

Министерство сельского хозяйства российской федерации  
Казанский государственный аграрный университет

Кафедра ОИД

18

**Пояснительная записка**

к курсовому проекту по деталям машин и основам  
конструирования

Тема: Проектирование привода винтового толкателя

Разработал: студент группы С292-08У

Сальников В.В.

Руководитель проекта:

Пикмуллин Г.В.

Казань  
2022

30.09.22

## ВВЕДЕНИЕ

Выполнение курсового проекта по деталям машин способствует закреплению и углублению знаний полученных при изучении общетехнических дисциплин: теоретическая механика, сопротивление материалов, теория машин и механизмов, детали машин, машиностроительное черчение, технология металлов, метрология стандартизация и сертификация.

Основная задача курсового проектирования – дать студентам основы знаний по конструированию деталей машин.

В данном задании использован цилиндро – червячный редуктор для привода винтового толкателя.

Цилиндро – червячные редуктора дают возможность осуществлять большое передаточное отношение; благодаря высоким виброакустическим свойствам, однако вследствие низкого КПД и меньшего ресурса, чем у зубчатых редукторов не рекомендуется применять их в машинах непрерывного действия.

Зм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист

Курсовой проект ПВТ 020.00.00.ПЗ

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ ..	5
1. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА .....	7
2. РАСЧЕТ БЫСТРОХОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ .....	12
3. РАСЧЕТ ТИХОХОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ .....	17
4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ВАЛОВ .....	22
5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ДЕТАЛЕЙ РЕДУКТОРА .....	23
6. РАСЧЕТ ШПОНОК .....	26
7. УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ ВАЛОВ .....	28
8. РАСЧЕТ И ПОДБОР ПОДШИПНИКОВ .....	35
9. РАСЧЕТ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ .....	38
10. СМАЗКА РЕДУКТОРА .....	40
ЛИТЕРАТУРА .....	41

## ЗАДАНИЕ № 15

Тема : проектирование привода к винтовому толкателю

Потребляемая мощность:  $N_4 = 4 \text{ кВт}$ ;

Угловая скорость:  $\omega_4 = 2 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;

Срок службы:  $t = 20000 \text{ час}$ ;

Число смен работы: 1;

Вид зацепления зубчатых пар:

а) быстроходная – шевронная;

б) тихоходная – шевронная;

Гибкая передача: поликлиновая;

Расположение гибкой передачи:  $\beta = 270^\circ$ ;

Схема привода и дополнительные данные для расчета приведены на рисунках 1-4.

Необходимо разработать:

1. Сборочный чертеж редуктора;
2. Чертеж общего вида привода;
3. Рабочие чертежи:
  - корпуса редуктора;
  - вала выходного;
  - колеса зубчатого;
  - рамы сварной.



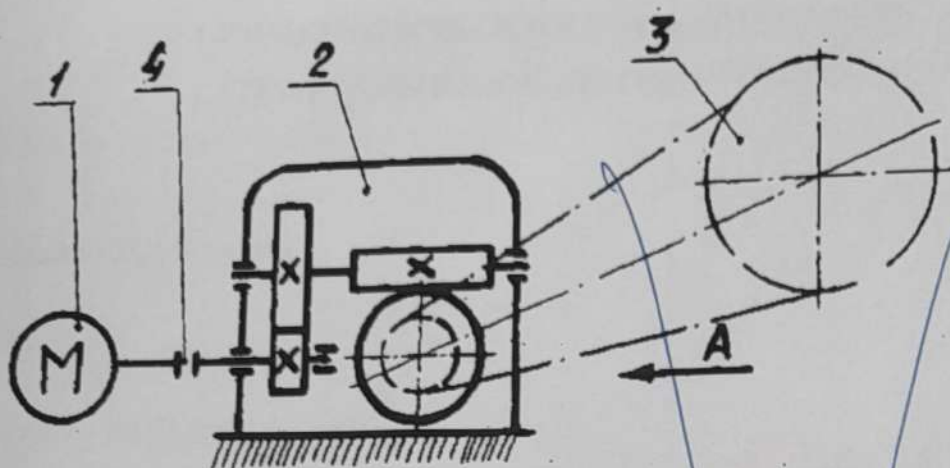


Рис. 1. Кинематическая схема привода: 1- электродвигатель; 2- редуктор; 3- гибкая передача; 4 - муфта.

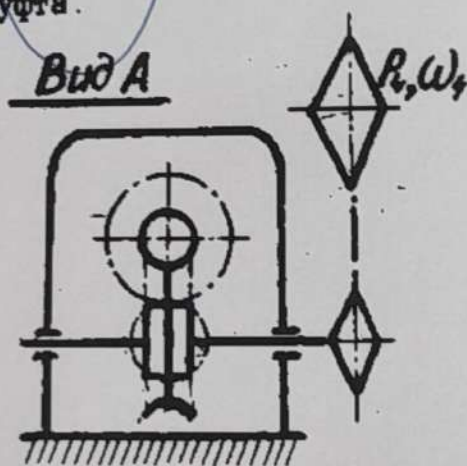
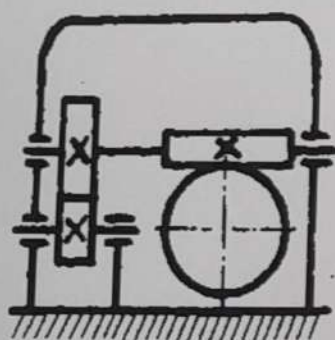


Рис.2. Схема редуктора

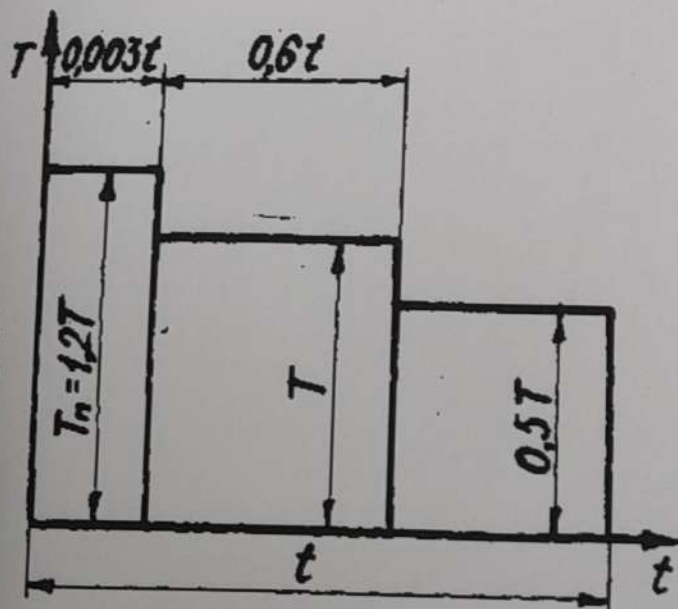


Рис. 4. Циклограмма: T-крутящий момент;  $T_n$  -крутящий момент пуска

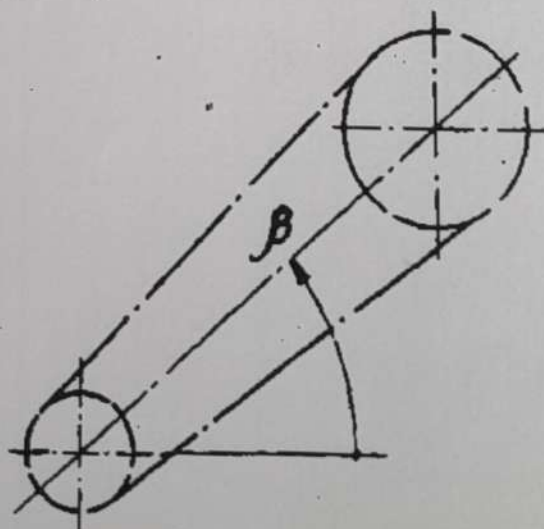


Рис. 3. Схема гибкой передачи

# 1. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДА

## 1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО КПД ПРИВОДА

Общий КПД привода:

$$\eta_0 = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3,$$

(1.1)

где

$\eta_1 = 0,97$  – КПД первой ступени;

$\eta_2 = 0,8$  – КПД второй ступени;

$\eta_3 = 0,95$  – КПД ременной передачи;

$$\eta_0 = 0,97 \cdot 0,8 \cdot 0,95 = 0,73.$$

## 1.2 РАСЧЕТ МОЩНОСТИ И ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Необходимая мощность электродвигателя:

$$P = \frac{N_4}{\eta_0} = \frac{4}{0,73} = 5,42 \text{ кВт.} \quad (1.2)$$

Принимается электродвигатель АИР 100L2/2850 ТУ 16-525.564-84;

Синхронная частота вращения:  $n_c = 3000 \text{ мин}^{-1}$ ;

Номинальная мощность:  $N_{\text{ном}} = 5,5 \text{ кВт}$ ;

Номинальная частота вращения:  $n_{\text{ном}} = 2850 \text{ мин}^{-1}$ ;

Частота вращения выходного вала:

$$n_4 = \frac{\omega_4 \cdot 30}{\pi} = \frac{2 \cdot 30}{3,14} = 19 \text{ мин}^{-1}; \quad (1.3)$$

$$\frac{T_{\text{пуск}}}{T_{\text{ном}}} = 2,2.$$

					Курсовой проект ПВТ 020.00.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 1.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕДАТОЧНОГО ЧИСЛА ПРИВОДА

Передаточное число привода:

$$u_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{ном}}}{n_4} = \frac{2898}{19} = 152,5; \quad (1.4)$$

Передаточное число редуктора принимаем :

$$u_p = 40;$$

тогда передаточное число быстроходной ступени:

$$u_1 = \sqrt[3]{u_p} = \sqrt[3]{40} = 2,09; \quad (1.5)$$

сходя из условия

$$2 \leq u_1 \leq 3,15;$$

принимаем:

$$u_1 = 2;$$

то передаточное число тихоходной ступени:

$$u_2 = u_p / u_1 = 40 / 2 = 20; \quad (1.6)$$

словие :

$$8 \leq u_2 \leq 63 \quad \text{выполняется.}$$

передаточное число ременной передачи :

$$u_3 = u_{\text{общ}} / u_p = 152,5 / 40 = 3,8. \quad (1.7)$$



## 1.5 РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ РЕДУКТОРА

Угловая скорость входного вала:

$$\omega_1 = \omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 2898}{30} = 303,3 \text{ рад/с};$$

Угловая скорость промежуточного вала:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_1} = \frac{303,3}{2} = 151,65 \text{ рад/с}; \quad (1.8)$$

Угловая скорость выходного вала:

$$\omega_3 = \frac{\omega_2}{u_2} = \frac{151,65}{20} = 7,58 \text{ рад/с};$$

Угловая скорость приводного вала:

$$\omega_4 = \frac{\omega_3}{u_3} = \frac{7,58}{3,8} = 1,9 \text{ рад/с}.$$

Крутящий момент входного вала:

$$M_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{5420}{303,3} = 17,8 \text{ Н·м}; \quad (1.9)$$

Крутящий момент промежуточного вала:

$$M_2 = M_1 \cdot u_1 \cdot \eta_H = 17,8 \cdot 2 \cdot 0,97 = 34,5 \text{ Н·м}; \quad (1.10)$$

Крутящий момент выходного вала:

$$M_3 = M_2 \cdot u_2 \cdot \eta_2 = 34,5 \cdot 20 \cdot 0,8 = 552 \text{ Н·м};$$

Крутящий момент приводного вала:

$$M_4 = M_3 \cdot u_3 \cdot \eta_3 = 552 \cdot 3,8 \cdot 0,95 = 1992,72 \text{ Н·м};$$

Расчетная мощность на I валу привода:

$$N_I = N_o \cdot \eta_m = 5500 \cdot 0,98 = 5390 \text{ Вт}; \quad (1.11)$$

Расчетная мощность на II валу привода:

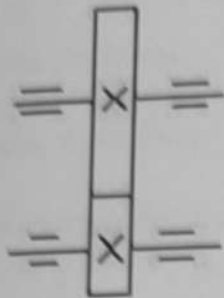
$$N_{II} = N_I \cdot \eta_H = 5390 \cdot 0,97 = 5228,3 \text{ Вт};$$

Расчетная мощность на III валу привода:

$$N_{III} = N_{II} \cdot \eta_2 = 5228,3 \cdot 0,8 = 4182,64 \text{ Вт};$$

									Лист	
Имя	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Курсовой проект ПВТ 020.00.00.ПЗ					

## 2. РАСЧЕТ БЫСТРОХОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ



### 2.1 Выбор материала и термической обработки:

4-колесо и шестерня – сталь 12ХНЗА;  
 твердость поверхности зубьев после цементации и заковки 56...63 HRC

Средняя твердость поверхностей зубьев колес:

$$HRC_{cp} = 0,5(HRC_{min} + HRC_{max}) = 0,5(56 + 63) = 59,5; \quad (2.1)$$

что соответствует  $HB_{cp} = 600$ .

Базовые числа циклов нагружений:

$$N_{HG} = 30HB_{cp}^{2,4} = 30 \cdot 600^{2,4} = 1,3 \cdot 10^8 - \text{на контактную прочность}; \quad (2.2)$$

$$N_{FG} = 4 \cdot 10^6 - \text{на изгиб}.$$

Действительные числа циклов перемены напряжений:

$$N_2 = 60 \cdot n_2 \cdot t = 60 \cdot 1449 \cdot 20000 = 1,74 \cdot 10^9 - \text{для колеса}; \quad (2.3)$$

$$N_1 = N_2 \cdot u_1 = 1,74 \cdot 10^9 \cdot 2 = 3,5 \cdot 10^9 - \text{для шестерни}; \quad (2.4)$$

где  $t = 20000$  - срок службы.

Коэффициенты долговечности:

$$Z_N = 1;$$

$$Y_N = 1.$$

Допускаемые контактные и изгибные напряжения:

$$[\sigma]_H = 1130 \text{ Н/мм}^2;$$

$$[\sigma]_{F2} = [\sigma]_{F1} = 480 \text{ Н/мм}^2;$$

Предварительное межосевое расстояние:

$$a_w = K_a(u_1 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_2 \cdot K_{H\beta}}{\psi_w \cdot u_1^2 \cdot [\sigma]_H}} = 43 \cdot (2 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{1,15 \cdot 34,5 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 2^2 \cdot 1130^2}} = 45; \quad (2.5)$$

где  $K_a = 43$  - коэффициент межосевого расстояния;

$\psi_w = 0,4$  - коэффициент ширины;

$$\psi_w = 0,5 \cdot \psi_w \cdot (u_1 + 1) = 0,5 \cdot 0,4 \cdot (2 + 1) = 0,6;$$

$K_{H\beta} = 1 + 2 \cdot \psi_w / S = 1 + 2 \cdot 0,6 / 8 = 1,15$  - коэффициент неравномерности нагрузки;

$S = 8$  - коэффициент безопасности.