



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Основы конструирования машин»

Сборник задач

для выполнения расчетно-графических и контрольных работ по теме «Проектирование технических систем с заданным уровнем надежности» по дисциплине

«Надежность технических систем и техногенный риск»

Авторы
Маньшин Ю. П.,
Маньшина Е. Ю.

Ростов-на-Дону, 2019

Аннотация

Сборник задач предназначен для студентов очной и заочной форм обучения направлений 20.03.01, 20.05.01 «Техносферная безопасность», «Пожарная безопасность».

Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Основы конструирования машин»

Маньшин Ю.П.

Старший преподаватель кафедры «Основы конструирования машин»

Маньшина Е.Ю.



Оглавление

| | |
|--------------------------------|-----------|
| Введение | 4 |
| Задания и комментарии | 4 |
| Список литературы | 34 |

ВВЕДЕНИЕ

Контрольные задания состоят из 10 групп задач. Все задачи каждой группы даны в 10 вариантах.

Для студентов заочной формы обучения обязательной для выполнения является та группа задач контрольного задания, номер которой соответствует последней цифре шифра студента, и тот вариант этой группы, который соответствует предпоследней цифре шифра студента.

Студентам очной формы обучения задания выдает преподаватель.

Задания содержат геометрические, кинематические, силовые параметры технических систем (ТС). Требуемый уровень надежности ТС задается основными параметрами надежности: вероятность безотказной работы $P(t)$ (ВБР) и наработка ТС t час, на которую заданная ВБР должна быть обеспечена.

Целью работы является отработка методов проектирования ТС, ее подсистем (П/С) и элементов (деталей) с заданным уровнем надежности. Для достижения этой цели студент выполняет задачи:

1. Определение требуемого уровня ВБР подсистем и выбранных элементов по условию заданной ВБР ТС.

2. Определение достигнутого уровня надежности элементов расчетным или экспериментально – расчетным методом.

3. Анализ соотношения достигнутого и требуемого уровней ВБР элементов.

4. Разработка мер по сближению достигнутого и требуемого уровней ВБР элементов.

5. Разработка выводов – рекомендаций по обеспечению заданной ВБР ТС.

Формы расчетов, эскизов и графиков ПЗ рекомендуются в пособии (1).

Задание на графическую часть курсовой работы выдает преподаватель.

Задания и комментарии

Задание 1

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор цилиндрический двухступенчатый типа Ц2У», рис.1, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 10 00 | 20 00 | 30 00 | 40 00 | 50 00 | 60 00 | 70 00 | 80 00 | 90 00 | 100 00 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,9 5 | 0,9 4 | 0,9 3 | 0,9 2 | 0,9 1 | 0,9 | 0,8 9 | 0,8 8 | 0,8 7 | 0,8 6 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Переда- точное число ред. u | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 10 | 12, 5 |
| Частота вращен. n_B , об/мин | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 100 0 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 250 | | | | | | | | | |
| Ради- ал.нагрузк а на вал R_B , Н | 250 | | | | | | | | | |
| Ради- ал.нагрузк а на вал R_T , Н | 4000 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_B , мм | 20 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_B , мм | 50 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_T , мм | 35 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_T , мм | 85 | | | | | | | | | |
| Межосе- вые a_{WB} , мм | 80 | | | | | | | | | |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| расстояния $a_{вТ}$, мм | 100 |
| Размеры редуктора: C , мм | 136 |
| L , мм | 387 |
| B , мм | 160 |
| H , мм | 230 |
| h , мм | 112 |

Задание 2

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор цилиндрический двухступенчатый типа Ц2У», рис.1, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 10 00 | 20 00 | 30 00 | 40 00 | 50 00 | 60 00 | 70 00 | 80 00 | 90 00 | 100 00 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,9 5 | 0,9 4 | 0,9 3 | 0,9 2 | 0,9 1 | 0,9 | 0,8 9 | 0,8 8 | 0,8 7 | 0,8 6 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Переда- точное число ред. u | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 10 | 12, 5 |
| Частота вращен. n_B , об/мин | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 100 0 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 500 | | | | | | | | | |

| | |
|---|------|
| Ради- ал.нагрузк а на вал $R_B, Н$ | 500 |
| Ради- ал.нагрузк а на вал $R_T, Н$ | 5600 |
| Диаметр конца вала $d_B, мм$ | 20 |
| Длина конца вала $l_B, мм$ | 55 |
| Диаметр конца вала $d_T, мм$ | 45 |
| Длина конца вала $l_T, мм$ | 116 |
| Межосе- вые $a_{wB}, мм$ | 80 |
| расстоя- ния $a_{wT}, мм$ | 125 |
| Размеры редуктора: $C, мм$ | 160 |
| $L, мм$ | 450 |
| $B, мм$ | 180 |
| $H, мм$ | 272 |
| $h, мм$ | 132 |

Задание 3

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор цилиндрический двухступенчатый типа Ц2У», рис.1, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 10 00 | 20 00 | 30 00 | 40 00 | 50 00 | 60 00 | 70 00 | 80 00 | 90 00 | 100 00 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,9 5 | 0,9 4 | 0,9 3 | 0,9 2 | 0,9 1 | 0,9 | 0,8 9 | 0,8 8 | 0,8 7 | 0,8 6 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Переда- точное число ред. и | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 10 | 12, 5 |
| Частота вращен. n_B , об/мин | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 100 0 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 1000 | | | | | | | | | |
| Ради- ал.нагрузк а на вал R_B , Н | 1000 | | | | | | | | | |
| Ради- ал.нагрузк а на вал R_T , Н | 8000 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_B , мм | 25 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_B , мм | 64 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_T , мм | 55 | | | | | | | | | |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Длина конца вала l_T , мм | 118 |
| Межосе- вые $a_{вБ}$, мм | 100 |
| расстоя- ния $a_{вТ}$, мм | 160 |
| Размеры редуктора: C , мм | 200 |
| L , мм | 560 |
| B , мм | 212 |
| H , мм | 345 |
| h , мм | 170 |

Задание 4

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор цилиндрический двухступенчатый типа Ц2У», рис.1, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 10 00 | 20 00 | 30 00 | 40 00 | 50 00 | 60 00 | 70 00 | 80 00 | 90 00 | 100 00 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,9 5 | 0,9 4 | 0,9 3 | 0,9 2 | 0,9 1 | 0,9 | 0,8 9 | 0,8 8 | 0,8 7 | 0,8 6 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |

| | | | | | | | | | | |
|---|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|
| Переда- точное число ред. и | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 10 | 12, 5 |
| Частота вращен. н _б , об/мин | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 100 0 |
| Момент на тих.валу Т _т , Нм | 2000 | | | | | | | | | |
| Ради- ал.нагрузк а на вал R _б , Н | 2000 | | | | | | | | | |
| Ради- ал.нагрузк а на вал R _т , Н | 11200 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d _б , мм | 30 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l _б , мм | 87 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d _т , мм | 70 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l _т , мм | 155 | | | | | | | | | |
| Межосе- вые a _{вб} , мм | 125 | | | | | | | | | |
| расстоя- ния a _{вт} , мм | 200 | | | | | | | | | |
| Размеры редуктора: С, мм | 243 | | | | | | | | | |
| L, мм | 690 | | | | | | | | | |

| | |
|----------|-----|
| B , мм | 250 |
| H , мм | 425 |
| h , мм | 212 |

Задание 5

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор цилиндрический двухступенчатый типа Ц2У», рис.1, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 10 00 | 20 00 | 30 00 | 40 00 | 50 00 | 60 00 | 70 00 | 80 00 | 90 00 | 100 00 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,9 5 | 0,9 4 | 0,9 3 | 0,9 2 | 0,9 1 | 0,9 | 0,8 9 | 0,8 8 | 0,8 7 | 0,8 6 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Переда- точное число ред. и | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 10 | 12, 5 |
| Частота вращен. n_B , об/мин | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 30 00 | 75 0 | 100 0 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 4000 | | | | | | | | | |
| Ради- ал.нагрузк а на вал R_B , Н | 3000 | | | | | | | | | |
| Ради- ал.нагрузк а на вал R_T , Н | 16000 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_B , мм | 40 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_B , мм | 115 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_T , мм | 90 | | | | | | | | | |

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Длина конца вала l_T , мм | 185 |
| Межосевые $a_{вБ}$, мм | 160 |
| расстояния $a_{вТ}$, мм | 250 |
| Размеры редуктора: C , мм | 290 |
| L , мм | 825 |
| B , мм | 300 |
| H , мм | 530 |
| h , мм | 265 |

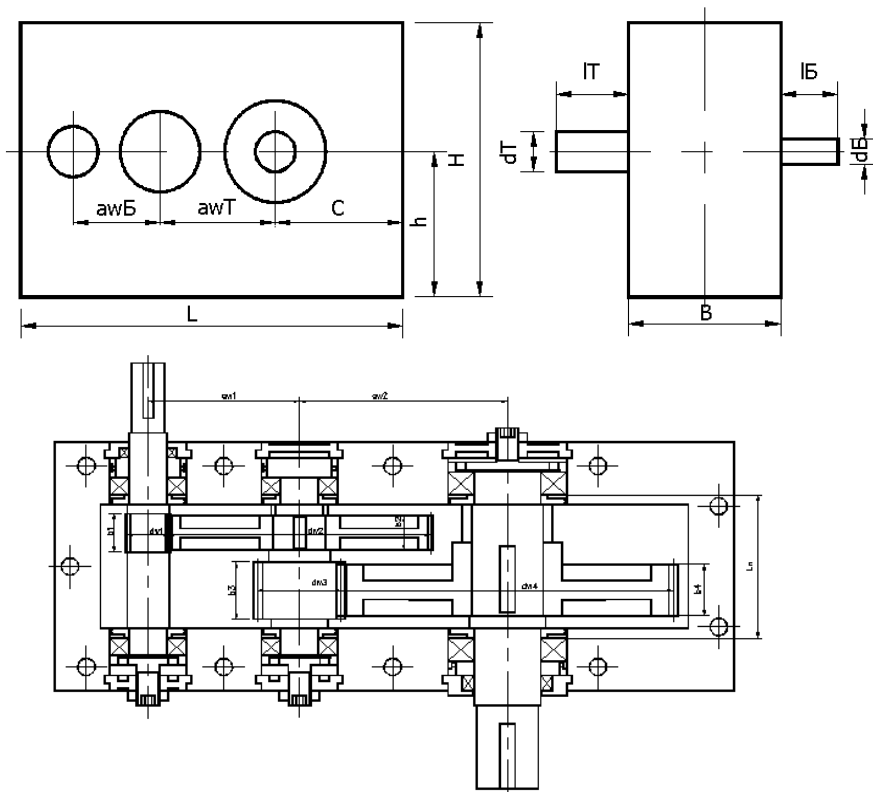


Рис. 1. Габаритный чертеж и компоновка передач двухступенчатого цилиндрического редуктора типа Ц2У по ГОСТ 20758-75. К заданиям №№ 1...5.

Определение размеров передач, валов и нагрузок в зацеплениях двухступенчатого цилиндрического редуктора на основании исходных данных заданий №№ 1...5.

Параметры зацеплений вычисляются с точностью до сотых.

Передаточное число редуктора $u = u_B u_T$;

Определить: $u_T \approx 0,88\sqrt{u}$, $u_B = u / u_T$.

Межосевое расстояние (рис. 1):

$a_B = 0,5(d_{w1} + d_{w2}) = 0,5d_{w1}(1 + d_{w2}/d_{w1}) = 0,5d_{w1}(1 + u_B)$,

откуда диаметры начальных окружностей

$d_{w1} = 2a_B / (1 + u_B)$,

$d_{w2} = d_{w1} u_B$.

По аналогии

$d_{w3} = 2a_T / (1 + u_T)$,

$d_{w4} = d_{w3} u_T$.

Стандартный угол зацепления $\alpha = 20^\circ$.

Угол наклона зубьев передач принять $\beta = 16^\circ$.

Модули нормальные зацеплений:

- быстроходной пары $m_{нБ} = (d_{w1} \cos\beta) / z_1$, при $z_1 = 23$;

- тихоходной пары $m_{нТ} = (d_{w3} \cos\beta) / z_3$, при $z_3 = 21$;

Модули m_n округляется до ближайшего большего по ГОСТ 9563-60, табл. 1;

Таблица 1

| Модули нормальные цилиндрических зубчатых колес ГОСТ 9563-60 m_n , мм (предпочтительны значения 1 ряда) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|-----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 р я д | 1 | 1,2 5 | 1, 5 | 2 | 2, 5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 1 0 | 1 2 | 1 6 | 2 0 | 2 5 |
| 2 р я д | 1,1 25 | 1,3 75 | 1, 75 | 2, 25 | 2, 75 | 3, 5 | 4, 5 | 5, 5 | 7 | 9 | 1 1 | 1 4 | 1 8 | 2 2 | 1 8 |

Диаметры окружностей выступов и впадин:

- диаметры окружностей выступов зубчатых колес 1 и 4

$$d_{a1(4)} = d_{w1(4)} + 2m_{нБ(Т)}$$

- диаметры окружностей впадин зубчатых колес 1 и 4

$$d_{f1(4)} = d_{w1(4)} - 2,5m_{нБ(Т)}$$

Коэффициент ширины шестерен принимается $\psi_{bd} = 0,6$.

Тогда ширина зубчатых венцов колес, (рис. 1):

- быстроходной пары: $b_1 = \psi_{bd} d_{w2} + (4..6)$, мм

$$b_2 = \psi_{bd} d_{w2}, \text{ мм}$$

- тихоходной пары: $b_3 = \psi_{bd} d_{w4} + (6..8)$, мм

$$b_4 = \psi_{bd} d_{w4}, \text{ мм}$$

Ширину зубчатых зацеплений округлить до ближайшего большего четного значения.

Частоты вращения валов рассчитать с точностью до целых:

быстроходного $n_б$ - по заданию;

промежуточного $n_{пром} = n_б / u_б$, об/мин;

тихоходного $n_т = n_б / u$, об/мин.

Коэффициент полезного действия редуктора учитывает потери на трение (КПД) в подшипниках качения ($\eta_{пк}$) на трех валах и в двух зубчатых зацеплениях ($\eta_з$): $\eta = \eta_з^2 \eta_{пк}^3$. Принять $\eta_{пк} = 0,99$, $\eta_з = 0,99$. Рассчитать с точностью до сотых.

Нагрузки на валах и в зацеплениях (округлить до целых).

Крутящие моменты на валах:

$T_т$ – по заданию; $T_{пром} = T_т / u_т \eta_з \eta_{пк}^2$;

$$T_б = T_т / u \eta, \text{ Нм.}$$

Силы в зацеплениях.

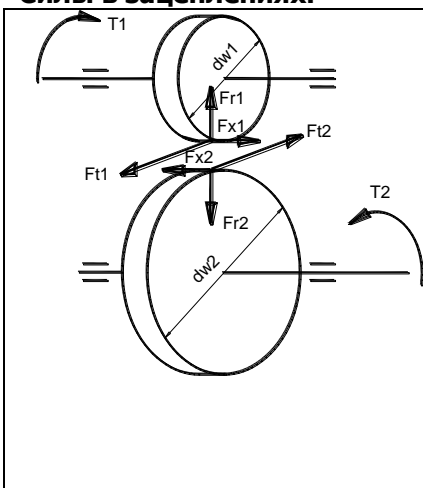


Рис. 2. Силы в зацеплении быстроходной пары:

окружная $F_{t2} = 2T_{пром} / d_{w2}$

$$= -F_{t1}, \text{ Н,}$$

радиальная $F_{R2} = F_{t2} \operatorname{tg} \alpha /$

$$\cos \beta = -F_{R1}, \text{ Н,}$$

осевая $F_{X2} = F_{t2} \operatorname{tg} \beta = -$

$$F_{X1}, \text{ Н;}$$

тихоходной пары:

окружная $F_{t4} = 2T_т / d_{w4} =$

$$-F_{t3}, \text{ Н,}$$

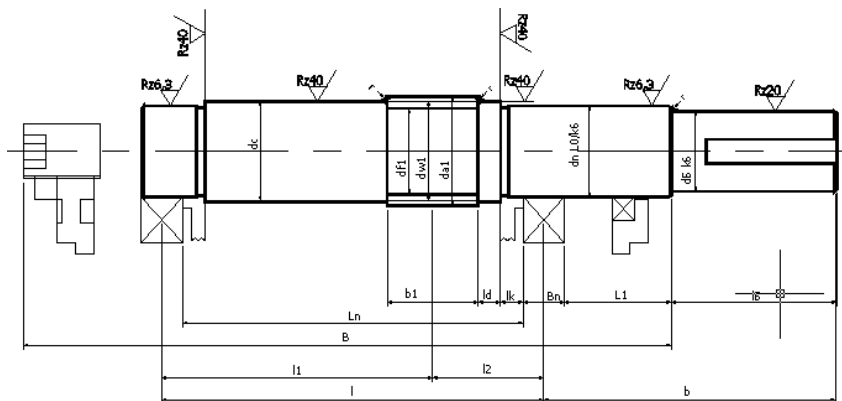
радиальная $F_{R4} = F_{t4} \operatorname{tg} \alpha /$

$$\cos \beta = -F_{R3}, \text{ Н,}$$

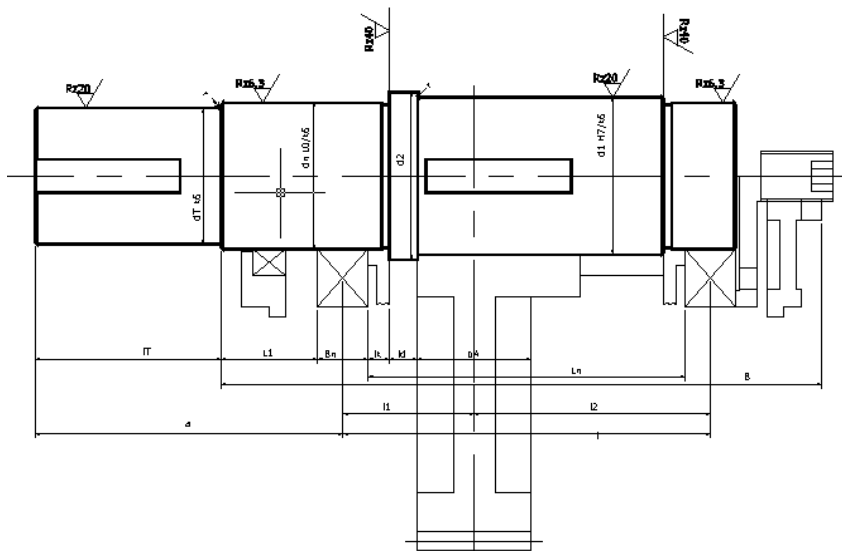
осевая $F_{X4} = F_{t4} \operatorname{tg} \beta = -$

$$F_{X3}, \text{ Н.}$$

Размеры заданных валов быстроходного и тихоходного на основании исходных данных.



Вал быстроходный



Вал тихоходный

Рис. 3. Назначение размеров, посадок и шероховатостей валов

Размеры **B**, **d_б**, **l_б**, **d_т**, **l_т** – из таблице задания.

Размеры производные и назначаеваемые:

- расстояние между торцами подшипников **L_н = (0,53 –**

0,56)B мм, округляется до целых;

- диаметры под подшипники быстроходного вала $d_n = d_b + (5 - 8)$, тихоходного вала $d_n = d_t + (8-12)$ мм, округляется до 5 или 0;

- диаметр свободный $d_c = d_n + (5 - 8)$ мм, округляется до целых;

- диаметр под посадку зубчатого колеса $d_1 = d_n + (8-12)$ мм, и округляется до ближайшего нормального размера Ra40 по ГОСТ 6636-69*;

- дистанционная длина от шестерни или колеса до стенки редуктора $l_d = 10 - 20$ мм;

- диаметр упорного буртика $d_2 = d_1 + (8-12)$ мм;

- длина колец маслосащитных $l_k = 10$ мм;

- ширина подшипника B_n по таблицам подшипников легкой серии на диаметры d_n типов 200, 6200, 7200;

- расстояние от подшипника до упорного выступа вала, расположенного на габаритной ширине редуктора $L_1 = (0,3..0,32) L_n$, округляется до целых.

Размеры шпоночных пазов в соответствии с диаметрами валов по табл. П1 (1).

Размеры канавок для выхода шлифовального круга на диаметрах d_n по табл.П4 (1).

Размеры расчетных схем валов:

- пролеты между опорами $l = L_n + B_n$,

- длины участков вала быстроходного

$l_1 = l - l_2$, $l_2 = 0,5 b_1 + l_d + l_k + 0,5 B_n$,

вала тихоходного $l_1 = 0,5 b_4 + l_d + l_k + 0,5 B_n$, $l_2 = l - l_1$;

- вылеты $a = l_t + L_1 + 0,5 B_n$, $b = l_b + L_1 + 0,5 B_n$.

Ширина зубчатых колес b_1 , b_4 и диаметры начальных окружностей d_{w1} , d_{w4} из расчета.

Начальный вариант материала валов Сталь 45 по ГОСТ 1050-72.

Задание 6

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор червячный одноступенчатый типа РЧУ ГОСТ 13563-68», рис.4, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|-----------|----------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Наработка ТС t , час | 10 00 | 20 00 | 30 00 | 40 00 | 50 00 | 60 00 | 70 00 | 80 00 | 90 00 | 100 00 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,9 4 | 0,9 3 | 0,9 2 | 0,9 1 | 0,9 | 0,8 9 | 0,8 8 | 0,8 7 | 0,8 6 | 0,8 5 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Переда- точное число ред. и | 8 | 10 | 12, 5 | 16 | 20 | 25 | 31, 5 | 40 | 50 | 63 |
| Частота вращен. нь, об/мин | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 75 0 | 10 00 | 15 00 | 750 |
| КПД ре- дуктора η | 0,8 6 | 0,8 6 | 0,8 7 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,6 8 | 0,6 8 | 0,6 8 | 0,6 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 11 5 | 10 2 | 95 | 11 8 | 10 3 | 95 | 11 8 | 10 3 | 97 | 103 |
| Межосе- вое расст. a_w , мм | 63 | | | | | | | | | |
| Рад.нагр. на тихох. вал R_T ,Н | 2800 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_b , мм | 22 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_b , мм | 38 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_T , мм | 25 | | | | | | | | | |

| | |
|-----------------------------|-----|
| Длина конца вала l_7 , мм | 42 |
| Размеры редуктора: | |
| L , мм | 310 |
| B , мм | 145 |
| H , мм | 209 |
| h , мм | 65 |

Задание 7

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор червячный одноступенчатый типа РЧУ ГОСТ 13563-68», рис.4, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,9 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Передаточное число ред. u | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|-----|
| Частота вращения, n_b , об/мин | 750 | 1000 | 1500 | 750 | 1000 | 1500 | 750 | 1000 | 1500 | 750 |
| КПД редуктора η | 0,86 | 0,86 | 0,87 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,6 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 225 | 230 | 188 | 229 | 210 | 192 | 229 | 211 | 193 | 220 |
| Межосевое расст. a_w , мм | 80 | | | | | | | | | |
| Рад.нагр. на тихох. вал R_T ,Н | 4000 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_b , мм | 24 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_b , мм | 42 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_T , мм | 32 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_T , мм | 58 | | | | | | | | | |
| Размеры редуктора: | | | | | | | | | | |
| L , мм | 234 | | | | | | | | | |
| B , мм | 164 | | | | | | | | | |

| | |
|-------|-----|
| H, мм | 293 |
| h, мм | 112 |

Задание 8

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор червячный одноступенчатый типа РЧУ ГОСТ 13563-68», рис.4, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,9 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Передаточное число ред. и | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 |
| Частота вращения, об/мин | 750 | 1000 | 1500 | 750 | 1000 | 1500 | 750 | 1000 | 1500 | 750 |
| КПД редуктора η | 0,86 | 0,86 | 0,87 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,6 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 412 | 363 | 348 | 422 | 372 | 351 | 422 | 372 | 354 | 382 |
| Межосевое расст. a_w , мм | 100 | | | | | | | | | |
| Рад.нагр. на тихох. вал R_T ,Н | 5500 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_b , мм | 32 | | | | | | | | | |

| | |
|-------------------------------|-----|
| Длина конца вала l_b , мм | 80 |
| Диаметр конца вала d_T , мм | 45 |
| Длина конца вала l_T , мм | 82 |
| Размеры редуктора: | |
| L , мм | 280 |
| B , мм | 200 |
| H , мм | 312 |
| h , мм | 110 |

Задание 9

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор червячный одноступенчатый типа РЧУ ГОСТ 13563-68», рис.4, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 |

| ВБР ТС $P(t)$ | 0,9 4 | 0,9 3 | 0,9 2 | 0,9 1 | 0,9 | 0,8 9 | 0,8 8 | 0,8 7 | 0,8 6 | 0,8 5 |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Передаточное число ред. и | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 |
| Частота вращения n_b , об/мин | 750 | 1000 | 1500 | 750 | 1000 | 1500 | 750 | 1000 | 1500 | 750 |
| КПД редуктора η | 0,86 | 0,86 | 0,87 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,6 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 724 | 709 | 559 | 760 | 676 | 562 | 763 | 681 | 562 | 674 |
| Межосевое расст. a_w , мм | 125 | | | | | | | | | |
| Рад.нагр. на тихох. вал R_T , Н | 6000 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_b , мм | 32 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_b , мм | 80 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_T , мм | 55 | | | | | | | | | |
| Длина конца вала l_T , мм | 82 | | | | | | | | | |

| | |
|--------------------|-----|
| Размеры редуктора: | |
| L, мм | 380 |
| B, мм | 230 |
| H, мм | 396 |
| h, мм | 111 |

Задание 10

Спроектировать деталь (вал быстроходный Б или тихоходный Т), входящую в качестве элемента в ТС «Редуктор червячный одноступенчатый типа РЧУ ГОСТ 13563-68», рис.4, с заданным уровнем надежности на основании исходных данных

| Параметры | Варианты | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Наработка ТС t , час | 1000 | 2000 | 3000 | 4000 | 5000 | 6000 | 7000 | 8000 | 9000 | 10000 |
| ВБР ТС $P(t)$ | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,9 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 |
| Деталь | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т | Б | Т |
| Передаточное число ред. и | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 31,5 | 40 | 50 | 63 |
| Частота вращения, об/мин | 750 | 1000 | 1500 | 750 | 1000 | 1500 | 750 | 1000 | 1500 | 750 |
| КПД редуктора η | 0,86 | 0,86 | 0,87 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,6 |
| Момент на тих.валу T_T , Нм | 1500 | 1253 | 1150 | 1525 | 1278 | 1170 | 1525 | 1395 | 1170 | 1305 |
| Межосевое расст. a_w , мм | 160 | | | | | | | | | |
| Рад.нагр. на тихох. вал R_T ,Н | 11000 | | | | | | | | | |
| Диаметр конца вала d_b , мм | 40 | | | | | | | | | |

| | |
|-------------------------------|-----|
| Длина конца вала l_6 , мм | 110 |
| Диаметр конца вала d_T , мм | 70 |
| Длина конца вала l_T , мм | 105 |
| Размеры редуктора: | |
| L , мм | 490 |
| B , мм | 280 |
| H , мм | 500 |
| h , мм | 140 |

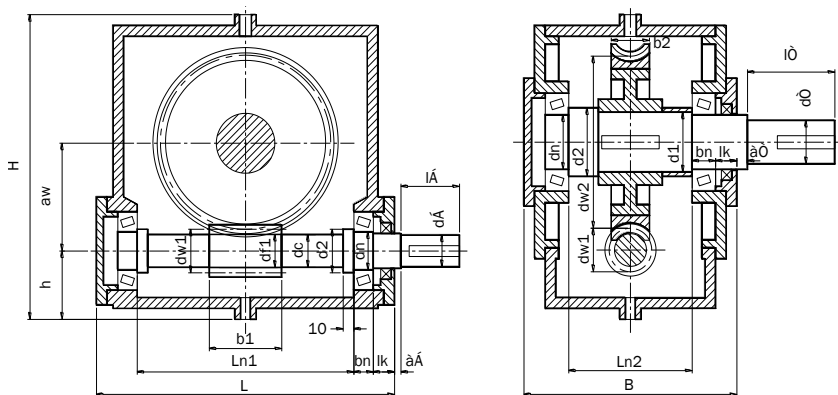


Рис. 4. Габаритные и компоновочные размеры одноступенчатого червячного редуктора типа РЧУ по ГОСТ135683-6. К заданиям №№9 6...10.

Определение размеров передач, валов и нагрузок в зацеплении одноступенчатого червячного редуктора на основании исходных данных заданий №№ 6...10.

Передаточные числа u и межосевые расстояния a_w , мм, приводятся в заданиях и соответствуют ГОСТ2144-76.

Межосевое расстояние червячной передачи (рис. 4) связано с другими параметрами зацепления формулой $a_w =$

$$0,5m(z_2+q+2x),$$

где m – модуль по ГОСТ 19672 – 74, (таб. 2);

z_2 – число зубьев червячного колеса (таб. 2);

q – коэффициент диаметра червяка (таб. 2);

x – коэффициент смещения инструмента при нарезании червяка; условие совместности червяка и колеса, вписанных в стандартное межосевое расстояние $-1 \leq x \leq +1$.

При $x = 0$ детали передачи вписываются без смещения $a_w = 0,5m(z_2+q)$.

Таблица 2 содержит сочетания совместимых параметров зацеплений основного ряда червячных передач по ГОСТ 2144-76.

Таблица 2

| Выборочные параметры основного ряда червячных передач по ГОСТ 2144-76 | | | | | | | | | | |
|---|----|----|------|----|----|------|----|----|------|----|
| Передаточное число u | 8 | 10 | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 |
| число заходов червяка z_1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| число зубьев червячного колеса z_2 | 32 | 40 | 50 | 32 | 40 | 50 | 32 | 40 | 50 | 63 |
| коэффициент диаметра червяка q | 8 | 10 | 12,5 | 8 | 10 | 12,5 | 8 | 10 | 12,5 | 16 |

После выбора параметров z_1 , z_2 и q по заданному u из таб. 2 определить модуль расчетный $m = 2a / (q + z_2)$ и округлить его до ближайшего по таб. 3;

Таблица 3

| |
|--|
| Модули червячных передач ГОСТ 19672 – 74 m , мм (предпочтительны значения 1 ряда) |
|--|

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---|----------|---------|---|---------|----------|---|---|---------|---|--------|----------|--------|--------|
| 1 ря д | 1 | 1,2 5 | 1, 6 | 2 | 2, 5 | 3,1 5 | 4 | 5 | 6, 3 | 8 | 1 0 | 12, 5 | 1 6 | 2 0 |
| 2 ря д | | | | | 3 | 3,5 | | 6 | 7 | | 1 2 | | | |

Коэффициент смещения инструмента при нарезании червяка

$$x = [a_w - m/2(z_2 + q)] 1/m$$

Параметры червяка (рис. 4):

Начальный диаметр

$$d_{w1} = m(q + 2x);$$

Диаметр выступов

$$d_{a1} = d_{w1} + 2m;$$

Диаметр впадин

$$d_{f1} = d_{w1} - 2,4m;$$

Длина нарезанной части

$$b_1 \geq (13 + 0,1z_2)m$$

Начальный угол подъема винтовой линии

$$\gamma_w =$$

$$\arctg(z_1 m / d_{w1})$$

Параметры червячного колеса (рис. 4):

Начальный диаметр

$$d_{w2} = m z_2$$

Диаметр выступов

$$d_{a2} = d_{w2} +$$

$$2m(1+x)$$

Ширина

$$b_2 \leq 0,75d_{a1}$$

Частоты вращения валов:

n_b – по заданию; $n_t = n_b / u$, об/мин.

Передаточное число u – по заданию.

Частоты рассчитать с точностью до сотых.

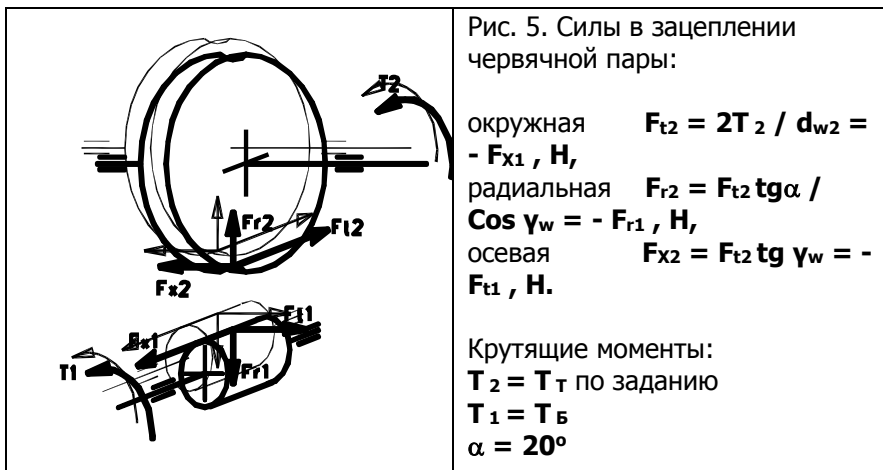
Коэффициент полезного действия редуктора η учитывает потери на трение (КПД) в подшипниках качения на двух валах и в червячном зацеплении, по заданию.

Крутящие моменты на валах:

T_t – по заданию; $T_b = T_t / u \eta$, Нм.

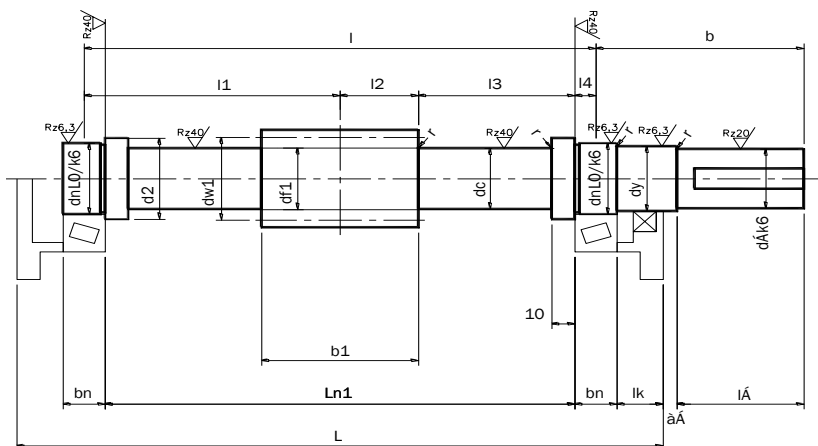
Моменты округлить до целых.

Силы в зацеплениях (рис. 5) округлить до целых.

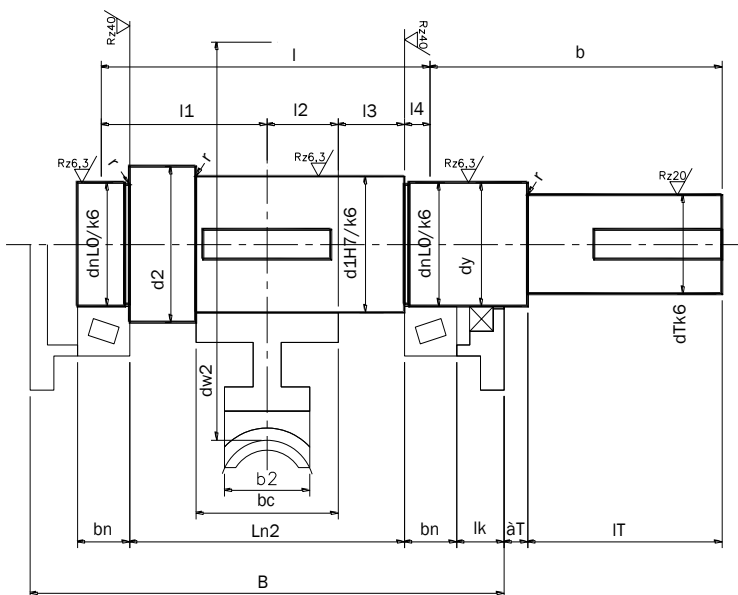


Размеры заданных валов червяка (быстроходного) и червячного колеса (тихоходного) на основании исходных данных.

- размеры B, L, d_b, l_b, d_t, l_t – в таблице задания;
- расстояние между торцами подшипников червяка принять $L_{n1} = 0,6 L$ мм, расстояние между торцами подшипников колеса принять $L_{n2} = 0,5 B$ мм, округляются до целых;
- диаметры под манжетное уплотнение d_y совпадают с диаметром под подшипник (вал колеса), либо меньше d_n , и составляют $d_y = d_b + (2 - 5)$ мм, округляется до ближайшего диаметра под манжету по ГОСТ 8752-79;
- диаметры под подшипники $d_n = d_b + (5 - 8), d_n = d_t + (8-12)$ мм, округляется до 5 или 0;
- диаметр свободный $d_c = d_n + (5 - 8)$ мм, округляется до целых;
- диаметр окружности впадин червяка $d_{f1} = d_{w1} - 2,5m_n$.
- диаметр под посадку зубчатого колеса $d_1 = d_n + (8-12)$ мм, и округляется до ближайшего нормального размера по ГОСТ 6636-69*;
- диаметр упорного буртика $d_2 = d_1 + (8-12)$ мм;
- ширина подшипника b_n по таблицам подшипников легкой серии на диаметры d_n типов 200, 6200, 7200;
- ширина крышки подшипника $l_k = (0,25 - 0,3)d_n$;
- выступы валов от крышки подшипника до упорного буртика муфты $a_b = 10$ мм, $a_t = 20$ мм.



Вал червяка



Вал червячного колеса

Рис. 6. Назначение размеров, посадок и шероховатостей валов.

Размеры расчетных схем: Пролет l , длины участков l_1, l_2, l_3, l_4 , вылет b .

Размеры шпоночных пазов в соответствии с диаметрами таб. П1 (1).

Размеры канавок для выхода шлифовального круга на диаметрах d_n , таб. П4 (1).

Размеры расчетных схем: пролет l , длины участков l_1, l_2, l_3, l_4 , вылет b получаются после выбора конструктивных размеров при симметричном расположении червяка и колеса относительно опор, длины червяка b_1 из расчета, длины ступицы колеса $b_c = 1,1 - 1,2) d_1$.

Начальный вариант материала валов Сталь45 по ГОСТ 1050-72.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курсовое проектирование технических систем с заданным уровнем надежности. Методическое пособие. Авторы: Маньшин Ю.П. Андросов А.А. Маньшина Е.Ю. ДГТУ. 2012 г.
2. Подшипники качения. Справочник. Под ред. В.Н.Нарышкина. Москва «Машиностроение» 1984 г.