72$  мм.

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 1589 \cdot 10^3}{60 \left( \frac{60-7}{2} - 18 \right)} = 74,5 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{см}$$

## 6. Сборка и смазка редуктора

### 6.1. Выбор сорта масла

Смазка зацепления и подшипников производится разбрызгиванием жидкого масла. По табл. 8.9 устанавливаем вязкость масла. При скорости скольжения  $V_s = 3,19$  м/с рекомендуемая вязкости  $\nu = 118$  сСт. По табл. 8.10 принимаем масло индустриальное И-100А по ГОСТ 20799-75.

### 6.2. Сборка редуктора

Перед сборкой внутреннюю полость корпуса тщательно очищают и покрывают маслостойкой краской. Сборка редуктора производится в соответствии с чертежом общего вида. Начинают сборку с того, что на червячный вал надевают крыльчатки и шариковые радиально-упорные подшипники. Предварительно нагрев их в масле до  $80-100^\circ\text{C}$ . Собранный червячный вал вставляют в корпус.

В начале сборки вала червячного колеса закладывают шпонку и напрессовывают колеса до упора в бурт вала; затем надевают распорную втулку и устанавливают роликовые конические подшипники, нагретые в масле. Собранный вал укладывают в основание корпуса и надевают крышку корпуса, покрывая предварительно поверхности стыка фланцев спиртовым лаком. Для центровки крышку устанавливают на корпус с помощью двух конических штифтов и затягивают болты.

Закладывают в подшипниковые сквозные крышки резиновые манжеты и устанавливают крышки с прокладками.

Ввертывают пробку масло спускного отверстия с прокладкой и масло указатель. Заливают в редуктор масло и закрывают смотровое отверстие крышкой с отдушиной.

### **Литературы**

1. Д.В.Чернавский и др. *«Курсовое проектирование деталей машин»*  
М.:«Выс.шк.» 1979.
2. Д.В.Чернавскийи др. *«Курсовое проектирование деталей машин»*  
М.:«Выс.шк.» 1989.